

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO SILVOPASTORIL QUE AYUDE A MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR LA GANADERÍA Y APOYE LA CONSERVACIÓN DE LA RAZA PROMISORIA CHINO SANTANDEREANO EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA**

**LA SOSTENIBILIDAD COMO EJE DE LA EMPRESA GANADERA EN COLOMBIA**





## MATERIAL PEDAGÓGICO DE APOYO AL PROCESO DE FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN

Elaborado en el marco del Convenio Interadministrativo N°1968-2019, celebrado entre el Departamento de Santander y el Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ.

ISBN Obra independiente: 978-958-5542-68-6

Gobernación de Santander- Santander Nos Une  
Dr. Mauricio Aguilar Hurtado  
Gobernador de Santander

Dra. Rosmary Mejía Serrano  
Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural

Dr. Carlos Reinaldo Millán Valderrama  
Director Técnico

Dr. Josué Vladimir Prada Osorio  
Supervisor Convenio Interadministrativo No 1968-2019

Ing. MSc. Oscar Orlando Porras Atencia  
Rector Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ

Biol. Mar. Mg. Kelly Cristina Torres Angulo  
Vicerrectora Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ

MVZ. Mg. Jorge Eliecer Franco Rodríguez  
Supervisor por UNIPAZ, Convenio Interadministrativo N°1968-2019

### **COMITÉ TÉCNICO EDITOR**

MVZ. Mg. Elkin Orlando Romero Cardenas  
Coordinador por UNIPAZ , Convenio Interadministrativo N°1968-2019  
MVZ. Esp. Darwin Antonio García Rojas  
MVZ. Esp. Iván Fidel Rocha Paba  
MVZ. Esp. Neidy Canchila Roa



## RESUMEN

La necesidad de implementar alternativas de alimentación animal en ganadería, con sistemas menos agresivos con el medio ambiente y que permitiera el uso de sistemas ganaderos sostenibles generó la inquietud entre el cuerpo docente de la escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia del Instituto Universitario de la Paz quienes plantearon los componentes técnicos del proyecto, la viabilidad del proyecto se logró gracias al Convenio Interadministrativo N° 000001968-2019 obtenido con la secretaría de agricultura de la gobernación de Santander, de esta manera se planteó y ejecutó el proyecto titulado “IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO SILVOPASTORIL QUE AYUDE A MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR LA GANADERÍA Y APOYE LA CONSERVACIÓN DE LA RAZA PROMISORIA CHINO SANTANDEREANO EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA”

El proyecto de implementación de un sistema silvopastoril en las instalaciones del Instituto Universitario de la Paz nació como una alternativa de manejo del ganado bovino, inicialmente se planteó la posibilidad de permitir el ingreso de la totalidad de los ganados al sistema, sin embargo se tomó la determinación de permitir el acceso solamente a los bovinos de la raza Chino Santandereano con el fin de aprovechar su capacidad de ramoneo y aprovechamiento de los materiales forrajeros arbustivos, teniendo en cuenta además, que esta raza es originaria de una zona geográfica montañosa como lo es la región de Barichara en donde hay alta presencia de materiales arbustivos. De esta manera se planteó la evaluación del efecto del sistema silvopastoril sobre algunos parámetros productivos de la raza.

## AGRADECIMIENTOS:

Dr. Didier Alberto Tavera Amado  
Dr. Javier Augusto Sarmiento Estupiñan



## CONTENIDO

	pág.
1. ORÍGENES DE LA RAZA CRIOLLA COLOMBIANA CHINO SANTANDEREANO	7
2. ASPECTOS GENERALES Y RESULTADOS DE MODELOS SILVOPASTORILES IMPLEMENTADOS EN COLOMBIA	8
2.1 ENFOQUE DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES	10
2.2 INTERACCIONES EN LOS COMPONENTES DEL SISTEMA SILVOPASTORIL	11
2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES	12
2.4 TIPOS DE SISTEMAS SILVOPASTORILES	12
2.4.1 Cercas vivas.	13
2.4.2 Bancos forrajeros.	13
2.4.3 Leñosas perennes en callejones.	14
2.4.4 Árboles y arbustos dispersos en potreros	14
2.4.5 Pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales	15
2.4.6 Leñosas perennes sembradas como barreras vivas.	15
2.4.7 Cortinas rompevientos	15
2.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SSP	16
2.5.1 ECONÓMICO	17
2.5.2 AMBIENTAL	17
2.6 SOCIOCULTURALES	18
3. MARCO LEGAL	18
3.1 POLÍTICAS Y NORMATIVIDADES ASOCIADOS CON LOS SSP EN COLOMBIA	18
3.2 PRINCIPALES REGIONES DE COLOMBIA CON USO DE SSP ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO	19
3.2.1 REGIÓN AMAZÓNICA	20
3.2.2 REGIÓN CARIBE	21
3.2.3 REGIÓN ANDINA	21
3.2.4 REGIÓN LLANOS ORIENTALES	22
4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES FORRAJEROS Y ARBÓREOS UTILIZADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES.	24
4.1 MORERA ( <i>Morus alba</i> )	25
4.1.1 Generalidades.	25
4.1.2 Manejo agronómico.	26
4.1.3 Establecimiento del cultivo de morera.	27



4.1.4 Condiciones agroecológicas.	28
4.1.5 Composición y Valor Nutritivo	29
4.2 FALSO GIRASOL ( <i>Tithonia diversifolia</i> )	29
4.2.1 Generalidades.	29
4.2.2 Establecimiento del cultivo de falso girasol.	31
4.2.3 Factores agronómicos y producción de biomasa.	31
4.2.4 Usos.	32
4.3 ARO ( <i>Trichantera gigantea</i> )	32
4.3.1 Generalidades.	32
4.3.2 Descripción botánica.	34
4.3.3 Aspectos agronómicos del cultivo.	34
4.3.4 Disposición en el campo.	35
4.3.5 Producción de biomasa.	36
4.3.6 Composición química y valor nutricional.	37
4.4 MATARRATÓN ( <i>Gliricidia sepium</i> )	35
4.4.1 Generalidades.	36
4.4.2 Manejo agronómico	36
4.4.3 Valor nutricional	36
4.5 YUCA ( <i>Manihot esculenta</i> )	37
4.5.1 Generalidades.	37
4.5.2 Manejo agronómico.	38
4.5.3 Valor nutricional.	39
4.6 CANTAGALLO ( <i>Erythrina fusca</i> )	39
4.6.1 Generalidades.	40
4.6.2 Manejo agronómico.	40
4.6.3 Valor nutricional.	40
5. METODOLOGÍA	40
5.1 DISEÑO DEL SISTEMA SILVOPASTORIL	41
5.2 ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA SILVO PASTORIL	42
5.2.1 Adecuación de terreno:	42
5.2.2 División de potreros:	44
5.2.3 Establecimiento de arbóreas:	45
5.2.4 Protección y establecimiento de surcos:	46
5.2.5 Control de arvenses y plagas:	46
5.2.6 Resiembra:	47
5.3 ESTABLECIMIENTO DEL BANCO DE PROTEINAS	48
5.3.1 Adecuación de terreno:	48
5.3.2 Cerramiento del área	49
5.3.3 Ahoyado y sembrado:	50
5.3.4 Control de arvenses y plagas:	50
6. INVESTIGACIÓN	51



6.1	EVALUACIÓN BROMATOLÓGICA Y NUTRICIONAL DEL MATERIAL FORRAJERO	51
6.2	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN LA RAZA CHINO SANTANDEREANO	53
	BIBLIOGRAFÍA	57



## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Composición de aminoácidos de las hojas de Aro, expresados como % total de proteína.	37
Cuadro 2. Porcentaje de materia seca de forrajes en el banco de proteínas y sistema silvopastoril	51
Cuadro 3. Composición de los forrajes estudiados	52
Cuadro 4. Producción láctea promedio día	54
Cuadro 5. Ganancia de peso en crías	54



## LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Raza chino santandereano en pastoreo Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja	7
Imagen 2. Sistema Agroforestales	8
<i>Imagen 3. Sistemas silvopastoriles</i>	10
Imagen 4. Cercas vivas	13
Imagen 5. Falso girasol como banco de proteínas	13
Imagen 6. Cultivos en callejones	14
Imagen 7. Dispersión de árboles en los potreros	14
Imagen 8. Pasturas en asocio con árboles maderables.	15
Imagen 9. Cortinas rompe vientos	16
Imagen 10. Morera en banco de proteínas	25
Imagen 11. Falso girasol en franjas	29
Imagen 12. Quiebra barriga o aro	33
Imagen 13. Matarratón	35
Imagen 14. Yuca en banco de proteínas	37
Imagen 15. Cantagallo	39
Imagen 16. Potreros y banco de proteína antes del establecimiento de los forrajes	43
Imagen 17. Arado y aplicación de enmiendas en lote silvopastoril y banco de proteína	43
Imagen 18. Adecuación manual de drenajes internos Banco de proteínas	44
Imagen 19. Adecuación de drenajes perimetrales con retroscavadora en lote silvopastoril y banco de proteína	44
Imagen 20. Transporte de estacas plásticas y aislamiento del banco de proteínas y los surcos del lote silvopastoril	45
Imagen 21. Establecimiento de vivero de las forrajeras	45
Imagen 22. Aplicación de enmiendas en la siembra de las forrajeras en los surcos del lote silvopastoril	46
Imagen 23. Establecimiento y encierro de surcos del lote silvopastoril	46

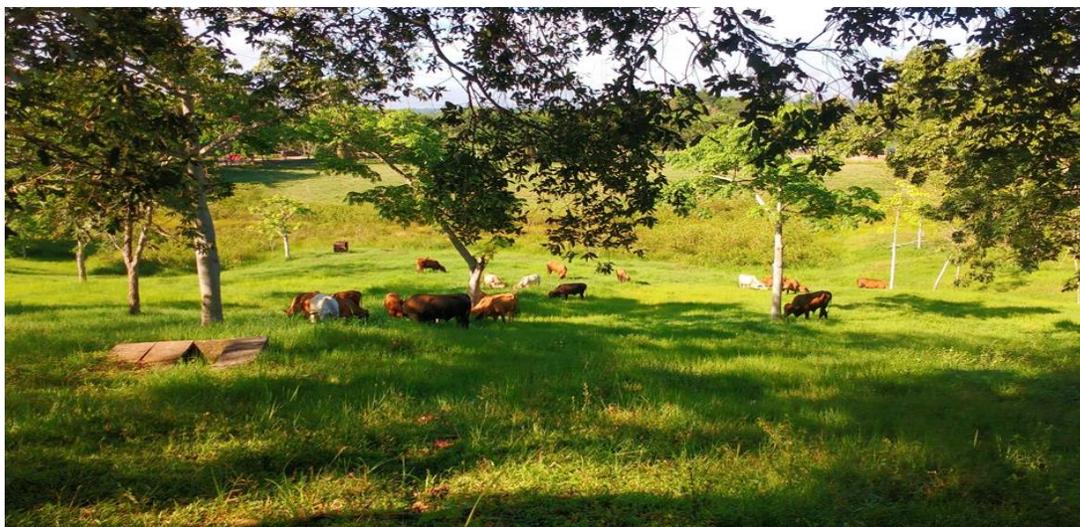


Imagen 24. Vista aérea del diseño de los surcos del sistema silvopastoril	47
Imagen 25. Control de arvenses y plagas en el lote silvopastoril	47
Imagen 26. Resiembra de forrajes en el lote silvopastoril	48
Imagen 27. Adecuación del sistema de riego del banco de proteínas	48
Imagen 28. Estación de bombeo e instalación de aspersores en el banco de proteínas	49
Imagen 29. Encerramiento banco de proteínas con postes ecológicos	49
Imagen 30. Establecimiento de forrajeras y riego por aspersion en el banco de proteínas	50
Imagen 31. Control mecánico de arvenses y control químico de plagas en el banco de proteínas	50
Imagen 32. Corte pesado y secado de muestras para bromatológico	52
Imagen 33. Secado y empacado de muestras para bromatológico	53
Imagen 34. Secado y empacado de muestras para bromatológico	55
Imagen 35. Pastoreo controlado en el sistema silvopastoril	55
Imagen 36. Pastoreo controlado en el sistema silvopastoril	55
Imagen 37. Pesajes animales y ordeño	56
Imagen 38. Chinos Santandereanos de UNIPAZ	56



## 1. ORÍGENES DE LA RAZA CRIOLLA COLOMBIANA CHINO SANTANDEREANO

Imagen 1. Raza chino santandereano en pastoreo Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja



Fuente: UNIPAZ

La diseminación de los bovinos traídos al Nuevo Mundo tuvo sus inicios a finales del siglo XV y comienzos del XVI con la llegada de los conquistadores españoles los cuales durante el segundo viaje de Colón en 1493 introdujeron en el continente americano a los bovinos existentes en ese momento en la península Ibérica. Las razas autóctonas españolas que mayor presencia tuvieron en América fueron la raza Gallega, Andaluza Negra, Pirenaica, Tudanca, Berrenda Andaluza, Cacereña y Murciana. Al llegar a América los ganados ingresaron al continente por tres vías que fueron: Santa Marta (1525), Cartagena (1533) y La Guajira (1542); los ganados ingresados por Cartagena y Santa Marta originaron las razas criollas autóctonas de la región caribe colombiana mientras que los animales que ingresaron por la Guajira fueron llevados al interior del país, dando origen entre otras razas al Chino Santandereano.

Estos bovinos empezaron a manifestar su capacidad de adaptación quedando algunos geográficamente aislados en algunos parajes, algunos otros siguieron migrando incluso a regiones del sur del continente americano. De esta manera un grupo de animales se situó entre San Gil y Barichara en la vereda La China de la cual tomó el nombre de Chino Santandereano. Desde entonces la raza Chino Santandereano se ha preservado siendo una de las dos únicas razas de montaña y en este caso presentando un tipo racial de buena rusticidad, adaptada a las tierras santandereanas y de triple utilidad.

UNIPAZ adquirió en el año 2014 un pie de cría de la raza Chino Santandereano compuesto por 14 hembras puras, dos toros puros y un toro mestizo Brahman x Chino Santandereano, semovientes comprados en la zona de San Gil, Santander.

## 2. ASPECTOS GENERALES Y RESULTADOS DE MODELOS SILVOPASTORILES IMPLEMENTADOS EN COLOMBIA

Imagen 2. Sistema Agroforestales



Fuente: <http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/index.php/sistemas-silvopastoriles/>

Los sistemas agroforestales están conformados por un grupo de sistemas y tecnologías de uso de la tierra en los que se combinan deliberadamente plantas leñosas perennes (como árboles, arbustos, palmas o bambús) con cultivos agrícolas o animales en la misma área de tierra con algún tipo de disposición espacial y cronológica; la agroforestería se puede definir también como un sistema de manejo dinámico y ecológico de los recursos naturales que, bien a través de la integración de los árboles en las fincas y en los paisajes agrícolas o bien a través de la producción de productos agrícolas en los bosques, diversifica y sustenta la producción con objeto de incrementar los beneficios económicos, sociales y ambientales de los usuarios; dentro de la agroforestería se encuentran los sistemas silvopastoriles y los bancos de proteína para la alimentación animal como una forma de producción menos agresiva con el medio ambiente (FAO, 2020). En el marco de la producción ganadera enfocada a rumiantes (vacunos, bufalinos y ovejas) la producción extensiva con uso prioritario de materiales forrajeros de pastoreo directo, principalmente gramíneas nativas y mejoradas en algunos casos, con deforestación

para la implementación de potreros sin recuperación del material arbóreo es el común denominador, esto generalmente resulta en una degradación de los suelos con disminución de la productividad, los deficientes resultados en términos de sostenibilidad que a través del tiempo se han encontrado con la implementación de sistemas ganaderos extensivos ha llevado a la búsqueda de otras opciones de ganadería que permitan la sostenibilidad y la armonía con el medio ambiente.

Los sistemas Silvopastoriles se constituyen en sistemas de producción pecuarios enmarcados en los sistemas agroforestales, en estos las leñosas perennes (árboles y/o arbustos) interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) bajo un sistema de manejo integral, ha sido planteado con base en resultados investigativos como una alternativa de producción sostenible que permite reducir el impacto ambiental de los sistemas tradicionales de producción (Mahecha, 2002); este conjunto es sometido a un sistema de manejo integrado con tendencia a incrementar la productividad y el beneficio neto del sistema a largo plazo (Sánchez, Lamela, Taymer, López, & Bover, 2011).

Los sistemas silvopastoriles se clasifican según el tipo de materiales forrajeros integrados y la distribución de los mismos en el área de pastoreo, el objetivo del sistema es pasar de aprovechar al pastoreo del estrato bajo solamente como ocurre en el pastoreo convencional extensivo, al aprovechamiento de los estratos bajo, medio y alto en el potrero con el uso de materiales arbustivos y arbóreos que aportan forraje, frutos y semillas a la alimentación de los animales; teniendo en cuenta esto los tipos de sistemas silvopastoriles que se pueden establecer son aquellos con árboles dispersos en el potrero, cercas vivas, bancos de proteína, pastoreo en plantaciones (frutales o maderables) y los sistemas silvopastoriles intensivos que son básicamente una conjunción de los descritos anteriormente (Portila, Barragán, Carvajal, Cajas, & Rivero, 2015)

La implementación de los sistemas silvopastoriles permite interacciones benéficas entre sus componentes y obtener una producción sostenible, manteniendo una organización definida de sus componentes (árboles, pastos y animales) en el tiempo y el espacio, de acuerdo a las condiciones agroecológicas de una unidad productiva, teniendo en cuenta características como el clima, el suelo y las formas en que se realiza la producción ganadera.

Para Barahona y Sánchez (2005), los componentes vegetales presentes en un arreglo silvopastoril se clasifican en estratos dependiendo de su altura:

- Estrato alto o arbóreo

Está conformado por una alta cantidad de árboles multipropósito (productores de frutos, forraje, sombra, madera, leña, postes y semillas), además de aportar una gran cantidad al suelo de materia orgánica, y cuando son leguminosas aportan y fijan nitrógeno. Su importancia se refleja en que disminuye la velocidad de caída del

agua lluvia atenuando el efecto erosivo de la misma sobre el suelo, sirve de refugio a las aves, sirve de barrera rompe vientos, además, disminuye el estrés calórico de los animales y las plantas asociadas, reduciendo la temperatura entre 3 - 10°C.

- Estrato medio o arbustivo

Está conformado en su mayoría por una alta densidad de arbustos de alto valor proteico. Se compone alrededor de 5000 arbustos/ ha como fuente de alimentación por ramoneo para los animales en pastoreo. Su importancia radica en el aporte de materia orgánica y fijación nitrógeno al suelo. Su efecto benéfico sobre la producción y calidad del forraje se evidencia en el aporte de materia orgánica y de nutrientes que hace el estrato arbóreo, así como de su efecto de sombra.

- Estrato herbáceo, de gramíneas o de pastos de pastoreo

Está formado en su mayoría por gramíneas de pastoreo de diferentes hábitos de crecimiento (erecto, rastrero o decumbente), se encargan de producir para los animales en pastoreo biomasa de alto valor nutritivo (fuentes de energía); protegen el suelo de la erosión y compactación ya que lo cubren y conservan su humedad, lo que permite aumentar la producción de biomasa comestible para los animales. Este estrato también está formado por leguminosas herbáceas las cuales ayudan no solo al aporte de nitrógeno y de materia orgánica al suelo, sino también enriquecen las pasturas establecidas. Las especies de gramíneas deben caracterizarse por ser tolerantes a la sombra y tener capacidad de asociarse con otras especies arbustivas y arbóreas.

*Imagen 3. Sistemas silvopastoriles*



Fuente: <https://infopastosyforrajes.com/sistemas-silvopastoriles/>

## 2.1 ENFOQUE DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES

Permiten establecer sistemas productivos con interacciones de varios componentes de manera ordenada para lograr resultados más significativos, implementan un



procedimiento de manejo que tiene en cuenta todos los componentes forestales, agrícolas y ganaderos; permite mejorar las interacciones económicas y ecológicas de la producción bovina.

## **2.2 INTERACCIONES EN LOS COMPONENTES DEL SISTEMA SILVOPASTORIL**

En los sistemas silvopastoriles se destacan las interacciones entre sus componentes (árboles, pastos, ganado y suelo) lo que genera una modalidad de agroforestería, que significa la integración o combinación de plantas forrajeras con arbustos y árboles plantados para la alimentación del ganado o para otras alternativas como ser fuente maderera o como árboles frutales.

En las interacciones árboles – pastos, se producen niveles de competencia frente a los recursos de los cuales se abastecen como son luz, agua y nutrientes principalmente, lo que genera un tipo de respuesta frente a una práctica o manejo aplicado a una situación específica o particular. En ese sentido se subraya como la luz es uno de los principales factores que inciden en estos niveles de competencia. La competencia por luz, es el principal factor que determina la producción de forrajeras en sistemas silvopastoriles y por lo tanto es el más estudiado. Dado que el área de sombra sobre las pasturas aumenta a medida que crecen los árboles, la planificación del manejo silvopastoril debe basarse en modelos que predigan el crecimiento forestal y la manera en que este afecta la incidencia de luz bajo el dosel. (Carranza & Ledesma, 2009). Para estos autores es importante el balance que se debe dar entre pastos y árboles, por cuanto se pueden presentar condiciones de desventaja para alguno de estos dos componentes, lo que imposibilita buenos niveles de interacción. A modo de ejemplo se muestra cómo los pastizales, cuando están bien desarrollados, pueden generar desventaja frente a los renovables arbóreos, quienes no pueden competir ante dichos niveles de los pastizales. En las interacciones árboles –ganado, se destaca que el primero puede influir de forma positiva e indirecta en la producción pecuaria, en la medida que tiene efectos sobre los niveles de calidad de los pastizales, pero a la vez también de forma directa no solo con la oferta de follaje y/o frutos, sino también con la atenuación de las condiciones ambientales, lo que ocasiona una mejora en el bienestar animal (Carranza & Ledesma, 2009).

Su interacción logra destacar la importancia en la medida que optimiza los recursos de la finca y mejora las propiedades del suelo, permitiendo una producción más diversificada, rentable y sostenible, para que de esta manera se logre obtener retornos a corto, mediano y largo plazo, con el fin de realizar actividades productivas en suelos degradables mejorando las condiciones medioambientales. (Figuroa, 2009) Esta conformación ecológica de los sistemas agroforestales permite establecer una diversidad de especies de árboles y arbustos integrados con diferentes pasturas y animales, logrando así, reducir los rayos del sol y compactación del suelo por la lluvia, minimizando la erosión del suelo, ayuda a



equilibrio del ciclo de la materia orgánica y nutrientes, conservar la microbiología de la tierra y la fijación de nitrógeno.

### **2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES**

Los sistemas silvopastoriles permiten la planificación de la finca basada en los recursos productivos acorde a la capacidad técnica y económica del productor (Mendieta & Rocha, 2007), por lo siguiente es importante conocer sus características:

- La presencia del componente animal cambia y puede acelerar algunos aspectos del ciclaje de nutrientes.
- Si la carga animal es alta, la compactación de los suelos puede afectar el crecimiento de los árboles y otras plantas asociadas.
- Las preferencias alimenticias de los animales pueden afectar la composición del bosque (con el tiempo predominan las especies no apetecidas por el ganado).
- Los árboles proporcionan un microclima favorable para los animales (sombra, ambiente más fresco).
- Los animales pueden participar en la diseminación de las semillas y en su escarificación, lo cual favorece la germinación.
- La economía de estos sistemas se caracteriza por la obtención de ingresos, tanto a corto como a largo plazo, por medio de los productos animales y arbóreos.
- En aquellas situaciones en donde la ganadería constituye un uso ineficiente de la tierra, cuando se agregan los productos arbóreos (leña, madera, fruta, forraje) el sistema se puede volver ecológica y económicamente más viable.
- Ecológicamente, el uso de árboles (especialmente leguminosos) puede contribuir a mejorar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas existentes, mediante un aumento en el rendimiento del pasto asociado, o bien indirectamente, en la oferta de alimentos en aquellos animales que consumen follajes y frutos.
- Monetariamente, el silvopastoreo puede influir en aumentar y diversificar la producción.
- Los agricultores que no poseen tierra suficiente para el establecimiento de pasturas, sí pueden disponer de espacio para árboles, en pequeños grupos o en cercas vivas, especialmente si se trata de árboles de uso múltiple, que además de forraje para los animales, pueden proporcionar leña, postes y material de construcción.

### **2.4 TIPOS DE SISTEMAS SILVOPASTORILES**

Las combinaciones de leñosas perennes con gramíneas y pastoreo de animales se pueden asociar de formas muy diversas, generando varios tipos de sistemas

silvopastoriles. Entre estas opciones de sistemas silvopastoriles que se pueden encontrar en fincas ganaderas (Bendaña, 2006), se pueden citar de acuerdo al autor los siguientes:

**2.4.1 Cercas vivas.** Son plantaciones lineales que dependiendo de la especie de árboles o arbustos utilizado son establecidos a una distancia entre 3 – 5 metros en una o dos líneas. En este tipo de sistema silvopastoril, los árboles se encuentran cubriendo el perímetro de las áreas a aislar, ya sea para evitar el ingreso de animales y personas u obstaculizar el paso del viento (barreras rompevientos), en el que se recomienda establecer en tresbolillo (Ibrahim, 2011).

Imagen 4. Cercas vivas



Fuente: <https://es.slideshare.net/danielkaaguilera86/cercas-vivas-y-cortinas-rompevientos>

**2.4.2 Bancos forrajeros.** Es un sistema de cultivo en el cual las leñosas perennes o las forrajeras herbáceas crecen en bloque compacto y con la alta densidad, con miras a maximizar la producción de fitomasa de calidad nutritiva.

Imagen 5. Falso girasol como banco de proteínas



Fuente: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/la-formula-de-los-bancos-forrajeros-mixtos>

Si la forrajera sembrada tiene más de 15% de proteína cruda (PC), el bloque constituirá un banco de proteína. Si la forrajera presenta altos niveles de energía digerible (más del 70% de digestibilidad), el bloque constituirá un banco energético-proteico (Toruño, Mena, & Guaharay, 2015).

**2.4.3 Leñosas perennes en callejones.** Son una modificación silvopastoril de los cultivos en callejones, en el cual se establecen especies forrajeras dentro de bandas o hileras de árboles o arbustos leñosos. Las pasturas en callejones pueden ser utilizadas como potreros o como áreas de cultivo bajo el sistema de corte y acarreo (Toruño, Mena, & Guaharay, 2015)

Imagen 6. Cultivos en callejones



Fuente: UNIPAZ

**2.4.4 Árboles y arbustos dispersos en potreros.** Este sistema silvopastoril consiste en la introducción de árboles en potreros con diferentes finalidades que pueden ser: arboles forrajeros y leña (guácimo madero negro, helequeme). Arboles maderables, tales como (genízaro, laurel). Arboles fijadores de nitrógenos como las especies leguminosas, ya sea para utilizarlas en el ramoneo directo o incrementando el nitrógeno del suelo “madero negro, genízaro” (Bendaña, 2006).

Imagen 7. Dispersión de árboles en los potreros



Fuente: <https://www.biopasos.com/documentos/086.pdf>

**2.4.5 Pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales.** Este modelo silvopastoril consiste en introducir al ganado en plantaciones después de 3 - 4 años de establecidas (se pueden sembrar pastos entre los surcos de árboles). El objetivo que se persigue es la obtención de leña y/o madera de la plantación y a la vez disminuir costos de control de maleza; cuando se introducen especies como cabra y ovejas, se utilizan pequeños corrales móviles para asegurar un buen control de malezas y de los mismos animales (Bendaña, 2006).

Imagen 8. Pasturas en asocio con árboles



Fuente: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/6-arreglos-silvopastoriles-que-todo-ganadero-debe-conocer>

**2.4.6 Leñosas perennes sembradas como barreras vivas.** La barrera viva con leñosas perennes es una forma de cultivo en callejones en terrenos de pendiente. En este sistema, las leñosas son sembradas en contorno, perpendicular a la pendiente, para proteger el suelo contra la erosión, reduciendo la velocidad de descenso del agua y atrapando partículas de suelo que se pudieran haber erosionado. Este sistema será considerado como sistema silvopastoril en la medida que el follaje de las leñosas sea utilizado para la alimentación animal en esquemas de corte y acarreo, o cuando en las áreas intermedias entre barreras se tengan pastos en lugar de los cultivos de grano para el pastoreo (Bendaña, 2006).

**2.4.7 Cortinas rompe vientos.** Son hileras que forman alturas diferentes entre arbustos y árboles que generan una berrera densa que constituye un obstáculo para el viento. Este arreglo silvopastoril se caracteriza por la formación de una a diez hileras de árboles y arbustos plantados en contra de la dirección del viento; su función principal es la protección de los cultivos, pasto, ganado y del suelo, evitando la erosión eólica. En las hileras centrales se usan arboles de mayor altura y en las

laterales arboles de porte medio. Las especies más utilizadas como cortinas rompe vientos son: eucalipto, casia amarilla, neem, Leucadena, sardinillo, mango indio (Bendaña, 2006).

La selección del sistema a implementar se hará en función de factores como el tamaño de la finca; los objetivos que tiene el productor con respecto a las leñosas perennes y a las forrajeras; su topografía; su localización; disponibilidad de mano de obra y otros recursos económicos.

Imagen 9. Cortinas rompe vientos



Fuente: <https://es.slideshare.net/danielkaaguilera86/cercas-vivas-y-cortinas-rompevientos>

## 2.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SSP

Se espera que la población mundial aumente aproximadamente de 2.5 mil millones en el año 1950 a casi 10 mil millones en el año 2050, exhibiendo la tasa más alta de crecimiento de la población en la historia. La producción de alimentos y fuentes de energía ya se ha convertido en un desafío en muchas partes del mundo, llevando al límite el cinturón verde de cada región de la tierra. En la actualidad se requieren de estrategias y técnicas sostenibles para asegurar el suministro proteína animal procedente de fuentes sostenibles sin competir por la agricultura (Braun, Van, & Grulke, 2016). La interacción que presentan los SSP en los sistemas de producción bovina se enmarcan de forma horizontal en tres enfoques, 1. Económico, 2. Ambiental y 3. Socio cultural.

### **2.5.1 ECONÓMICO**

Desde un punto de vista económico, los SSP permiten la producción de diferentes bienes en la economía de la finca, lo que permite aumentar la estabilidad económica. Los SSP bien administrados pueden proporcionar más ingresos que los sistemas ganaderos tradicionales. Desde un punto de vista técnico y de producción, esta técnica permite aumentar la complejidad y la necesidad de conocimientos técnicos en comparación con los sistemas tradicionales.

Los árboles y gramíneas que se introducen en los SSP infieren en un ingreso seguro a largo plazo para la producción bovina. Adicional a los recursos financieros que se pueden adquirir por la producción forestal y venta de bonos de carbón para mitigar los GEI, en particular para los pequeños o medianos productores. Se ha demostrado que los SSP bien administrados son económicamente atractivos y ofrecen más ingresos que los sistemas ganaderos convencionales (Navas, 2010). Sin embargo, también requieren mayores inversiones frente a otros sistemas de pastoreo. Incluso, al comparar entre los tipos de SSP, puede haber diferencias significativas a nivel económico, de todos estos, los SSP con gramíneas y árboles maderables son los de mayor costo (Murgueitio, y otros, 2017). Algunos autores sugieren que el valor de la tierra aumenta con la introducción del ganado, mientras que la tasa interna de retorno (TIR) disminuye ligeramente. Otros consideran que la silvicultura es considerablemente más atractiva en términos de la Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Neto (VPN) y análisis de costo-beneficio.

Desde un punto de vista técnico y de producción, los sistemas silvopastoriles aumentan la complejidad y la necesidad de conocimientos técnicos en comparación con los monocultivos, razón por la cual este último suele ser el preferido, particularmente por los grandes productores. Gestionar la competencia entre los diferentes componentes al mismo tiempo que mejora las sinergias favorables generadas por su combinación es un desafío. Los árboles introducen sombra en el sistema, que se convierte en el factor limitante para la producción de forraje.

### **2.5.2 AMBIENTAL**

Los SSP han demostrado ser controladores de la erosión hídrica y eólica, protectores de las cuencas hidrográficas, y contribuyen en la disminución del carbono, a través de la remoción del carbono atmosférico que realizan los árboles. Además, estos sistemas de producción silvopastoriles contribuyen a conservar la biodiversidad, sin embargo, esto depende en gran medida de las condiciones locales. También, se presenta una mayor estabilización del suelo, así, como los rendimientos más altos en los SSP por la mejora en el control de las malezas. Mayor eficiencia en el reciclaje de los nutrientes e incremento de nitrógeno en el suelo al introducir herbácea tipo leguminosa. Contrario a los sistemas de pastoreo tradicionales, en donde los animales pueden causar compactación en el suelo, al solo presentar un cultivo, lo que, a su vez, aumenta la aplicación de algunas



prácticas de manejo no sostenibles como el uso moléculas químicas para controlar las malezas (Milera, 2013). En los SSP se provoca una reacción de retroalimentación positiva ya que se implementan en una sola área los árboles, arbustos, gramíneas y los animales, lo que origina una transferencia de nitrógeno, reciclaje de materia orgánica podada y/o senescente y una deposición de excretas.

Asimismo, implementar el uso de gramíneas junto con los árboles o arbustos posibilita que parte considerable de nutrientes que son extraídos del suelo sean devueltos a este por medio de la defecación de los animales sobre el suelo y el follaje y mediante los residuos de pastoreo; se destaca que gran cantidad de la evacuación de la materia orgánica ayuda a reformar las propiedades físicas que presenta el suelo (Sadheguian, Rivera, & Gómez, 1998). Por otro lado, mejora la actividad de la micro fauna y la macro fauna. Gracias a que el suelo contiene materia orgánica y a las condiciones climáticas generadas por los árboles, la acción biológica de la fauna se ve favorecida, trayendo como consecuencia un incremento en la mineralización y el nitrógeno disponible en el suelo (Belsky, Mwonga, & Duxbury, 2003).

## **2.6 SOCIOCULTURALES**

Los impactos sociales de los SSP proporcionan de 20 a 80 empleos directos de tiempo completo por cada 1,000 hectáreas. Además, del aprovechamiento del sector forestal, el cual puede ser aprovechado como insumo interno o en la industria de productos madereros con gran potencial para generar más empleo. Por último, al adoptar sistemas silvopastoriles se deben considerar los aspectos culturales, por ejemplo, un aspecto negativo importante tiene relación con la complejidad de dichos sistemas y lo poco que saben de ellos los productores más tradicionales, por lo cual el porcentaje de aceptación por parte de la población puede ser bajo.

## **3. MARCO LEGAL**

### **3.1 POLÍTICAS Y NORMATIVIDADES ASOCIADOS CON LOS SSP EN COLOMBIA**

La legislación ambiental colombiana para la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el manejo ambiental de la Nación, es una tarea conjunta y coordinada por el Estado, la comunidad, organizaciones no gubernamentales y el sector privado. Para Colombia el marco normativo que promulga la conservación del medio ambiente es la ley 99 de 1993 mediante la cual se creó el Sistema Nacional Ambiental SINA, que es un conjunto de orientaciones que permiten la puesta en marcha de los principios generales ambientales. La legislación ambiental colombiana tuvo su origen en los postulados de la Convención de Estocolmo de 1972, que fueron aplicados en la ley 23 de 1973 y posteriormente desarrollados en el Código Nacional de los Recursos y de Protección del Medio Ambiente (decreto



ley 2811 de 1974). A partir de estas normas se expedieron reglamentos para el uso, aprovechamiento y protección de los recursos naturales renovables y del ambiente, establecimiento del sistema de parques nacionales, definiciones de los tipos de áreas de reserva forestal, entre otros. No obstante, sólo hasta la expedición de la nueva constitución política nacional se incorporó la dimensión ambiental.

Por otro lado, se registra la política agropecuaria nacional desarrollada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR, la cual incluye el componente ambiental y tiene como principio fundamental el sostenimiento ambiental, entendido como una condición para mantener la competitividad de los procesos de producción, por lo tanto el crecimiento económico se sustentará en el uso apropiado de los recursos naturales, con una visión a largo plazo y en el marco de los compromisos internacionales, garantizando el equilibrio entre las necesidades sociales y económicas de los productores y la capacidad de los ecosistemas naturales para satisfacerlas. El MADR y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, han desarrollado una agenda conjunta de trabajo que integran las acciones para vencer en la conservación y uso sostenible de bienes y servicios ambientales. Las actividades agropecuarias y forestales no están sujetas a licencia ambiental, excepto cuando para su desarrollo se deben utilizar recursos naturales o se generan desechos sólidos, líquidos o gaseosos.

### **3.2 PRINCIPALES REGIONES DE COLOMBIA CON USO DE SSP ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO**

La diversidad ambiental que presenta Colombia por su ubicación privilegiada del trópico le permite establecer cualquier sistema de producción agropecuario en las cinco regiones caracterizadas para el país (MADR, 2018). Dentro de estas se destaca la producción de ganado bovino, el cual presenta un inventario bovino de 26.413.227 cabezas de animales, distribuidos en 600.578 predios en los 32 departamentos (ICA, 2018). La ganadería bovina se constituye en una actividad productiva de importancia para el desarrollo económico de Colombia, con una producción de leche de 9.418.979 lts/día y representa el 2,3 % de PIB nacional y el 24,3 % del PIB agropecuario, generando más de 700.000 empleos directos (ANALAC, 2016). Por otro lado, se encuentra un inventario bovino orientado a la producción de carne con 9.044.285 cabezas de animales (ICA, 2018), lo que le permite satisfacer el mercado local y exportar, observando que antes de perder el estatus sanitario debido a los brotes de Fiebre Aftosa de los años 2017 y 2018 se reportó una exportación de 35.289 animales en pie y 7.531 toneladas, teniendo acceso a 12 mercados en América Latina, Europa y Asia (PROCOLOMBIA, 2017).

A diferencia de otros sectores, la ganadería es la actividad económica de mayor presencia en la ruralidad de Colombia, por lo cual es este uno de los principales sectores pecuarios tradicional y permanente del país (DANE, 2016). Contribuye de manera significativa con la generación de ingresos y empleos, según datos de FEDEGAN (2016), esta actividad productiva empleó a más de 950.000 personas en



los diferentes eslabones de la cadena de producción, representando una participación del 7 % del empleo nacional.

Sin embargo, el establecimiento de la ganadería en todo el territorio colombiano tiene un alto costo ambiental (FAO, 2009), debido a que ocupa 40.6 millones de hectáreas de tierras de pastoreo permanente, lo que representa el 35 % del área total del país (Murgueitio et al., 2011) y una tasa promedio de deforestación anual de 300.000 hectáreas (Jarvis, Tourval, Castro, Sotomayor, & Hyman, 2010), lo que conlleva a la pérdida de hábitats naturales, deforestación vegetal, fragmentación de los ecosistemas, destrucción, contaminación de los nichos de agua, desaparición de la fauna y flora nativa, mecanización de los suelos para la introducción de especies arbóreas, vegetales y gramíneas foráneas lo que disminuye la productividad de los suelos. Según la FAO (2006), la producción ganadera es considerada una de las mayores fuentes de contaminación ambiental más preocupantes en el mundo, dentro de los cuales se encuentran el aumento de la temperatura terrestre, las afectaciones a la atmósfera y la contaminación de fuentes hídricas.

La ganadería bovina genera el 18 % de los gases que incrementan el efecto invernadero GEI, teniendo en cuenta que produce dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a razón de un 27 %, metano (CH<sub>4</sub>) en una proporción de 44 % y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) a razón de 29 % (Gerber, y otros, 2013)

Por todo lo anterior, una de las alternativas que se ha planteado para mitigar el impacto ambiental son los SSP, los cuales son vistos como una solución factible para la ganadería bovina con enfoque de sostenibilidad (Murgueitio et al., 2017; Uribe et al., 2011). Los SSP son agro ecosistemas en los que se asocia con intención, en un mismo espacio, un componente arbóreo (árboles, arbustos, palmas y otros) con uno herbáceo (cultivos, pasturas) y un componente pecuario principalmente el ganado bovino, buscando interacciones biológicas entre cada sistema, con el fin de maximizar a nivel productivo y ambiental el uso que se le brinda a la tierra (Hansen, Fertig, & Tejera, 2009).

En la actualidad, en Colombia se ha reportado investigaciones de SSP asociados a la producción ganadera en diferentes condiciones medioambientales, caracterizadas en cuatro regiones del país. En este sentido, se realizó una revisión sistemática de literatura por regiones donde se han implementado los diferentes tipos de SSP.

### **3.2.1 REGIÓN AMAZÓNICA**

De acuerdo a resultados obtenidos por Mosquera et al. (2012), en el departamento de Caquetá donde evaluaron la dinámica y reservas del carbono orgánico en SSP en condiciones de paisajes con topografías planas e inclinadas no mayor a los 800 msnm, se determinó que la introducción de pastos mejorados al SSP con pastizales



degradados es una alternativa viable para el uso de la tierra, secuestro de carbono y económica para los agricultores debido a que la transformación del uso del suelo a SSP con pasto degradado puede acumular hasta el 50 % de C generado en la producción ganadera. Lo anterior, demuestra que en la región amazónica las condiciones geográficas planas e inclinadas son ideales para el establecimiento de los SSP y asociarlo a la producción de ganado bovino.

### 3.2.2 REGIÓN CARIBE

Investigaciones realizadas por Montoya-Molina et al. (2016), en tres fincas dedicadas a la ganadería bovina doble propósito en los departamentos de Cesar y La Guajira, demostraron el éxito del establecimiento de los sistemas silvopastoril intensivos SSPi, desde hace 28 años. Las condiciones topográficas de las fincas investigadas fueron de tierras planas o ligeramente onduladas, con elevaciones por debajo de los 200 msnm. Los SSPi implementados presentaban múltiples capas que incluían una combinación de árboles nativos de tamaño mediano como *Prosopis juliflora* y el árbol maderable *Eucalyptus tereticornis*. Mientras que la cobertura de gramíneas se implantó mediante *Cynodon plectoschyus*. Lo anterior, demuestra que en esta región de Colombia también se encuentran establecidos los SSP y SSPi con éxito y correlacionado a la producción de ganado bovino.

### 3.2.3 REGIÓN ANDINA

De todas las regiones de Colombia, es en esta región donde se ha identificado un mayor número de registros de sistemas ganaderos donde se han implementado los SSP. De acuerdo al CIAT (2017) en el municipio de Patía (departamento del Cauca), se probaron un sistema de ganadería climáticamente inteligente, en la cual fueron probados una variedad de forrajes de tipo *Brachiaria ssp.* Asociados a los SSP en alrededor de 200 agricultores. Obteniendo resultados muy promisorios a nivel del aumento de indicadores productivos y ambientales, así, como la solución a problemas relacionados al acceso a semillas y capacitaciones en las prácticas de manejo continuas que requiere el silvopastoralismo.

Por otro lado, Cubillos et al. (2016), en el municipio de Cerrito (departamento del Valle del Cauca) realizaron estudios en SSPi establecidos desde hace 3 a 15 años de vida, encontrando que a pesar del tiempo, los SSPi realizan una auto renovación, empleando una simbiosis positiva con otras especies vegetales y animales, lo que indica que este sistema no requiere de realizar enmiendas al suelo de forma constante, siempre y cuando se realice un buen manejo de rotación de los bovinos e introducción de especies tipo leguminosas.

En condiciones ambientales entre los 990 y 1760 msnm y con precipitación anual de 1000 - 2000 mm en los departamentos de Quindío y Valle del Cauca, (Rivera et al. 2013), seleccionaron al azar 21 fincas donde se encontraban establecidos SSP, logrando establecer que estas condiciones son ideales para el desarrollo de



vegetaciones nativas e introducidas. Los resultados de este estudio apoyan la idea de que los esquemas de manejo de la tierra diseñados ecológicamente, como los SSP, proporcionan hábitat para una variedad de organismos silvestres. Sin embargo, concluyen que depende de la presencia de arbustos y árboles. Asimismo, Prieto-Manrique et al. (2018) en el municipio de Pradera (departamento del Valle del Cauca), demostraron que los SSP son de fácil implementación en esta zona de Colombia. Siendo la *Leucaena leucocephala* la de mayor distribución no solo en este municipio sino en el departamento del Valle del Cauca (Murgueitio et al., 2016), lo anterior por su alta producción y contenido proteico, además de la buena adaptación a las condiciones climáticas (precipitación y temperatura).

Por su parte, Buitrago et al. (2017) en los municipios de Aránzazu y Neira en el departamento de Caldas, lograron establecer la siembra de SSP asociados principalmente al botón de oro *Tithonia diversifolia* planta herbácea ampliamente distribuida en Colombia, en condiciones medioambientales de esta zona del país. Identificaron las actividades pertinentes para el establecimiento del sistema, así, como los costos en materiales y jornales con dos métodos de siembra.

Investigaciones realizadas por Uribe et al. (2011) en 44 municipios en los departamentos de Boyacá, Caldas, Quindío, Risaralda, Tolima, Santander, Tolima y Valle del Cauca, demostraron que en estas regiones la introducción de los SSP y SSPi fue un éxito. Los autores seleccionaron fincas con mayor potencial de trabajo tanto por su impacto positivo sobre la generación de servicios ambientales, como por su importancia y potencial productivo. Del mismo modo, seleccionaron zonas de frontera agrícola o de colonización activa en los que hubiera un proceso de destrucción de bosques naturales.

En estudios realizados en los municipios de Caucasia y Cáceres, en el departamento de Antioquía donde identificaron que la introducción de los SSP con cañafístula-guayaba, especies vegetales poco usadas en estos tipos de sistemas presentaron resultados satisfactorios a nivel nutricional, debido a que aumentó un 37 % el peso corporal de los semovientes alimentados en este tipo de sistemas. La topografía de la zona del estudio presentaba condiciones geográficas de tipo ondulada y plana y poseía zonas de bosques primarios.

### **3.2.4 REGIÓN LLANOS ORIENTALES**

En el año 2008, Murgueitio et al. (2008) investigaron 10 fincas dedicadas a la producción de ganado bovino en el municipio de Arauca (departamento de Arauca), las cuales presentaban características edafológicas propias de la Sabana Inundables de la Orinoquía colombiana, logrando introducir a los sistemas de producción SSP y SSPi. Obteniendo resultados importantes en adaptabilidad y desarrollo de especies arbóreas y arbustivas con potencial en procesos de reconversión ganadera para los diferentes tipos de paisaje de banco, banqueta y sabana inundable, conceptos que tres décadas atrás eran impensables para ese



tipo de condiciones ambientales. Este estudio, resalta el rápido crecimiento de los árboles maderables (*Gmelina arborea* y *Acacia mangium*) en los SSPi en seis meses con promedios de altura 145 y 96 cm y diámetro basal de 28 y 13 mm, respectivamente. Finalmente, las condiciones ecológicas y las agudas necesidades del agro ecosistema ganadero en el municipio de Arauca, se podría decir que a futuro se puede proyectar a los SSP como herramientas fundamentales para mejorar de manera sostenible los parámetros productivos y reproductivos del hato ganadero en esta subregión del país.

Murgueitio et al. (2017), en el municipio de Arauca, registraron la presencia de SSP en condiciones de banco de sabana asociado a la producción ganado bovino tipo ceba. Donde determinaron que los bancos de sabana son de baja representatividad para las fincas de la Sabana Inundable de Arauca, sin embargo, son de alta producción, por presentar suelos que permiten consolidar modelos de producción intensivos como los SSPi. También, registraron que en esta condición topográfica en cuales los modelos con presencia de árboles, la solubilidad de la proteína también es menor. Asimismo, Uribe et al. (2011) en estudios realizado en 10 municipios en el departamento del Meta aplicaron técnicas y métodos adaptados a las condiciones edafológicas propias del Piedemonte Llanero de esta región, logrando como resultados el establecimiento de SSP y SSPi en los sistemas de producción de ganado bovino.

Dentro de las cuatro regiones en donde se registraron presencia de SSP en Colombia, la de mayor número de resultados fue para la región andina, con el 55,5 % (n = 65 estudios) de los registros, seguida por la región caribe, con el 30,7 % (n = 36 estudios) y la de menor resultados fue para la región amazónica 0,8 % (n = 1 estudio). Dentro de esta, el departamento donde se encuentra mayor distribución de los SSP fue el departamento del Valle del Cauca, con 16 registros (16,7 %), seguido del departamento de Boyacá con 12 (12,1 %).

Se logró identificar que los SSP se encuentran establecidos en 50 % (n = 16 departamentos) de los 32 que se encuentran en Colombia. El departamento donde se encuentran un número mayor de investigaciones sobre el establecimiento de los SSP es el departamento del Valle del Cauca, este resultado quizás se deba a que en esta zona de Colombia se encuentra diferentes entidades públicas o privadas que promueven, investigan y divulgan esta alternativa sostenible de producción a nivel agropecuario, como la Fundación CIPAV (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria). También, las políticas económicas de sostenibilidad ambiental que en las dos últimas décadas se han creado por parte de los gobiernos de turno han permitido el crecimiento de este tipo de tecnologías limpias a nivel de la producción animal. La experiencia que ha tenido la Fundación CIPAV le ha permitido difundir su conocimiento a otras regiones del país.

De igual forma, se determinó que los SSP y SSPi se encuentran establecidos en el 10,2 % (n = 113 municipios) de los municipios que componen el país. Lo que indica que en igual proporción a nivel geográfico del país se podría establecer los SSP. También, se podría decir que las condiciones ambientales que favorecen el establecimiento de los SSP en Colombia son los que se encuentran entre los 20 a 2900 msnm, donde se presentan precipitaciones promedio anual entre los 726 a 4000 mm. Por otro lado, dentro de los tipos de SSP que se registraron en mayor número en las diferentes regiones de Colombia, fue para los SSP, con el 61,5 % (n = 72 registros), seguido por los SSPi, con el 38,5 % (n 45 registros).

#### **4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES FORRAJEROS Y ARBÓREOS UTILIZADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES.**

Los materiales forrajeros utilizados en el establecimiento de sistemas silvopastoriles son múltiples y de diversas características, su uso depende de factores como el piso térmico, el tipo de sistema silvopastoril a implementar, los animales que van a estar asociados al sistema etc. Se debe tener un amplio conocimiento de las características botánicas y bromatológicas del forraje a utilizar, hábitos de crecimiento, periodos de recuperación, aportes nutricionales, de este conocimiento depende en gran medida la correcta selección de los materiales forrajeros a utilizar.

El trópico bajo colombiano es amplio en opciones de materiales vegetales que pueden utilizarse dentro de los sistemas silvopastoriles ya sea como materiales arbóreos y/o forrajeros, se encuentran múltiples especies de leguminosas y materiales forrajeros no leguminosos cuyos aportes nutricionales a las dietas de gramíneas son significativos siendo una opción importante en el manejo de dietas para animales en pastoreo, además, de constituirse en una opción de mejora ambiental, edáfica y ecológica.

Los materiales seleccionados para el manejo de los sistemas silvopastoriles planteados en este proyecto fueron, para el caso del sistema silvopastoril especies forrajeras usadas: Morera (*Morus alba*), Matarratón (*Gliricidia sepium*), Falso girasol (*Tithonia diversifolia*); dentro de los materiales arbóreos se sembraron: Aro (*Trichantera gigantea*), Acacia (*Acacia mangium*), Orejero (*Enterolobium cyclocarpum*), Nauno (*Gliricidia sepium*), Cantagallo (*Erythrina fusca*) y Ciruelo jobo (*Espondias bombín*).

Para el sistema de banco de proteína se sembraron: Aro (*Trichantera gigantea*), Matarratón (*Gliricidia sepium*), Morera (*Morus alba*), Falso girasol (*Tithonia diversifolia*) y Yuca (*Manihot esculenta*).

A continuación, se hará una descripción de las principales características de los materiales forrajeros y arbóreos mencionados:

#### 4.1 MORERA (*Morus alba*)

Imagen 10. Morera en banco de proteínas



Fuente: UNIPAZ

**4.1.1 Generalidades.** En las regiones tropicales, la tendencia a utilizar el follaje de especies arbustivas para la producción animal ha estado vigente en los últimos años y cobra importancia en respuesta al potencial de producción de nutrientes en las arbóreas, que se relaciona con altos niveles de proteína cruda ( $>18\%$ ), alta digestibilidad, excelente balance de minerales y por la capacidad de producir forraje aún en época de sequía (Hove, Topps, Sibanda, & Ndlovu, 2001); En este sentido, trabajos recientes sugieren el empleo del follaje de plantas arbustivas con potencial forrajero, como complemento alimenticio para corregir las deficiencias de nutrientes que presentan los pastos en las regiones tropicales. Existen múltiples especies leguminosas con buenas características forrajeras. No obstante, otras plantas que no se agrupan en esta familia botánica, también presentan reconocidas potencialidades. En este sentido, las especies del género *Morus* sobresale como fuente de forraje por su excelente capacidad de producción de biomasa (Benavides, 1996). Para tal efecto, la morera (*Morus alba* L.), dentro de un numeroso grupo de plantas, se distingue por presentar una rápida recuperación ante la poda, brotes abundantes y rápido desarrollo. Por tales motivos, en la última década, se han llevado a cabo numerosas investigaciones para conocer con profundidad la composición química de la especie, debido a su uso extensivo como forraje en países de América Central (GARCÍA D. E., 2005). Esta especie puede crecer sobre los 4000 msnm (FAO 1990), un rango amplio de temperatura entre 13 y 38°C, precipitaciones entre 600 – 2500 mm y humedad relativa entre 65 y 80% (Datta, 2002). *M. alba* se adapta bien a diversos tipos de suelo, principalmente en aquellos que presentan mayor fertilidad (Cifuentes y Ham – kim 1998), con buen contenido

de materia orgánica bien drenados, de textura media de arcilloarenosas o arenoarcillosas y de topografía plana u ondulante con pendientes inferiores al 40% además, es tolerante a la salinidad y a la acidez.

La morera es un árbol o arbusto que tradicionalmente se utiliza para la alimentación del gusano de seda. Es una planta de porte bajo con hojas verde claro brillosas, venas prominentes blancuzcas por debajo y con la base asimétrica. Sus ramas son grises o gris amarillentas y sus frutos son de color morado o blanco, dulces y miden de 2 a 6 cm de largo. Pertenece al orden de las Urticales, familia Moraceae y género *Morus*, del cual se conocen más de 30 especies y alrededor de 300 variedades. Las especies más conocidas *Morus alba* y *M. nigra*, parecen tener su origen al pie del Himalaya ya pesar de que su origen es de climas templados, se considera "cosmopolitas" por su capacidad de adaptación a diferentes climas y altitudes. En varios países se utiliza como sombra, como planta ornamental y para controlar la erosión.

Actualmente se le localiza en una gran variedad de ambientes, creciendo bien en diferentes altitudes (desde el nivel del mar hasta 4000 m de altura) y en zonas secas y húmedas. Se puede plantar tanto en suelos planos como en pendientes, pero no tolera suelos de mal drenaje o muy compactos y tiene altos requerimientos nutricionales por lo que su fertilización permanentemente es necesaria. En la literatura existente se menciona que en condiciones muy húmedas puede ser atacada por la fumagina. El tallo puede ser invadido de hongos blancos que pueden eliminarse con agua con jabón. Otras plagas comunes son orugas, defoliadoras y cochinillas. En América Central, sin embargo, las únicas plagas o enfermedades hasta ahora detectadas son las hormigas arrieras, la presencia de hongos en las hojas basales (en plantas con más de cuatro meses sin podar) y la presencia esporádica de cochinilla en la base del tallo.

**4.1.2 Manejo agronómico.** Se puede establecer como plantación compacta, asociada con árboles leguminosos como poró (*Erythrina* sp.) y madero negro (*Gliricidia sepium*) y como cerca y barrera viva. El método más común de propagación es por medio de estacas plantadas en forma directa. La longitud de las mismas no debe pasar de 25 a 40 cm de largo y con no menos de tres yemas tomadas de ramas lignificadas. Deben enterrarse a 3 o 4 cm de profundidad y, si el suelo no es muy compacto, no es preciso preparar el terreno antes de la siembra, siendo sólo necesario eliminar la vegetación. Las estacas no rebrotan al mismo tiempo, variando entre 4 y 35 días la aparición de las primeras hojas. En buenas condiciones de manejo las estacas pueden alcanzar más del 90% de rebrote. En sitios planos y en plantación compacta la distancia de siembra más recomendable es de 40 cm entre plantas y 1,0 m entre surcos. En pendientes como plantación compacta y como barrera para controlar la erosión, se recomienda plantar a 10 cm entre plantas en forma de cruz y a 1.0 m entre surcos en curvas de nivel. Las estacas

pueden almacenarse por más de una semana, en sombra total y manteniendo un buen nivel de humedad. En zonas húmedas o con riego se puede sembrar durante todo el año, mientras que en zonas con sequía estacional la siembra debe efectuarse al inicio de las lluvias.

La morera (*Morus alba*) se puede sembrar en pendientes como plantación compacta o como barrera para proteger contra la erosión, en distancias de 10 cm entre plantas, en forma de cruz y 1 m entre surcos en curvas a nivel. El primer corte debe efectuarse 12 meses después de establecida la plantación y si la fertilización es adecuada, la frecuencia de poda es cada 3 meses en zonas húmedas y cada 4 meses en zonas secas; a una altura entre 0.3 y 1.5 m del suelo. Se puede dar una poda en la época seca si la planta presenta buen desarrollo. Cada dos o tres años las plantas deben cortarse a 10-15 cm del suelo para que mejore el rebrote. La frecuencia de poda tiene un mayor efecto sobre los rendimientos de biomasa que la altura de poda; sin embargo, el intervalo de poda no debe ser menor de 90 días ya que esto afectaría la producción de biomasa en el mediano y largo plazo. No obstante, cuando los cortes son más altos se favorece la relación hoja/tallo. Como se mencionó anteriormente la morera requiere de una buena fertilización, tanto en la siembra como después de cada corte. Al establecimiento se recomienda utilizar entre 16 y 20 gramos por planta de una mezcla, en partes iguales, de fertilizante 10-30-10 y Nitrato de amonio. Durante el primer año debe hacerse control de malas hierbas y el material del deshierbe debe dejarse en el suelo para mantener la humedad y limitar el crecimiento de la maleza. En caso de sequía durante el establecimiento, debe regarse cada 8 días en suelos arenosos y cada 15 días en suelos arcillosos.

Para usar el follaje de árboles leguminosos como abono verde, la morera debe plantarse en asociación con poró enano (*Erythrina berteriana*) o madero negro (*Gliricidia sepium*). Ambas especies se acostumbra sembrarlas a 2 x 2 metro sobre el surco de morera y deben podarse el mismo día que se poda la morera a una altura por encima de 2 metros. Al inicio pueden plantarse los árboles por medio de estacas de 1 metros y con las podas sucesivas se deja una rama vertical que permita la formación de tronco hasta la altura mencionada.

**4.1.3 Establecimiento del cultivo de morera.** La morera (*Morus alba*), se puede sembrar en pendientes como plantación compacta o como barrera para proteger contra la erosión, en distancias de 10 cm entre plantas, en forma de cruz y 1 m entre surcos en curvas a nivel. El primer corte debe efectuarse 12 meses después de establecida la plantación y si la fertilización es adecuada, la frecuencia de poda es cada 3 meses en zonas húmedas y cada 4 meses en zonas secas; a una altura entre 0.3 y 1.5 m del suelo (BENAVIDES, 1995). Se puede dar una poda en la época seca si la planta presenta buen desarrollo. Cada dos o tres años las plantas deben cortarse a 10-15 cm del suelo para que mejore el rebrote. La frecuencia de poda tiene un mayor efecto sobre los rendimientos de biomasa que la altura de poda; sin

embargo, el intervalo de poda no debe ser menor de 90 días ya que esto afectaría la producción de biomasa en el mediano y largo plazo. No obstante, cuando los cortes son más altos se favorece la relación hoja/tallo

La morera se cultiva por su fruto en árboles aislados o en huertos; para la producción de gusano de seda a pequeña escala a lo largo de cercos o intercalado con otros cultivos en los sistemas de producción mixta; en cultivo puro en proyectos grandes de seda o producción intensiva de forraje; y en mezclas con leguminosas fijadoras de N para la producción intensiva de forraje. Todos los nutrientes extraídos por la morera para su crecimiento tienen que venir del suelo o del subsuelo, pues la morera no fija nitrógeno. La asociación con leguminosas con efectiva fijación de N por medio del rizobium puede reducir los insumos de fertilizantes y puede que sea la mejor combinación en muchas situaciones, pero aun reciclando los nutrientes contenidos en las excretas animales, fertilizantes adicionales pueden ser requeridos para obtener rendimientos máximos. La producción de hojas y materia seca por hectárea de morera depende de la variedad, la localidad, la densidad de siembra, las aplicaciones de fertilizantes y la técnica de cosecha. El rendimiento de biomasa y la proporción de hojas varía con la especie y la variedad. El clima (precipitación y radiación solar) y la fertilidad del suelo, son factores determinantes en la productividad. Incrementando la densidad de siembra se aumentan los rendimientos de hoja.

**4.1.4 Condiciones agroecológicas.** Actualmente se le localiza en una gran variedad de ambientes, creciendo bien en diferente altitud es (desde el nivel de mar hasta 4000 m de altura) y en zonas secas y húmedas (González, Benavides, Kass, Rómulo, & Esperance, 1996). Se puede plantar tanto en suelos planos como en pendientes, pero no tolera suelos muy compactos. Es rústico en cuanto a la naturaleza del suelo, pero los prefiere sueltos y que estén bien drenados. No de pH ácido. Resiste temperaturas bastante extremas, tanto fríos como calores, aunque de jóvenes le dañan los fríos intensos. Se multiplica por semillas. Siembra directa en otoño o primavera, Las variedades se obtienen por injerto. Por injertos de púa o de yema se hacen sobre plantas de Morera obtenidas de semilla. El método más común de propagación es por medio de estacas plantadas en forma directa. La longitud de las mismas no debe pasar de 25 a 40 cm. de largo y con no menos de tres yemas tomadas de ramas lignificadas. Deben enterrarse a 3 o 4 cm. de profundidad y, si el suelo no es muy compacto, no es preciso preparar el terreno antes de la siembra, siendo sólo necesario eliminar la vegetación. Las estacas no rebrotan al mismo tiempo, variando entre 4 y 35 días la aparición de las primeras hojas. Ataques de pulgones sin que sea importante. En la literatura existente se menciona que en condiciones muy húmedas puede ser atacada por la fumagena. El tallo puede ser invadido de hongos blancos que pueden eliminarse con agua con jabón. Otras plagas comunes son orugas, desfoliadoras y cochinillas. En América Central, sin embargo, las únicas plagas o enfermedades

hasta ahora detectadas son las hormigas arrieras, la presencia de hongos en las hojas basales (en plantas con más de cuatro meses sin podar) y la presencia esporádica de cochinilla en la base del tallo.

**4.1.5 Composición y Valor Nutritivo.** La proteína cruda de las hojas varía entre 15 y 28% dependiendo de la variedad, edad de la hoja y las condiciones de crecimiento.<sup>1</sup> En general, los valores de proteína cruda pueden ser considerados similares a la mayoría de follajes de leguminosas. Las fracciones fibrosas en la morera son bajas, comparada con otros follajes. Una característica sorprendente en la morera, es su alto contenido de minerales con valores de cenizas de hasta 17%. Los contenidos típicos de calcio son entre 1.8-2.4% y de fósforo de 0.14-0.24%. Una de las cualidades principales de la morera como forraje es su alta palatabilidad. Los pequeños rumiantes consumen ávidamente las hojas y los tallos tiernos frescos, primeramente, aun cuando no hayan sido expuestos previamente. Luego, si el forraje se les ha ofrecido entero, pueden arrancar la corteza de las ramas. Los bovinos consumen la totalidad de la biomasa si esta finamente molida. Los animales prefieren inicialmente la morera sobre otros forrajes ofrecidos simultáneamente, e incluso buscan hasta el fondo de un montón de forraje hasta encontrar la morera.

## 4.2 FALSO GIRASOL (*Tithonia diversifolia*)

Imagen 11. Falso girasol en franjas



Fuente: UNIPAZ

**4.2.1 Generalidades.** El botón de oro es una de las 68 especies más utilizadas para el mejoramiento de suelos y en varios países su uso como abono verde en cultivos es muy común. Las hojas del botón de oro tienen más fósforo y potasio que la mayoría de leguminosas empleadas en agroforestería. Las hojas frescas contienen alrededor de 3,5% de nitrógeno; 0,3% de fósforo y 3,8% de potasio. En Kenia, la aplicación de abono verde de botón de oro ha logrado mayores incrementos en las cosechas de maíz que los fertilizantes inorgánicos y su efecto en el suelo es más durable (Jama, et al., 2006).

En las montañas de Tanzania este arbusto se emplea para mejorar el contenido de nutrientes de los suelos, con excelentes resultados, especialmente cuando se

mezcla con roca fosfórica (Ikerra, et al., 2006). Adicionalmente, varios trabajos llevados a cabo por investigadores de Cipav y el grupo de entomología de la Universidad del Valle muestran que el botón de oro es útil como repelente natural contra las hormigas arrieras o cortadoras de hojas (*Atta cephalotes*). En las colonias de laboratorio que se ven obligadas a utilizar el follaje de botón de oro, el hongo del cual se alimentan las hormigas (*Leucoagaricus* sp.), muere a los pocos días con lo cual rápidamente se produce un colapso de la colonia. Aunque en condiciones naturales el botón de oro no mata a las hormigas, sí ejerce un efecto disuasivo sobre ellas. En cultivos experimentales de yuca se ha observado que las arrieras llevan a cabo recorridos largos para evitar las hojas que se encuentran cerca del botón de oro. En algunas regiones de Colombia, los productores mencionan un efecto repelente del botón del oro contra las garrapatas y moscas hematófagas del ganado.

El árbol maravilla, el girasol mexicano, el falso girasol, el crisantemo de Nitobe, Quil Amargo, Wild Sunflower son algunos de los nombres con los que se identifica a *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray., planta de la familia Asteraceae, la cual se encuentra en las áreas tropicales y subtropicales del Planeta y posee casi 15 000 especies distribuidas por todo el mundo. En el caso del género *Tithonia*, posee 10 especies en Centroamérica y es comúnmente aceptado que su centro de origen es América Central o México (NASH, 1976), Ríos observó y clasificó esta planta en Cuba conocida como margaritona o árnica de la tierra, pero también ha sido reportada en Las Filipinas y Kenia India, Ceilán, sur de México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Honduras, Panamá, Colombia y Venezuela, (RÍOS C. I., Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) en Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica, 1997), son diversos nombres y usos, incluida la nutrición animal. De acuerdo con las informaciones brindadas por (MURGUEITIO, Agroforestería para la producción animal sostenible, 2001), la especie en cuestión se manifiesta con gran plasticidad ecológica (Pérez , y otros, 2009).

En Guatemala se registra entre los 200 y los 2300 msnm, en matorrales húmedos o secos (NASH, 1976). En Venezuela se encuentra en los estados de Carabobo, Aragua, portuguesa y Trujillo entre los 300 y 1700 msnm (Adolfo Cardozo, comunicación personal). En Colombia esta planta crece en diferentes condiciones agroecológicas, desde el nivel del mar hasta 2700 m en La Cocha (Nariño), con precipitaciones que fluctúan entre 800 a 5000 mm y en diferentes tipos de suelo, tolerando condiciones de acidez y baja fertilidad (RÍOS C. I., Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) en Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica, 1997). Se encuentra creciendo espontánea a orillas de caminos y ríos (Ríos Kato). Las hojas son alternas, pecioladas, de hasta 20 cm de largo y de ancho, generalmente divididas en tres a cinco lóbulos, con dientes redondeados en el margen, con la base a veces algo truncada pero muy angosta a lo largo del pecíolo, en cuya base se amplía en dos lóbulos pequeños; la cara

superior cubierta de pelos, de base hinchada, con abundantes pelillos (a veces sin pelillos) y con puntos glandulares en la cara inferior. Las flores en número de 12 a 14, son liguladas, ubicadas en la periferia de la cabezuela; la corola de hasta seis centímetros de largo, es un tubo en la base y a manera de cinta hacia el ápice, semejando un pétalo de una flor sencilla, de color amarillo brillante o anaranjado, Las flores del disco son numerosas, hermafroditas, ubicadas en la parte central; la corola, de hasta ocho (8) mm de largo, es un tubo delgado que hacia la parte superior se ensancha («garganta») y se divide en cinco lóbulos, de color amarillo; los estambres alternos con los lóbulos de la corola; sus filamentos libres e insertos sobre el tubo de la corola; las anteras soldadas entre sí formando un tubo alrededor del estilo, con la base aflechada; el ovario ínfero.

**4.2.2 Establecimiento del cultivo de falso girasol.** Su establecimiento se hace con semilla o por estaca que es la forma más efectiva, utilizando material vegetativo proveniente de plantas jóvenes, tomando tallos de 50 cm de largo y 2 a 3.5 cm de diámetro y que posean 3 a 4 yemas. Se siembra en forma horizontal o inclinados sin tapar totalmente. En el sitio definitivo se puede sembrar a 50 cm entre matas y entre surcos, pero resulta mejor dar un poco más de espacio que bien puede ser de 50 cm entre matas y de metro entre surcos. Para una población de 20.000 plantas por hectárea. Según (RÍOS & SALAZAR, *Tithoniadiversifolia* (Hemsl.) Gray, una fuente proteica alternativa para el trópico, 1995), una densidad de 2.66 plantas por metro cuadrado produce una biomasa fresca de 3.08 kilos por planta. Densidad de 1.77 matas por metro cuadrado, 3.22 kilos por planta y densidad de 1.33 plantas por metro cuadrado, 3.41 kilos por planta.

**4.2.3 Factores agronómicos y producción de biomasa.** En dependencia del área geográfica esta puede ser una planta anual o perenne. Tiene un amplio rango de adaptación, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad del suelo. Según (MURGUEITIO, *Agroforestería para la producción animal sostenible*, 2001), esta especie posee un rápido y vigoroso crecimiento y una gran adaptación a suelos con pH desde ácidos hasta alcalinos, pobres, de baja fertilidad y pedregosos, se desarrolla bien entre una altitud de 0 a 2700 msnm, con precipitaciones que oscilan entre 600 y 6.000 mm/año. Es altamente tolerante a la sequía, resiste de forma moderada a la quema y presenta una excelente recuperación después de la poda, incluso a nivel del suelo. (HARTMANN & KESTER, 1995), afirman que la multiplicación por estacas que provienen de plantas herbáceas produce un enraizamiento más eficaz, siempre que las condiciones de corte y siembra sean óptimas, lo que proporciona un alto porcentaje de supervivencia. (SALAZAR, 1992) manifestó similares criterios y recomendó usar el primer tercio del material vegetativo para la siembra. Sin embargo, es frecuente observar siembras exitosas sin desechar ninguna porción del material cortado (WEAVER, 1987). Es una especie con buena capacidad de producción de biomasa y rápida recuperación después del



corte, lo que depende de la densidad de siembra, de los suelos y del estado vegetativo.

**4.2.4 Usos.** Se cultiva ampliamente como ornamental en los trópicos; se ofrece en muchos sitios de jardinería. La decocción de las hojas, que contienen un aceite amargo, se usa algunas veces como remedio para la malaria y como tratamiento para el eczema de la piel de animales domésticos (Nash & Williams, 1976). Contiene una sustancia con efectos antiinflamatorios. Además, posee otros usos como forraje, planta melífera, cortinas rompe vientos y cercas vivas, abono verde mejorador de suelos degradados, optimizando la adsorción de fósforo (P), además es una fuente posible de carotenoides para alimentos de gallinas para pigmentar las yemas y para controlar hormigas arrieras. No se conoce requerimientos de esta especie, pero se ha notado disminución de la producción cuando se realizan cortes sucesivos, cuando es utilizada para consumo animal se fertiliza con materia orgánica y riego después de cada corte. La altura de corte se puede realizar de 10 a 50 cm cada siete semanas. La planta contiene una cumarina, posiblemente colinina, pero en niveles bajos y no ha presentado problemas en bovinos y conejos cuando se ha suministrado durante varios días en su dieta. Con el manejo anterior se alcanzan rendimientos entre 27 y 37 toneladas de biomasa fresca/ha por corte cada siete semanas. Su contenido de proteína bruta varía de 28.5 % a los 30 días de rebrote hasta 14.8 % a los 89 días. En pruebas de degradabilidad del follaje en el suelo se encontró 16% de proteína, 72% de degradabilidad de materia seca y 79% de degradabilidad de la proteína. Se utiliza en ganado bovino y en especies menores como suplemento.

### 4.3 ARO (*Trichantera gigantea*)

**4.3.1 Generalidades.** Este forraje ha sido utilizado en diferentes investigaciones para la obtención de resultados en la alimentación de animales, se han hecho ensayos con cerdos, gallinas, conejos, cuyes y en peces como: la cachama y la carpa espejo. La Fundación CIPAV se ha destacado por ser la pionera en trabajos de investigación sobre la utilización del nacedero como árbol forrajero, en donde se ha incrementado el cultivo, la distribución y la investigación agronómica y zootécnica en esta especie. Los tratamientos consistieron de: Un testigo donde la fuente de proteína fue un suplemento proteico conteniendo 92% de torta de soya y minerales y vitaminas (40% de proteína bruta) que se ofreció a razón de 500 g/día/cerdo. Los otros tres tratamientos fueron 5%, 15% y 25% de reemplazo de la proteína del suplemento proteico por proteína del follaje de aro. Durante las primeras 10 semanas el follaje se secó al sol y se molió antes de mezclarlo con el resto del suplemento. En las últimas 6 semanas se dio el follaje fresco separado del suplemento de soya. El jugo fue extraído de tallos de caña madura (10-12 meses de crecimiento) en un molino de tres masas. La tasa de extracción fue de 50% (kg de jugo por kg de tallo); y el Brix Promedio (sólidos solubles) de 16.1 (rango de 15.6

a 18). La tasa de crecimiento se disminuyó (0.625, 0.584, 0.522 y 0.451 kg/d) y la conversión se deterioró (3.04, 3.27, 3.63 y 3.89) a medida que se incrementó el nivel de reemplazo de la torta de soya con follaje de nacedero. Se evaluó integralmente en dos experimentos la harina de follaje de *Trichanthera gigantea* para estudiar su posible utilización en la dieta de especies monogástricas (conejos entre otras).

Imagen 12. Quiebra barriga o aro



Fuente: UNIPAZ

En el primer experimento se analizó su composición bromatológica, el contenido de aminoácidos, sus fracciones proteicas, fibrosas, minerales, así como sus propiedades fisicoquímicas. Se hizo la cuantificación de los factores anti nutricionales presentes y el contenido de oligosacáridos de la harina de follaje de *Trichanthera*. En un segundo experimento, se evaluó la utilización digestiva de la materia seca y fracción fibrosa de la *Trichanthera* en los conejos, para lo cual se empleó un método in vitro con inóculo cecal de conejos. La proteína verdadera representó el 83% de la proteína bruta, la que se mantuvo entre el 16-17%. El análisis de macro elementos mostró un elevado contenido de Ca (4.83%). DEL CULTIVO D

El aro pertenece a la familia Acanthaceae constituida por cerca de 200 géneros con más de 2000 especies en su mayoría nativas de los trópicos. En América casi todas las especies son hierbas, arbustos y trepadoras, encontrándose únicamente tres o cuatro especies de árboles en los géneros *Trichanthera*, *Bravaisia* y *Suessengufia*. La primera descripción botánica la realizó el sabio José Celestino Mutis en 1779. En 1809 es descrito y clasificado por Humboldt y Bonpland bajo el nombre de *Ruellia gigantea*, con base en muestras colectadas a lo largo del río Magdalena. Los nombres "nacedero" y "madre de agua", significan que el árbol crece en los nacimientos de las aguas. El uso más generalizado es como cerca viva y como planta destinada a proteger y mantener nacimientos de agua. En la actualidad esta especie se está incorporando con gran énfasis en programas de reforestación y protección de cuencas que realizan entidades estatales, privadas y comunitarias. También se usa como parte de cultivos multiestratos (café, cacao, huertos



habitacionales), construcción de caneyes para secar tabaco y casas, utilizando el tronco en las partes aéreas. Igualmente, usado para la conformación de cercas vivas a partir de estacones que además aporta forraje para los animales.

**4.3.2 Descripción botánica.** Las acantáceas son plantas vistosas que crecen en forma silvestre y que pueden ser cultivadas para fines específicos, son cosmopolitas en trópicos y subtrópicos y están especialmente bien desarrolladas en los Andes Americanos. El aro es un árbol mediano que alcanza 2-4 m de altura y copa de 6 m de diámetro, muy ramificado. Las ramas poseen nudos muy pronunciados, hojas opuestas aserradas y vellosas verdes muy oscuras por el haz y más claras por el envés; las flores dispuestas en racimos terminales son acampanadas de color amarillo ocre con anteras pubescentes peludas de allí su género (*Trichanthera*) que sobresalen de la corola.

El fruto es una cápsula pequeña redonda con varias semillas orbiculares. En el cuadro se ilustra la clasificación taxonómica del aro *Trichanthera gigantea* L.

**4.3.3 Aspectos agronómicos del cultivo.** Un buen método de propagación es por medio de estacas permitiendo así obtener materiales con alta probabilidad de ser uniformes genéticamente, pues el éxito de tener un alto porcentaje de prendimiento y poblaciones uniformes en el campo, radica en una buena selección del material de propagación y de proporcionar condiciones adecuadas para su desarrollo. Su adaptación está entre los 0 y 2150 m de altura sobre el nivel del mar, en sitios con precipitación entre 400 a más de 600 mm por año, la utilización de coberturas muertas, como la hojarasca de leguminosas en asociación y el bagazo de caña; las coberturas vivas, como algunas especies de leguminosas proporcionan fertilizantes orgánicos para un adecuado crecimiento de las plantas. La composición química del forraje varía de acuerdo al tipo de suelo, a los intervalos de corte y las condiciones climáticas. En los diferentes análisis de minerales presentes en el nacedero se observa un alto contenido de minerales, proteína y carbohidratos que lo hace ideal para la alimentación de los animales monogástricos.

La germinación por semilla es muy baja del 0 al 2% de allí que su multiplicación en forma natural se haya hecho vegetativamente ya sea por ramas que se doblan y en contacto con el suelo forman raíces rápidamente convirtiéndose en una nueva planta. Investigaciones realizadas demuestran que el mejor método de propagación es por medio de estacas permitiendo así obtener materiales con alta probabilidad de ser uniformes genéticamente, al ser propagados vegetativamente a partir de uno o pocos árboles. Las plántulas pueden ser producidas en vivero sembrando las estacas en bolsas de 1 kg lo que permite un mejor desarrollo de la raíz, para su llenado se puede utilizar una mezcla de arena, tierra y abono orgánico relación 3:3:1. La siembra de las estacas puede hacerse directamente en el campo asegurando buenas condiciones iniciales (control de malezas y agua) a fin de

permitir un buen establecimiento y desarrollo de las plantas. También puede realizarse trasplante a raíz desnuda, previo enraizamiento de las estacas, después de haber retirado parte del follaje para evitar deshidratación al ser establecida en el campo. Estas dos prácticas disminuyen altamente los costos en comparación con el sistema de vivero (siembra en bolsas y trasplante al campo). El éxito de tener un alto porcentaje de prendimiento y poblaciones uniformes en el campo radica en una buena selección del material de propagación y de proporcionar condiciones adecuadas para su desarrollo inicial como son disponibilidad de agua y disminución de competencia por las malezas. En diferentes ensayos realizados con respecto a la altura de corte se concluyó que la altura ideal es de 1 m (por control de malezas), el corte se realiza dejando un tallo principal y teniendo cuidado de no atrofiar los puntos de crecimiento (nudos) para la formación de follaje en los posteriores cortes (MURGUEITIO, Los árboles forrajeros como fuente de proteína). A través del tiempo y dependiendo de los parámetros productivos y el estado del cultivo se puede ir rotando el tallo principal. El manejo de las alturas de corte está estrechamente relacionado con las condiciones climáticas, por ejemplo, en sitios donde las temperaturas son elevadas y el régimen de lluvias escaso es necesario manejar estratos entre 1.3 y 1.5 m para que proporcione un microclima adecuado que permita mejor rendimiento en la producción.

**4.3.4 Disposición en el campo.** Cuando se habla de disposición en el campo se puede referir a: utilización de espacio físico, combinación con otras especies en el mismo o diferente sustrato, distancias de siembra que define una población y la forma de manejo. Todas estas formas van encaminadas a obtener un mejor desarrollo del cultivo y una mejor utilización del espacio, en lugares donde las condiciones climáticas como precipitación y temperatura, se combinan de manera favorable (bosque húmedo tropical, bosque montano y pre-montano) para el desarrollo del cultivo se puede sembrar en un mismo estrato combinado con especies de árboles leguminosas (aro con cachimbo) que harán aportes benéficos a la asociación como fijación de nitrógeno, barrera contra el ataque especializado de los insectos, aportes de hojarasca que actuará como cobertura e incorporación de nutrientes al descomponerse y mejor regulación hídrica. El aro cuando se utiliza como banco de proteína se puede establecer una densidad de 10.000 árboles/ha (1 x 1 m). En Colombia, su rango de adaptación está entre los 0 y 2150 m de altura sobre el nivel del mar, en sitios con precipitación entre 400 a más de 600 mm por año. Ha sido utilizado por los campesinos en la protección de nacimientos y corrientes de agua y en la actualidad es una de las especies con mayor promoción para recuperar cuencas hidrográficas. Se adapta a clima cálido húmedo, templado y frío. Suelos ácidos, pero requiere terrenos profundos, aireados y necesita fertilización orgánica. Responde a las aplicaciones de nitrógeno como (gallinaza, frijol abono).

**4.3.5 Producción de biomasa.** En una investigación se realizaron dos experimentos en la fundación CIPAV, para determinar el efecto de la fertilización orgánica y la asociación con leguminosas arbóreas, se midió la obtención de biomasa representada en las hojas y tallos tiernos de aro *Trichanthera gigantea* L., y el aumento en la producción de forraje fue muy poca al fertilizarse con bovinaza y lombricompost, en suelos con buenas condiciones físicas y de fertilidad (RÍOS K. I., 1993). La recolección de forraje de forma constante afecta la negativamente la producción de biomasa, por ende, se debe evaluar el efecto causado por la fertilización con compuestos orgánicos sobre la producción de biomasa en los cultivos de forrajes establecidos en suelos con baja fertilidad.

La producción de forraje vs altura o intervalo, donde no se ha aplicado ningún tipo de fertilizante, se evidencia una disminución en la biomasa producida, así como también la disminución en los contenidos de nutrientes, tanto en el forraje como en el suelo a través del tiempo (4 años de cultivo). Es importante anotar que cuando estas especies crecen en forma silvestre son introducidas a sistemas de producción, es necesario investigar sobre la relación planta-suelo respecto a la dinámica de los nutrientes que hacen parte misma del sistema. En cultivos de aro establecido se han encontrado en forma natural asociadas a esta especie, poblaciones importantes de micorrizas (64 esporas/24 g de suelo) que se considera bueno según la tabla que registra contenidos mayores de 50 en esta escala; de allí la importancia de profundizar estudios en esta área, lo que permitiría potencializar su uso y obtener beneficios en cuanto a la disponibilidad y utilización de nutrientes (SUAREZ & MILAGROS, 1996). Por regla general, antes de establecer un cultivo es necesario realizar un análisis de suelo para determinar el exceso o deficiencia de nutrientes, para el caso del aro cuando la siembra se realiza mediante estacas es necesaria la aplicación de fertilizantes y/o abonos orgánicos que contengan nitrógeno, fósforo y potasio para un adecuado desarrollo de la planta.

En plantaciones realizadas en Buga, Valle del Cauca se han obtenido producciones de forraje verde de 9.2 toneladas/año (que corresponden a un total de 4 cortes cada 3-4 meses) por kilómetro lineal, equivalente a 92 toneladas/ha/año (Gómez M, datos no publicados) (MURGUEITIO, Los árboles forrajeros como fuente de proteína). Los árboles estaban sembrados en hileras bordeando cultivos de caña y matarratón dispuestos en franjas, en cultivo intensivo de árboles sembrados a distancias de 1m x 1m (entre surcos y entre plantas) con intervalos de corte mayores de 3 meses se obtuvieron 460 g de hoja verde y 1100 g de tallos para una producción de 1500 g de biomasa total/árbol/corte equivalente a 60 toneladas de biomasa total/ha/año (Gómez M, datos no publicados). En material propagado por estaca, sembrado a 0.5m x 0.5m y cortado una vez a los 4, 6, 8 o 10 meses después de trasplantado al campo, se obtuvieron producciones de 4.16, 7.14, 15.66 y 16.74 toneladas/ha de forraje verde respectivamente; mientras que a menor densidad (10,000 plantas/ha) que corresponde a distancias de 1m x 1m, las producciones

fueron respectivamente 0.79, 3.52, 3.92, 3.23 toneladas/ha. Estudios realizados por Gómez y Murgueitio en Cali Colombia (CIPAV, 1991), sobre el efecto de la altura de corte sobre la producción de biomasa de nacedero se encontró que, la producción de biomasa/corte en este ensayo fluctuó entre 8 y 16 toneladas/ha con cortes cada 90 días, equivalente a una producción anual del orden de 50 toneladas/ha (MURGUEITIO, Los árboles forrajeros como fuente de proteína).

Al parecer la altura de corte no es factor crítico en el rendimiento, pero sí en control de malezas, siendo superior el corte a 1 m. El potencial productivo de la planta no se desarrolla totalmente cuando las condiciones climáticas no lo permiten; así, cuando el corte es realizado en épocas en las que la humedad es limitante, el rebrote es muy lento.

**4.3.6 Composición química y valor nutricional.** La composición química del forraje varía de acuerdo al tipo de suelo, a los intervalos de corte y las condiciones climáticas. En los diferentes análisis de minerales presentes en el nacedero se observa un alto contenido de Ca y P, que lo hace ideal para animales en lactancia. El fraccionamiento fibroso y las características fisicoquímicas (solubilidad, volumen, capacidad de adsorción de agua, capacidad amortiguadora ácida y básica y tamaño de partículas) se mantuvieron en los rangos adecuados para alimentos no convencionales. El fraccionamiento proteico señaló a la albúmina como la proteína más abundante con un balance de aminoácidos aceptable, en tanto que el tamizaje fotoquímico indicó la presencia de compuestos fenólicos no condensados. La digestibilidad in vitro (cecal) de la MS y la FDN en conejos fueron de 51.60 y 39.91% para la *Trichanthera* en comparación con 41.39, y 32.32% para la glicine y 36.49 y 13.49% el follaje de vigna respectivamente, lo que coincidió con una mayor proporción de partículas pequeñas en la *Trichanthera*.

Cuadro 1. Composición de aminoácidos de las hojas de Aro, expresados como % total de proteína.

Trichanthera			
	Hojas (N = 9)		
Arg	49 (7)	Val	50 (7)
His	22 (6)	Ala	49 (5)
Iso	41 (6)	Ac.Asp	89 (10)
Leu	72 (9)	Cis	14 (2)
Lis	43 (5)	Ac.Glut	97 (13)
Met	15 (2)	Gli	50 (6)
Fen	46 (6)	Prol	44 (5)
Treo	43 (5)	Ser	40 (4)
Trip	10 (2)	Tir	33 (6)
		Total	779 (83)
		N	29 (4)

Fuente: SARRIA, Patricia; LETERME Pascal y LONDOÑO. Ángela. Valor Nutricional del Aro para la alimentación de monogástricos. UNAL. Sede Palmira.

La producción de ácido propiónico obtenido por la fermentación in vitro cecal fue superior para la *Trichanthera*. Los resultados de la evaluación química y del estudio de digestibilidad en este trabajo señalan que la harina de follaje de *Trichanthera* tiene una buena calidad nutricional y que es posible utilizarla como fuente potencial y promisoría para los conejos. Se indica la necesidad de realizar estudios de utilización digestiva en otras especies monogástricas.

El aro es un forraje ideal para la alimentación de monogástricos debido a que este presenta un buen contenido de proteína cruda (15-22%) y aparentemente la mayor parte de este es proteína verdadera, posee un alto contenido de calcio lo cual sugiere un buen potencial para alimentar cerdas en lactancia y además aporta aminoácidos, (Ver Cuadro 2)

El aro posee una rápida degradación de la materia seca de más del 50% en las primeras 12 horas y casi 70% en 24 horas, por lo cual se sugiere que sus hojas están compuestas por carbohidratos de rápida fermentación, por lo cual se recomienda el uso de esta especie arbórea para la alimentación de monogástricos. En experimentos realizados se afirma que el Aro no contiene alcaloide en su concentración bioquímica ni tampoco taninos concentrados, ya que sus niveles no fueron mayores a 450 y 6.2 ppm, respectivamente. El aro presenta un mayor contenido de proteína en sus hojas con relación al tallo, y el porcentaje de esta depende del grado de lignificación de la planta (ROSALES & GALINDO, 1997).

#### 4.4 MATARRATÓN (*Gliricidia sepium*)

Imagen 13. Matarratón



Fuente: UNIPAZ

**4.4.1 Generalidades.** Conocido en Colombia como matarratón y en otros países como madre cacao, madero negro, piñón de Cuba y rabo de ratón; es una planta originaria del norte de Suramérica y centroamérica, desde donde se ha distribuido para toda América tropical, el caribe, África, Asia y las islas del Pacífico; en zonas que comprenden entre los cero y 1500 msnm, con precipitaciones de 500 a 3000 mm/año y una temperatura óptima de 15 a 30°C. Es una leguminosa arbórea, perenne, caducifolia, con raíces profundas, crece hasta los 15 mts de altura y el tallo alcanza los 40 cm de diámetro, estos tallos pueden diferir siendo en los árboles adultos de corteza fisurada y color gris o pardo verdoso y en las plantas jóvenes la corteza es lisa de color gris verdoso. La copa del matarratón tiene forma irregular y extendida con hojas compuestas, imparipinadas y con un último foliolo que remata al final del raquis, por lo que su número es impar con 10-25 cm de largo y con hojuelas enteras dispuestas en pares opuestos y una hojuela terminal; la flor es amariposada y de color entre rosa y púrpura claro. La longitud aproximada de la flor es de dos centímetros y se agrupan en racimos de 25 a 50 flores. Las semillas se almacenan en vainas de color verde-amarillo inicialmente, luego estas vainas cambian a color amarillo y finalmente a color marrón o negruzco en la madurez, el tamaño de la vaina es de entre 10 a 15 cms de largo y guarda entre 3 y 8 semillas. La producción de flor y fruto inicia entre el primer y lo cinco años de edad. La semilla es lisa, ligeramente ovalada, aplanada y de color amarillo a verde claro cuando están verdes y café claro u oscuro cuando están secas, momento ideal para la siembra.

**4.4.2 Manejo agronómico.** El matarratón posee un alto potencial productivo; en cultivos intensos como planta forrajera se observa que, mediante la fijación de nitrógeno, la hojarasca, los residuos de la cosecha y los tallos lignificados que vuelven al suelo, se constituye en un sistema donde los nutrientes son reciclados eficientemente, manteniendo la fertilidad y la producción en niveles óptimos. El matarratón se usa para dar sombrío a cultivos de café, té y cacao; sirve como soporte para cultivos de batata, pimienta negra, maracuyá y vainilla, se usa como cerca viva. Se le atribuyen propiedades insecticidas, rodenticidas y como apoyo terapéutico en problemas de piel. La propagación del matarratón se realiza por estacas y por semilla sexual, aunque la práctica más implementada es la siembra por estaca debido a su fácil consecución e implementación como cerca viva y sombrío en diferentes cultivos. Para la reproducción sexual se recomienda profundizar la semilla entre 1 y 1,5 cms y a no más de 2 cms de profundidad, con un distanciamiento entre plantas de 0,25 mts y un metro entre hileras, lográndose una población aproximada de 40 mil plantas por hectárea con 5 kgs de semilla en promedio.

**4.4.3 Valor nutricional.** El material maduro y contiene entre 8,75 y 13,39% de materia seca MS, 23% de proteína cruda PC, 45% de fibra cruda, grasa entre 2,93 y 4,8% 1,7% de calcio y 0,2% de fósforo. Además de proveer y fijar nitrógeno al

suelo, activa la absorción y recirculación de los macro minerales gracias a su capacidad de extracción del suelo. Se ha reportado que, a 1020 msnm, con una temperatura promedio de 24°C y 1130 mm anuales de precipitación el matarratón favorece el ciclaje y reciclaje del fósforo, potasio, calcio y magnesio lo cual explicaría la producción de follaje hasta por siete años sin necesidad de fertilización. Los niveles de macro minerales presentes en el matarratón son suficientes para atender los requerimientos del ganado vacuno, principalmente en épocas de sequía cuando se presentan mermas en la oferta de proteína y minerales por parte de las pasturas. La proteína bruta del matarratón contiene todos los aminoácidos esenciales, excepto los azufrados; la hoja suministrada a los bovinos en trópico bajo es un forraje de mejor calidad que el guamo *Inga edulis* y el nacedero *Trichantera gigantea*, gracias a su mayor contenido de compuestos nutricionales, alto coeficiente de degradabilidad y bajos niveles de principios tóxicos. La aceptación del matarratón como componente de la dieta en bovinos fue evaluado utilizando novillas *Bos Taurus* x *Bos indicus* en pastoreo sobre especies arbóreas promisorias, se concluyó que concluyó que el matarratón fue una de las especies más ramoneadas tanto en periodos seco y lluvioso. En vacas lecheras se ha utilizado hasta el 5% de componente de la dieta permitiendo la disminución de la suplementación con alimento balanceado. En modelos silvopastoriles permite mantener capacidades de carga entre 3 y 4 animales en producción de leche por hectárea. En potrero con diversas combinaciones de brachiarias y asociada con leucaena *Leucaena leucocephala* ha demostrado aumentos en producción de leche de 3207 litros/ha/año en sistema tradicional a 7467 y 7884 litros/ha/año.

#### 4.5 YUCA (Manihot esculenta)

Imagen 14. Yuca en banco de proteínas



Fuente: UNIPAZ

**4.5.1 Generalidades.** La yuca junto con el maíz, la caña de azúcar y el arroz constituyen las fuentes de energía alimenticia más importantes en las regiones tropicales del mundo. Es un material vegetal originario de América del Sur y fue domesticada hace 5000 años aproximadamente y desde entonces se cultiva extensivamente en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. La yuca pertenece a la familia Euphorbiaceae, constituida por unas 7200 especies que se



caracterizan por el notable desarrollo de los vasos laticíferos los cuales producen la secreción lechosa que caracteriza a las plantas de esta familia.

El ambiente en el que se desarrolla la planta influye en su arquitectura pudiendo variar las características morfológicas de la misma especie cuando se planta en ambientes diferentes. La yuca es un arbusto perenne, monoico, de ramificación simpodial y con variaciones en la altura de la planta que oscilan entre 1 y 5 mts aunque la altura máxima no excede los 3 mts generalmente. Se replica asexualmente mediante la siembra de los tallos lignificados llamados estacas o cangres, el tallo maduro es cilíndrico y su diámetro varía entre 2 y 6 cms y puede presentar tres colores: gris-plateado, morado y amarillo verdoso, estas características varían significativamente con la edad y especie vegetal. Los tallos están formados por una alternancia de nudos y entrenudos siendo los nudos son los puntos en que las hojas se unen a los tallos y los entrenudos las porciones de los tallos comprendidas entre nudos sucesivos. Las hojas son simples y están conformadas por la lámina foliar y el peciolo, la lámina foliar es palmeada y profundamente lobulada con número de lóbulos variable y generalmente impar oscilando entre 3 y 9, los lóbulos miden entre 4 y 20 cms de longitud y entre 1 a 6 cms de ancho, siendo los centrales de mayor tamaño que los laterales. El tamaño de la hoja es una característica típica de cada cultivar, aunque depende mucho de las condiciones ambientales. Las hojas producidas durante los primeros cuatro meses de vida de la planta son de mayor tamaño que las producidas después de este tiempo. El color de las hojas puede variar desde púrpura, verde oscuro y hasta verde claro, es común observar cogollos de color púrpura que cambian a verdoso a medida que la planta madura y se desarrolla. El haz de la hoja está cubierto por una cutícula cerosa brillante, mientras que el envés es opaco y alberga la mayoría de estomas.

El sistema radical de la yuca se caracteriza por su capacidad de almacenar carbohidratos en forma de almidón, la formación de una raíz principal o de varias raíces o adventicias es determinada por la forma de siembra ya sea sexual o asexual, este sistema radical presenta una baja densidad de raíces pero una penetración profunda alcanzando hasta 2,5 mts.

**4.5.2 Manejo agronómico.** El establecimiento del cultivo de yuca se realiza principalmente mediante el uso de estacas, la calidad de la semilla se relaciona con aspectos genéticos y fisiológicos como la edad, nutrición, sanidad y viabilidad de la semilla. El terreno de siembra debe ser bien drenado y no presentar encharcamiento, con un pH entre 6 y 6,5, tampoco es deseable cultivar yuca por periodos de más de 3 años en el mismo terreno pues la producción tanto de raíces como de área foliar se disminuye. Se reportan producciones con tamaños de raíces aceptables a una densidad de siembra de 5000 plantas por hectárea en las variedades de porte alto ramificado y de 10000 plantas por hectárea en las de porte

bajo erecto y alto erecto. El control deficiente de arvenses disminuye la producción de estacas y de raíces. La producción de estacas por planta oscila entre 6 y 12 con edades de cosecha entre los 7 y los 12 meses.

**4.5.3 Valor nutricional.** La yuca es comparable a los cereales en cuanto a la producción de carbohidratos por hectárea y por tanto se constituye en un alimento energético básico de amplio uso en la elaboración de dietas para animales y de alimentos balanceados. El almidón de las raíces es el principal alimento animal y su contenido nutricional fluctúa entre 34% y 38% de materia seca MS y 75% a 80% de almidón, los valores proteicos y de fibra son de 3% y 4% en promedio respectivamente. Dependiendo de la especie también se utiliza el follaje de yuca para alimentación animal presentando valores nutricionales en material fresco de 28% de MS, energía metabolizable 0,34 Mcal/kg, energía digestible 0,36 Mcal/kg y proteína 65 g/kg.

La yuca contiene valores variables de ión cianuro y compuestos cianógenos (linamarina y lo taustralina) los cuales varían según la variedad del material vegetal, siendo mayor los contenidos de estos compuestos en las yucas amargas, el contenido mayor permitido de esos compuestos en harina de yuca y subproductos para alimentación animal es de 100 ppm. Estos compuestos antinutricionales son volátiles y generalmente en yucas amargas la exposición al ambiente permite la disminución de los mismos en 2 o 3 horas de aireamiento. Manejada como planta forrajera en sistemas integrados tiene un alto potencial para la producción de proteína de alto valor nutritivo, sembrada en densidades de más de 50000 tallos/ha y una tasa de fertilización con abono orgánico de 100 tonelada/ha/año llega a producir hasta 3 toneladas de proteína por hectárea/año. Usada fresca o henificada en alimentación de rumiantes, funciona como proteína sobrepasante

#### 4.6 CANTAGALLO (*Erythrina fusca*)

Imagen 15. Cantagallo



Fuente: <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/37>

**4.6.1 Generalidades.** Se conoce comúnmente con los nombres de Gallito, Cantagallo, búcaro y pízamo en varias regiones del país, la *Erythrina fusca* es una leguminosa de la familia Fabaceae, en la cual se agrupan 300 géneros y 6500 especies, en América tropical existen 60 géneros y 650 especies (Cuéllar, Rodríguez, & Presto, 1992), es utilizada en la producción de forraje. Es un árbol de hoja caduca, espinoso, sus vainas leguminosas alcanzan los 20 centímetros de largo y son de color marrón oscuro, alcanza 20 metros de altura, con un área foliar de 5<sup>o</sup> metros y un diámetro del tronco de 0,7 metros. Es Ideal para la restauración de bosques secundarios, como protector de ríos, lagos y lagunas, además genera buena sombra, como cerca viva y cortavientos, y las hojas se utilizan en la alimentación bovina.

El género *Erythrina* incluye árboles, arbustos, hierbas y bejucos. Presenta mayormente espinas cónicas en las ramas jóvenes y pecíolos; las son hojas trifoliadas; de flores vistosas generalmente anaranjadas, rojas o rosadas, que aparecen en épocas secas, Las semillas de forma ovoides, brillosas, con tonalidades rojas, carmín o marrón, algunas presentan manchas negras (Cuéllar, Rodríguez, & Presto, 1992)

**4.6.2 Manejo agronómico.** Su propagación se puede lograr de forma sexual o sexual, la sexual (por semilla) es más aconsejable, para lo cual se debe dejar la semilla 24 horas en agua antes de la siembra, obteniéndose una germinación aproximada del 95%, a los trece días de sembrada se inicia la germinación y puede durar 21 días, la germinación por estaca puede alcanzar el 90%, todo depende de las condiciones climáticas de la época en que se realice la siembra,

**4.6.3 Valor nutricional.** Las fabáceas son familia más importante para la alimentación de los diferentes tipos de ganado después de las gramíneas, esto debido a que son buenas productoras de proteínas de origen vegetal, y por fijar el nitrógeno al suelo por medio de nódulos bacteriales en sus raíces (Cuéllar, Rodríguez, & Presto, 1992). La *Erythrina fusca*, tiene en promedio un 19% de proteína, fósforo 0,28, potasio 2,10; las hojas poseen un 21,5% de proteína y un contenido de taninos del 0,63% (Gómez, y otros, 2002).

## 5. METODOLOGÍA

El proyecto se ejecutó en el municipio de Barrancabermeja, en las instalaciones del Centro de investigaciones Santa Lucía de UNIPAZ. Para el logro de los objetivos se establecieron 4 hectáreas de un modelo SILVOPASTORIL, y una (1) ha de banco de proteínas con forrajes y materiales endógenos.

El Proyecto se desarrolló en cinco (5) fases así:



FASE 1. Adecuación y establecimiento del sistema silvopastoril. Establecimiento de un modelo silvopastoril que ayude a mitigar el efecto de la ganadería sobre el ambiente, esto implica la realización de análisis de suelos, aplicación de enmiendas y fertilizantes; renovación y división de praderas.

FASE 2: Establecimiento de un Banco de Proteínas como apoyo a la nutrición, y complemento del Sistemas Silvopastoril.

FASE 3: Se realiza el aislamiento de los potreros, aislamiento de la división de potreros con doble cerca y el aislamiento del Banco de Proteínas, para la conservación de las especies en crecimiento.

Las dos últimas fases o etapas son:

FASE 4. Análisis bromatológico y evaluación de productividad agroecológica. Evaluación de la producción del sistema silvopastoril en términos de biomasa y calidad nutricional mediante la medición (aforo) periódica del área de producción y la evaluación bromatológica a diferentes tiempos de cosecha (pastoreo).

FASE 5. Evaluación del efecto del modelo silvopastoril sobre parámetros productivos del recurso genético Chino Santandereano, a través de la producción de leche y ganancia de peso.

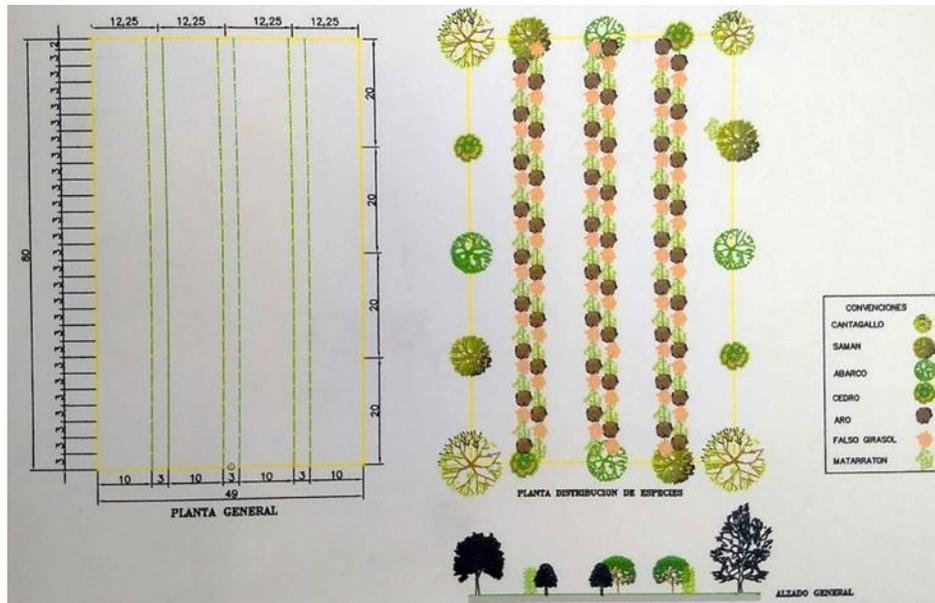
La idea de implementar un sistema silvopastoril en el Centro de Investigaciones Santa Lucía propiedad del Instituto Universitario de la Paz surgió debido a las condiciones de pastoreo convencionales que caracterizan a las ganderías en la región del Magdalena Medio Santandereano, zona deográfica en donde se halla ubicada UNIPAZ y ante la necesidad de implementar alternativas de producción ganadera sostenibles y amigables con el medio ambiente.

## **5.1 DISEÑO DEL SISTEMA SILVOPASTORIL**

Se diseñó un sistema silvopastoril de seis potreros distribuidos en cuatro hectáreas, con cerca perimetral sembrada en materiales arbóreos (Cantagallo, Samán, Abarco) cada 20 mts, dentro de cada potrero se establecieron surcos dobles de materiales forrajeros (Falso Girasol, Matarratón, Aro) con distancias de 10 mts entre surcos y 3 metros entre materiales forrajeros.

Como apoyo al sistema silvopastoril se implementó 1 Ha de banco de forrajes (Matarratón, Aro, Morera, Yuca, Falso Girasol) con distancias entre materiales de 0,5 a 1,5 mts, dependiendo del forraje.

Figura 1. Esquema del sistema silvopastoril implementado en UNIPAZ, Barrancabermeja



Fuente: UNIPAZ

## 5.2 ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA SILVO PASTORIL

**5.2.1 Adecuación de terreno:** el área a trabajar se sometió a un paso de arado de cincel con penetración de 40 cms, un paso de renovador de praderas y dos pasos de rastra con las respectivas aplicaciones de enmiendas y correctivos con cal dolomita a razón de una tonelada por hectárea, roca fosfórica a razón de 650 kilogramos por hectárea y elementos menores a razón de 50 kilogramos por hectárea, estos elementos se aplicaron después del paso del renovador de praderas; posterior a los pasos de rastra se aplicó materia orgánica compostada a razón de 4 toneladas por hectárea. Las dosis de correctivos y fertilizantes se ajustaron de acuerdo a los resultados de los análisis de suelos. (ver imagen 16 y 17)

Imagen 16. Potreros y banco de proteína antes del establecimiento de los forrajes



Fuente: UNIPAZ

Imagen 17. Arado y aplicación de enmiendas en lote silvopastoril y banco de proteína



Fuente: UNIPAZ

Se realizaron adecuaciones de los canales de drenaje internos a manualmente y los externos con retroexcavadora de oruga durante 10 horas de trabajo (un kilómetro de canal), para evitar el encharcamiento de los potreros y dar las condiciones adecuadas para la adaptación y crecimiento de los materiales forrajeros sembrados (ver imagen 18 y 19).

Imagen 18. Adecuación manual de drenajes internos Banco de proteínas



Fuente: UNIPAZ

Imagen 19. Adecuación de drenajes perimetrales con retroscavadora en lote silvopastoril y banco de proteína



Fuente: UNIPAZ

**5.2.2 División de potreros:** se dividieron cuatro hectáreas en seis potreros en disposición de radiales, pasando cuatro líneas de cuerda eléctrica con alambre acerado-galvanizado calibre 12,5, con postes ecológicos en pasta cada cinco metros, con dimensiones de 9 cm x 9cm x 2 mts, con filtro UV y antiflema. Para el aislamiento interno se implementó el mismo tipo de cercado. Se instalaron 4 saladeros y un bebedero común para el manejo del potero tipo radial. Se utilizó un impulsor eléctrico con panel solar y capacidad para 50 km para el circuito de la cerca eléctrica (ver imagen 20).

Imagen 20. Transporte de estacas plásticas y aislamiento del banco de proteínas y los surcos del lote silvopastoril



Fuente: UNIPAZ

**5.2.3 Establecimiento de arbóreas:** se establecieron dos surcos de tres por tres de aro, matarraton, cantagallo y falso girasol de manera intercalada, distanciados a 10 metros entre surco para un total de 420 árboles forrajeros por hectárea. Se establecieron árboles (Cedro, Abarco, Cantagallo, Saman), en el cercado perimetral y en las cercas divisorias a distancias de 30 metros para un total de 22 árboles maderables por hectárea, las plántulas al momento de la siembra debían una altura mínima de 30 cms, trasladadas del vivero al sitio de siembra en bolsas de 20 cm x 30 cm y se plantarán en hoyos de 20 cm de diámetro por 30 cm de profundidad (ver imagen 21 y 22)

Imagen 21. Establecimiento de vivero de las forrajeras



Fuente: UNIPAZ

Imagen 22. Aplicación de enmiendas en la siembra de las forrajeras en los surcos del lote silvopastoril



Fuente: UNIPAZ

**5.2.4 Protección y establecimiento de surcos:** los surcos se encerraron con cinco líneas de alambre para cerca eléctrica de acerado-galvanizado calibre 12,5, dejando en la mitad del surco un espacio de tres metros para el tránsito de los animales, debe llevar postes ecológicos cuadrados de 9 cm x 9 cm x 2 mts a cinco metros de distancia (ver imagen 23).

Imagen 23. Establecimiento y encierro de surcos del lote silvopastoril



Fuente: UNIPAZ

**5.2.5 Control de arvenses y plagas:** de acuerdo al grado de infestación de plagas y rebrote de arvenses se hizo control de los mismos teniendo disponibilidad de 5 galones por hectárea de herbicida para hoja ancha y angosta e insecticida. La aplicación de los productos se hizo con equipo de fumigación de espalda manual (ver imágenes 24 y 25).

Imagen 24. Vista aérea del diseño de los surcos del sistema silvopastoril



Fuente: UNIPAZ

Imagen 25. Control de arvenses y plagas en el lote silvopastoril



Fuente: UNIPAZ

**5.2.6 Resiembra:** se hicieron resiembras permanentes en los sitios que ameritaron esta labor, el uso de diferentes materiales forrajeros hizo necesaria la resiembra constante pues los porcentajes de sobrevivencia variaron con las especies utilizadas, además, las inundaciones presentadas en los meses de septiembre de 2019 y noviembre de 2020 hicieron que las tasas de sobrevivencia del material sembrado fueran bajas, las resiembras se mantuvieron hasta el mes de diciembre de 2020 (ver imagen 26).

Imagen 26. Resiembra de forrajes en el lote silvopastoril



Fuente: UNIPAZ

### 5.3 ESTABLECIMIENTO DEL BANCO DE PROTEINAS

**5.3.1 Adecuación de terreno:** el área a trabajar será sometida a un paso de arado de cincel con penetración de 40 cms, un paso de renovador de praderas y dos pasos de rastra, con las respectivas aplicaciones de enmiendas y correctivos con cal dolomita a razón de una tonelada por hectárea, roca fosfórica a razón de 650 kilogramos por hectárea y elementos menores a razón de 50 kilogramos por hectárea, estos elementos se aplicarán después del paso del renovador de praderas; posterior a los pasos de rastra se aplicará materia orgánica compostada a razón de 4 toneladas por hectárea. Las dosis de correctivos y fertilizantes serán ajustadas de acuerdo a los resultados de los análisis de suelos. Los potreros serán dotados con sistema de riego usando manguera agrícola de alta presión de 1", 1/2 "y 3/4 "de diámetro y bomba de 1 Hp (ver imágenes 27 y 28).

Imagen 27. Adecuación del sistema de riego del banco de proteínas



Fuente: UNIPAZ

Imagen 28. Estación de bombeo e instalación de aspersores en el banco de proteínas



Fuente: UNIPAZ

**5.3.2 Cerramiento del área:** se instaló 1 kilómetro de cerca perimetral para protección del banco de forraje, usando tres o cuatro líneas de cuerda eléctrica con alambre acerado-galvanizado calibre 12,5, con postes plásticos o ecológicos cuadrados de 9 cm x 9cm x 2 mts, con filtro UV y antilflama, cada cinco metros (ver imagen 29).

Imagen 29. Encerramiento banco de proteínas con postes ecológicos



Fuente: UNIPAZ

**5.3.3 Ahoyado y sembrado:** se harán hoyos de 20 cm de diámetro por 30 cm de profundidad a distancia de cincuenta por cincuenta para asegurar buena cobertura de las plantas, se siembran aro, falso girasol, matarratón y Cantagallo intercalados para asegurar variedad de suministro de forrajes. Se establecerán en total 10000 arbustivas forrajeras (ver imagen 30).

Imagen 30. Establecimiento de forrajeras y riego por aspersion en el banco de proteínas



Fuente: UNIPAZ

**5.3.4 Control de arvenses y plagas:** de acuerdo al grado de infestación de plagas y rebrote de arvenses se hará control de los mismos teniendo disponibilidad de 5 galones por hectárea de herbicida para hoja angosta e insecticida. La aplicación de los productos se hará con sistema de fumigación de espalda a motor (ver imagen 31).

Imagen 31. Control mecánico de arvenses y control químico de plagas en el banco de proteínas



Fuente: UNIPAZ

## 6. INVESTIGACIÓN

### 6.1 EVALUACIÓN BROMATOLÓGICA Y NUTRICIONAL DEL MATERIAL FORRAJERO

Se realizaron dos muestreos del material forrajero para evaluación bromatológica (ver imágenes de 32 y 33), los materiales muestreados fueron Falso girasol, Matarratón y Morera; las muestras fueron tomadas de material previamente podado y con 60 días de recuperación después de la poda para el primer muestreo y 40 días de recuperación para el segundo muestreo, el proceso de toma de muestras se realizó iniciando a las diez de la mañana con la finalidad de evitar coleccionar el material forrajero con excesos de humedad debido al rocío de la madrugada, de cada material forrajero se tomó 1 kg de follaje (hoja), las muestras se sometieron a deshidratación por efecto solar en canecas plásticas durante un periodo de cuatro días, posteriormente se pesaron y empacaron en bolsas de papel debidamente rotuladas para envío a laboratorio de bromatología. El proceso de deshidratación se realizó con la finalidad de disminuir el peso de la muestra a enviar, así como evitar el daño ocasionado por hongos debido a la humedad.

Los datos de producción forrajera y valores de bromatología hallados son los siguientes:

Cuadro 2. Porcentaje de materia seca de forrajes en el banco de proteínas y sistema silvopastoril

Nombre del forraje	Materia verde gr	Materia seca gr	% materia seca
Banco de Proteínas			
Matarratón	2.000	750	37,5
Morera	2.000	718,75	35,6
Falso girasol	2.000	312,5	15,6
Aro	2.000	500	25
Yuca	2.000	593,75	29,68
Sistema silvopastoril			
Humídicola	1.000	250	25
Pasto caimán	2.000	500	25
Falso girasol	2.000	343,75	17,8

Fuente: UNIPAZ

El forraje pesado en verde obedece a la hoja completa en cada uno de ellos, en el caso de los pastos (humídicola y pasto caimán) obedece a la planta completa, respetando los cinco cm que se dejan en el corte; se destaca el matarratón con el mayor porcentaje de materia seca seguido por la morera, los pastos tuvieron el mismo porcentaje de materia seca, la edad de corte de los forrajes es de tres meses para el matarratón, yuca, aro; para la morera y falso girasol de setenta días, para

el pasto se esperó cinco meses para hacer el primer pastoreo, luego se dejó recuperar la pastura 35 días y se hizo el corte para el pasto caimán y 30 días para húmicola.

Cuadro 3. Composición de los forrajes estudiados

Forraje	*PC	*FDA	*FDN	*Ca	**Cu	*P	*Mg	*K	**Zn
Matarratón (BP)	24,1	23,4	25,8	1,62	ND	0,19	0,58	0,79	23
Morera (BP)	17,6	19	19,4	2,4	ND	0,48	0,56	1,86	67
Falso girasol (BP)	24,1	30,7	30,4	2,1	<5	0,52	0,57	4,9	163
Aro (BP)	21,2	30,6	39,5	3,28	15	0,28	0,78	2,67	32
Yuca (BP)	25	25,7	30,4	1,18	ND	0,24	0,40	1,22	193
Humídicola (SP)	9	39,9	73,9	0,19	ND	0,18	0,18	1,67	41
Pasto caimán (SP)	6,8	42,7	73	0,34	ND	0,22	0,26	1,95	40
Falso girasol (SP)	24,2	29,1	32,5	3,39	<5	0,42	0,72	3,54	129

\* g/100g; \*\* mg/Kg; SP: silvopastoreo, BP: banco de proteína

Fuente: UNIPAZ

De acuerdo a los resultados obtenidos se determina que los forrajes menos digestibles son la húmicola y el pasto caimán, y los más digestibles la morera y el falso girasol, también en el contenido de proteína los forrajes (yuca, aro, falso girasol, morera y matarratón) sobre salen por mucho sobre los pastos que apenas contienen entre el 6,8 y 9%.

Imagen 32. Corte pesado y secado de muestras para bromatológico



Fuente: UNIPAZ

Imagen 33. Secado y empaqueo de muestras para bromatológico



Fuente: UNIPAZ

## 6.2 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN LA RAZA CHINO SANTANDEREANO

Se evaluó el efecto del pastoreo en el modelo silvopastoril y la suplementación con material vegetal del banco forrajero sobre la producción láctea en vacas paridas y ganancia de peso en terneros lactantes de la raza Chino Santandereano.

Con la finalidad de iniciar la fase de evaluación del efecto del pastoreo en el sistema silvopastoril sobre los parámetros productivos y reproductivos en bovinos de la raza chino santandereano, se inició una fase de adaptación que comprendió 20 días de consumo del material forrajero antes de iniciar la fase de evaluación (pesaje de terneros y producción de leche).

Dentro de la fase de adaptación se inicia el periodo de ordeño de las cuatro vacas previa selección explicada en el informe anterior, para permitir que las vacas se adapten a la rutina de ordeño y en el momento de iniciar la evaluación la lactogénesis y lactancia se desarrollen con normalidad permitiendo la confiabilidad de los datos obtenidos, (ver imagen 34).

Finalizada la fase de adaptación se inició la fase de evaluación del efecto del pastoreo en el sistema silvopastoril sobre los parámetros productivos en bovinos de la raza chino santandereano, se mantuvieron los animales en pastoreo controlado con cinta eléctrica, el área de pastoreo se determinó mediante aforo para determinar el área de pastoreo necesaria por animal por día, dicha área se calculó mediante aforo del material forrajero (gramineas de potrero y arbustos) (ver imágenes 36 y 37). Se ordeñaron 4 vacas con diferentes tiempos de lactancia y números de lactancia, para el ordeño se apartaron los terneros a las tres de la tarde permitiendo el llenado de la ubre para el ordeño al día siguiente; para el pesaje de los terneros

se utilizó báscula mecánica y se realizó control de peso cada quince días a partir del 1 de octubre y durante 45 días, para un total de cuatro pesajes.

La ración del banco de proteína se suministró a la vacada en el momento del ordeño en comederos, a cada vaca se ofrecieron 10 kg de ración, producto de la mezcla de los materiales establecidos matarratón, morera, falso girasol y yuca, (ver imágenes 35 y 36).

Se realizaron pesajes diarios y se sacó el promedio por semana para la ganancia de peso en los terneros, y en las vacas se midió la cantidad de leche diaria, (ver imagen 37).

Cuadro 4. Producción láctea promedio día

Numero Semana	Primera semana	Segunda semana	Tercera semana	Cuarta semana
27-13	2,5	2,8	2,7	2,6
33-13	1,5	1,9	2,0	2,3
15-13	2,7	2,5	2,8	2,6
17-13	1,8	2,5	2,4	2,6

Fuente: UNIPAZ

Los datos son el resultado del promedio semanal obtenido de los pesajes diarios de producción lechera, cabe anotar que se deben hacer más ensayos para determinar el promedio de producción de los animales bajo alimentación alternativa con los forrajes evaluados en este trabajo.

Cuadro 5. Ganancia de peso en crías

Numero Semana	Primera semana	Segunda semana	Tercera semana	Cuarta semana
109-20	650	710	715	705
105-20	730	690	695	690
111-20	640	670	665	670
113-20	660	690	685	690

Fuente: UNIPAZ

Las crías se apartaban de la vacada a las tres de la tarde en promedio para permitir el descanso de la ubre entre ordeños, a cada cría se le dejaba la producción lechera de un cuarto para su alimentación.

Imagen 34. Secado y empacado de muestras para bromatológico



Fuente: UNIPAZ

Imagen 35. Pastoreo controlado en el sistema silvopastoril



Fuente: UNIPAZ

Imagen 36. Pastoreo controlado en el sistema silvopastoril



Fuente: UNIPAZ

Imagen 37. Pesajes animales y ordeño



Fuente: UNIPAZ

Imagen 38. Chinos Santandereanos de UNIPAZ



Fuente: UNIPAZ



## BIBLIOGRAFÍA

- Belsky, A., Mwonga, S., & Duxbury, J. (2003). Efecto de los Pastos Ampliamente Espaciados y el Pastoreo de Ganado en Ambientes de Sotobosque en Sabanas Tropicales. *Revista Sistemas Agroforestales*, 1-20.
- Benavides , J. E. (1996). Manejo y utilización de la morera (*Morus alba*) como forraje. *Agroforestería en las Américas*, 27-30. Recuperado el 01 de 12 de 2019
- Benavides, J. E. (1995). Manejo y utilización de la morera (*Morus alba*) como forraje. 2(7), 27-30. (A. e. Américas, Ed.) Recuperado el 20 de 11 de 2019, de <http://www.fao.org/3/a-x6306s.pdf>
- Bendaña, G. (2006). *Ganadería y el Medio Ambiente*. Managua: Instituto de Desarrollo Rural. Recuperado el 14 de 09 de 2020
- Braun, A., Van, S., & Grulke, M. (2016). *Up Scalin Silvopastoral Systems in South America*. Solymosi, K.
- Carranza, C., & Ledesma, M. (2009). Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. *XIII Congreso forestal mundial*. Buenos Aires.
- Cuéllar, P., Rodríguez, L., & Presto, T. R. (1 de 07 de 1992). Uso del pizamo (*Erythrina fusca*) como suplemento proteico en dietas de tallo de caña prensado para terneras de levante. 4(1). (C. p. CIPAV., Ed.) Cali, Valle, Colombia: Livestock Research For Rural Development. Recuperado el 20 de 12 de 2020, de <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd4/1/cuellar.htm>
- FAO. (7 de octubre de 2020). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* FAO. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO: <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/agroforestry/basic-knowledge/es/>
- Figuroa, E. (2009). *Sistemas agroforestales*. Huehuetan .
- García , D. E., Medina, M. G., Cova , L. J., Torres, A., Soca, M., Pizzani , P., . . . Domínguez, C. e. (2008). Preferencia de vacunos por el follaje de doce especies con potencial para sistemas agrosilvopastoriles en el Estado de Trujillo. 31(3). Matanzas, Estado de Trujillo, Venezuela: Revista de pastos y forrajes. Recuperado el 15 de 12 de 2020, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942008000300006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942008000300006)
- García, D. E. (2005). Avances en investigación agropecuaria. 9 (2), 87-96. Rev. AIA.
- Gerber, P., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., . . . Tempio, G. (2013). Enfrentando el Cambio Climático a través de la Ganadería. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.*, 20-33.
- Gómez, M. E., Rodríguez, L., Murgueito, E., Ríos, C. I., Molina C, H., Molina C, H., . . . Molina , J. P. (Junio de 2002). Árboles utilizados en la alimentación animal: mtarratón (*Gliciridia sepium*), Nacedero (*trichanthera gigantea*),

- Pizamo (*Erythrina fusca*) y Borón de oro (*Tithonia diversifolia*). 3, 147. (C. p. agropecuaria, Ed.) Cali, Valle, Colombia. Recuperado el 27 de 12 de 2020, de [http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4048/1/20061024152517\\_Arboles%20y%20arbustos%20%20forrajeros%20alimentacion%20animal.pdf](http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4048/1/20061024152517_Arboles%20y%20arbustos%20%20forrajeros%20alimentacion%20animal.pdf)
- González, J., Benavides, J., Kass, M., Rómulo, O., & Esperance, M. (1996). Evaluación de la calidad nutricional de la morera (*Morus sp*) fresca y ensilada, con bovinos de engorda. 3(11), 20-23. Agroforestería en las Américas. Recuperado el 11 de 12 de 2019, de <http://www.fao.org/3/a-x6311s.pdf>
- Hansen, N., Fertig, M., & Tejera, L. (2009). Componentes de los Sistemas Silvopastoriles en Bosques de Nire. *Revista Forestal*, 77-82.
- Hartmann, H., & Kester, D. (1995). Propagación de plantas, principios y prácticas. Editorial Continental. 56. Ciudad de México, México. Recuperado el 12 de 10 de 2020
- Hove, L., Topps, J., Sibanda, S., & Ndlovu, L. (2001). Nutrient intake and utilization by goats fed dried leaves of the shrub legumes *Acacia angustissima*, *Cassia siamea* and *Leucaena leucocephala* as supplements to native pasture hay. 91, 95-106. (A. F. Tech, Ed.)
- Ibrahim, M. (2011). *Plantaciones en Línea en Sistemas Silvopastoriles*. Turrialba.
- Jarvis, A., Tourval, J., Castro, M., Sotomayor, L., & Hyman, G. (2010). Assessment of Threats to Ecosystems in South America. *Journal Natural Conservation*, 180-188.
- Mahecha, L., & Rosales, M. (s.f.). Valor nutricional del follaje de Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. 17(9). *Livestock Research for Rural Development*. Recuperado el 20 de 12 de 2019
- Mendieta, M., & Rocha, L. (2007). *Sistemas agroforestales*. Managua: Universidad Nacional Agraria UNA.
- Milera, M. (2013). Contribución de los Sistemas Silvopastoriles en la Producción y el Medio Ambiente. *Revista de Investigación y Difusión Científica Agropecuaria*, 7-24.
- Murgueitio, E. (2001). Agroforestería para la producción animal sostenible. 67. Cali, Valle del Cauca, Colombia: Centro para la Investigación en sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Recuperado el 10 de 08 de 2020
- Murgueitio, E. (s.f.). Los árboles forrajeros como fuente de proteína. *Serie de Trabajos y Conferencias*, 2, 1-8. Cali, Colombia: CIPAV.
- Murgueitio, E., Galindo, A., Lopera, J., Bothia, J., Sossa, C., & Chará, J. (2017). Reconversión Ganadera y Sistemas Silvopastoriles en Sabanas Inundables. *Resultados de Investigación y Experiencias de Innovación*, 266.
- Nash, D. (1976). Flora de Guatemala. 24, XII, 215. Field Museum of Natural History. Botany.

- Nash, D. L., & Williams, L. O. (1976). Flora of Guatemala, Compositae. 24(96), XII. Guatemala: Fieldiana Botany. Recuperado el 30 de 10 de 2020
- Navas, A. (2010). Sistemas Silvopastoriles para el Diseño de Fincas Ganaderas Sostenibles. *Revista de Medicina Veterinaria*, 113-122.
- Pérez , A., Montejo, I., Iglesias , J. M., López , O., Martín, G. J., García, D. E., . . . Hernández, A. (2009). Pastos y Forrajes. *Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray*, 32(1 ). Matanzas, Cuba. Recuperado el 20 de 10 de 2019, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942009000100001&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942009000100001&script=sci_arttext)
- Pinzón , M. E. (1979). Chino Santandereano. 79. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Edición Banco Ganadero. Recuperado el 18 de 08 de 2020
- Portila, D., Barragán, W., Carvajal, C., Cajas, Y., & Rivero, S. (2015). *Establecimiento de Sistemas Silvopastoriles para la Región Caribe*. Bogotá: Corpoica.
- Ríos , C. I. (1997). Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) en Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. 2, 98. Cali, Valle del cauca, Colombia: Colciencias - CIPAV. Recuperado el 20 de 09 de 2019
- Ríos , C. I., & Salazar, A. (1995). *Tithoniadiversifolia* (Hemsl.) Gray, una fuente proteica alternativa para el trópico. 75. *Livestock Research for Rural Development*. Recuperado el 25 de 10 de 2019
- Ríos Kato, C. I. (s.f.). *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. *Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica"*, Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV. Cali, Colombia. Recuperado el 06 de 10 de 2020, de <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/AGROFOR1/Rios14.htm>
- Ríos, K. I. (1993). El nacedero *Trichanthera gigantea* H & B, Un árbol con potencial para la construcción de sistema sostenibles de producción. Convenio IMCA-CIPAV.
- Rosales, M. (1992). Nutritional value of colombian fooder trees. 50. Colombia: Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria and Natural Resources Institute, United Kingdom.
- Rosales, M., & Galindo, W. (1997). Aportes al desarrollo de un sistema de alimentación para cabras en el trópico. Tesis de grado. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Sadheguian, S., Rivera, J., & Gómez, M. (1998). Impacto de la Ganadería sobre las Características Físicas, Químicas y Biológicas de Suelos en los Andes de Colombia. *Agroforestería para la Producción Animal en América Latina*, 123-139.
- Salazar, A. (1992). Evaluación agronómica del Botón de oro (*Tithoniadiversifolia*-familia compuesta) y el Pinocho (*Malvaviscuspenduliflorus*-familia Malvaceae). *Informe de becarios de la Fundación Centro para la*



- Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*. Cali, Valle del Cauca, Colombia. Recuperado el 25 de 10 de 2019
- Sarria, P. (2003). Forrajes Arbóreos en la Alimentación de Monogástricos. *II Conferencia Electrónica sobre Agroforestería para la Producción Animal en América Latina.*, 213. Roma. Recuperado el 27 de 12 de 2020
- Suarez, J., & Milagros, M. (1996). Pastos y Forrajes. Recuperado el 10 de 12 de 2019
- Toruño, I., Mena, M., & Guaharay, F. (2015). *Establecimiento y Manejo de Sistemas Silvopastoriles*. Nicaragua: Catholic Relief Services.
- Vargas, J. E. (1996). Caracterización de recursos forrajeros disponibles en tres agroecosistemas del Valle del Cauca. *Tesis Maestría en Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios*, 100. Cali, Colombia: Universidad Javeriana - IMCA - CIPAV.
- Vargas, C. F. (s.f.). CHINO SANTANDEREANO. Ganado criollo Colombiano (CHINO). Recuperado el 18 de 08 de 2020, de Disponible en:<http://www.ganadocriollo-colombiano.com/razas-2/chino-santandereano-chino>
- Vargas, J. E. (1992). Evaluación de la aceptación del botón de oro en la dieta de las ovejas de pelo. *Documento sin publicar*. Recuperado el 20 de 12 de 2019
- Weaver, R. J. (1987). Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. 5, 123. Maracay, Venezuela: Trillas.