

# Especies arbustivas con potencial forrajero en el trópico altoandino

Manual para actores del sector agropecuario



Juan Leonardo Cardona Iglesias | Edwin Castro Rincón | Carolina Guatusmal Gelpud  
Martín Valenzuela Chirán | Lina Marcela Ríos Peña | María Fernanda Urbano Estrada



DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria



Universidad de Nariño



# Especies arbustivas con potencial forrajero en el trópico altoandino

## Manual para actores del sector agropecuario

**Juan Leonardo Cardona Iglesias.** [jcardona@agrosavia.co](mailto:jcardona@agrosavia.co)

Investigador M. Sc. Asociado, C. I. La Suiza.

**Edwin Castro Rincón.** [ecastro@agrosavia.co](mailto:ecastro@agrosavia.co)

Investigador Ph. D. Asociado, C. I. Obonuco.

**Carolina Guatusmal.** [carolinagg080@gmail.com](mailto:carolinagg080@gmail.com)

Profesional de apoyo a la investigación, C. I. Obonuco.

**Martín Valenzuela.** [mrvalenzuelac@unal.edu.co](mailto:mrvalenzuelac@unal.edu.co)

Profesional de apoyo a la investigación, C. I. Obonuco.

**Lina Marcela Ríos Peña.** [linamrios17@gmail.com](mailto:linamrios17@gmail.com)

Profesional de apoyo a la investigación, C. I. Obonuco.

**María Fernanda Urbano Estrada.** [mariafernandaurbanoestrada@gmail.com](mailto:mariafernandaurbanoestrada@gmail.com)

Pasante Ingeniería Agroforestal, C. I. Obonuco.



DEPARTAMENTO  
NACIONAL DE PLANEACIÓN

**AGROSAVIA**  
Corporación colombiana de investigación agropecuaria



Especies arbustivas con potencial forrajero en el trópico altoandino. Manual para actores del sector agropecuario. / Juan Leonardo Cardona Iglesias [y otros cinco] – Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2022.

110 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)

Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y fotos.

ISBN: 978-958-740-576-7

ISBN e-Book: 978-958-740-577-4

1. Producción animal 2. Valor nutritivo 3. Especies forrajeras 4. Cerca viva 5. Producción de plántulas  
6. Mitigación del cambio climático.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

## Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA

Centro de Investigación Obonuco, Km 5, vía Pasto - Obonuco, Nariño. Código postal 520038, Colombia.

Esta publicación se deriva del proyecto de Ciencia, Tecnología e Innovación financiado con Sistema General de Regalías, denominado “Mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de sistemas de alimentación y aseguramiento de calidad e inocuidad de leche en el trópico alto del departamento de Nariño”, identificado con el código BPIN n.º 2013000100279.

### Autores

Juan Leonardo Cardona Iglesias  
Edwin Castro Rincón  
Carolina Guatusmal Gelpud  
Martín Valenzuela Chirán  
Lina Marcela Ríos Peña  
María Fernanda Urbano Estrada

### Gobernación de Nariño

Jhon Alexander Rojas Cabrera  
GOBERNADOR DE NARIÑO

### Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Jairo Arley Chamorro Ger  
SECRETARIO DE AGRICULTURA

### Colección Alianzas AGROSAVIA

Tipología: Manual

### Dirección editorial

Astrid Verónica Bermúdez Díaz

### Adecuación pedagógica

Nathalia Castañeda Aponte

### Diseño y diagramación

Mónica Cabiativa Daza

### Ilustración

Luz Patricia Colorado Correa

### Fotografías

Martín Valenzuela Chirán, Juan Leonardo Cardona Iglesias, Carolina Guatusmal Gelpud, Lina Marcela Ríos Peña, María Fernanda Urbano Estrada, Alcira Delgado, Pilar Eugenia Bucheli.

### Impresión

DGP Editores

DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405774>

**Citación sugerida:** Cardona Iglesias, J. L., Castro Rincón, E., Guatusmal Gelpud, C., Valenzuela Chirán, M., Ríos Peña, L. M., & Urbano Estrada, M. F. (2022).

*Especies arbustivas con potencial forrajero en el trópico altoandino. Manual para actores del sector agropecuario.* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Publicado en Mosquera, Cundinamarca

Primera edición, noviembre de 2022, 400 ejemplares

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

Línea de atención al cliente: 018000121515

[atencionalcliente@agrosavia.co](mailto:atencionalcliente@agrosavia.co)

[www.agrosavia.co](http://www.agrosavia.co)



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

## Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los productores, extensionistas, facilitadores, investigadores, a la comunidad académica, financiadores y demás actores que hicieron parte del proyecto de investigación *Mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de sistemas de alimentación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de leche en el trópico alto del departamento de Nariño*, desarrollado con recursos del Sistema General de Regalías (SGR), en alianza con la Sociedad de Agricultores y Ganaderos de Nariño (SAGAN), la Universidad de Nariño y la Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente de Nariño.



# Contenido

Presentación .....	6
Introducción.....	7
<b>1. Sistemas silvopastoriles: una opción para incrementar la eficiencia en la productividad ganadera y mitigar el cambio climático.....</b>	<b>10</b>
Árbol-forraje	16
Árbol-suelo	18
Árbol-animal	19
<b>2. El valor nutricional de una especie forrajera.....</b>	<b>20</b>
Consumo potencial de la especie por parte del animal	20
El porcentaje de digestibilidad y la utilización en el organismo del animal	21
Composición química	22
<b>3. Contribución de especies forrajeras leñosas en la disminución de gases efecto invernadero.....</b>	<b>27</b>
<b>4. Efecto de los metabolitos secundarios de algunas especies forrajeras sobre la producción de metano ruminal.....</b>	<b>29</b>
<b>5. Especies arbustivas con potencial forrajero en el trópico altoandino.....</b>	<b>31</b>
<b>6. Caracterización de cuatro especies forrajeras sobresalientes en el trópico alto de Nariño.....</b>	<b>33</b>
Botón de oro ( <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray)	33
Sauco ( <i>Sambucus nigra</i> L.)	39
Tilo ( <i>Sambucus nigra</i> subsp. <i>peruviana</i> (Kunth) Bolli)	47
Colla negra ( <i>Smallanthus pyramidalis</i> (Triana) H. Rob.)	54



<b>7. Establecimiento y manejo de especies arbustivas.....</b>	<b>60</b>
Propagación de especies arbustivas forrajeras	60
Propagación en vivero	64
<b>8. Diseños silvopastoriles en el trópico altoandino .....</b>	<b>69</b>
Bancos de proteína	69
Cortina rompevientos	74
Cercas vivas	75
Arreglos silvopastoriles con cercas vivas	76
Árboles dispersos en potreros	77
<b>9. Cálculo de la producción de biomasa en especies     arbóreas y arbustivas .....</b>	<b>78</b>
Cálculo del consumo de la forrajera	80
Cálculo de la producción de biomasa en banco forrajero	83
<b>10. Fertilización, manejo de plagas, arvenses y enfermedades .</b>	<b>90</b>
Biofertilizantes	90
Biofungicidas	93
Bioinsecticidas	94
<b>11. Costos de implementación de diseños silvopastoriles .....</b>	<b>96</b>
Para la propagación de plántulas	97
Para la implementación de banco forrajero mixto	98
Para la implementación de árboles dispersos	100
Para la implementación de seto perimetral	101
<b>12. Consideraciones finales.....</b>	<b>102</b>
<b>Glosario.....</b>	<b>103</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>107</b>



# Presentación

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), con la financiación del Sistema General de Regalías (SGR), en alianza con la Sociedad de Agricultores y Ganaderos de Nariño (SAGAN), la Universidad de Nariño y la Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente de Nariño, presenta este manual como resultado del macroproyecto *Mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de sistemas de alimentación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de leche en el trópico alto del departamento de Nariño*, cuyo objetivo principal fue investigar y transferir estrategias de mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de sistemas de alimentación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de la leche en el departamento de Nariño.

Este manual hace parte del objetivo número 2: *Desarrollar, implementar y evaluar sistemas de recuperación y manejo del suelo, de renovación de praderas degradadas y uso de sistemas silvopastoriles, que permitan recobrar su potencial productivo.*

Los sistemas ganaderos deben hacer una reconversión hacia sistemas más sostenibles en el tiempo, en los cuales se tenga en cuenta la interacción suelo-planta-animal-medioambiente. La variabilidad climática, cada vez más incidente en el trópico alto colombiano, provoca disminución y pérdida de la calidad nutricional del forraje que consumen los rumiantes. Por ello, es necesario empezar a incorporar, en los predios ganaderos, diseños sostenibles como los sistemas silvopastoriles (SSP), con especies forrajeras adaptadas al lugar, de alto valor nutritivo y con generación de servicios ambientales para la finca y la zona.

# Introducción

Este manual se pone a disposición de los productores, asistentes técnicos y demás actores del sector agropecuario, con el objetivo de incentivar el uso de especies forrajeras en fincas del trópico altoandino colombiano. En él, se incluyen resultados de investigaciones de campo derivados del macroproyecto mencionado en la presentación.

La relevancia de la **producción ganadera** en países tercermundistas radica en que cumple un papel fundamental en la **seguridad alimentaria** mundial y en la **generación de empleo e ingresos** para las familias rurales.



En Colombia, la producción ganadera supe la demanda interna de carne bovina en 98 % y la de leche de vaca en 95 %. Además, genera aproximadamente 810.000 empleos directos, que representan el 19 % del empleo en el sector agropecuario.

Sin embargo, debido al manejo técnico convencional y a efectos del cambio climático mundial, en los países en vías de desarrollo, la **ganadería**, como actividad económica, enfrenta grandes **cuestionamientos** debido a su **ineficiencia productiva** y a sus derivadas **repercusiones negativas sobre el medioambiente**, en algunos casos. Entre estas se destacan:

- El incremento paulatino en las tasas de deforestación.
- Los procesos de degradación de suelos.
- La fragmentación de los paisajes.
- Las pérdidas de biodiversidad.
- La contaminación de fuentes hídricas.
- La emisión de gases de efecto invernadero.

Ante este panorama, es importante considerar que la intensificación ganadera con adaptación al cambio climático requiere aplicar **principios de sostenibilidad**, como el desarrollo de **sistemas de manejo sostenibles**, para lo cual una de las alternativas son los **sistemas silvopastoriles (SSP)**. Estos **combinan** de forma simultánea **árboles o arbustos con herbáceas** (pastos y/o leguminosas), y la **presencia de animales domésticos** (principalmente bovinos, ovinos y caprinos).

Así, el establecimiento de diferentes arreglos silvopastoriles permite:

- Mejorar la producción ganadera en los diferentes agroecosistemas.
- Mitigar los efectos ambientales negativos generados por los sistemas tradicionales.
- Mejorar el bienestar de los animales.
- Incrementar la cantidad y calidad de carne y leche producida por hectárea.

En el **trópico altoandino de Nariño** y de Colombia, en general, existe un desconocimiento generalizado sobre el potencial de uso de especies forrajeras adaptadas a la zona, que podrían establecerse mediante diferentes diseños SSP.

Debido al potencial productivo y ambiental, sumado a su adaptación y a la resiliencia de especies como el botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray), el sauco (*Sambucus nigra* L.), el tilo (*Sambucus nigra* subsp. *peruviana*) y la colla negra (*Smilax pyramidalis*), el presente documento describe las **principales características** de estas especies, **su forma de uso y manejo**, así como los **principales diseños SSP** en los cuales el productor ganadero podría establecerlas.

Cabe resaltar que las especies forrajeras aquí descritas no son las únicas existentes y usadas en el trópico altoandino de Nariño, pero sí son las **más representativas de los sistemas ganaderos de la región**, según la caracterización realizada previamente. El botón de oro es una especie que viene siendo evaluada por AGROSAVIA, y aunque no es originaria del trópico andino, tiene una adaptación desde los 100 hasta 2.900 m s. n. m., presentando resultados de desarrollo, calidad nutricional y rendimientos óptimos.

Las especies descritas anteriormente han sido evaluadas durante varios años en el macroproyecto mencionado en la presentación de esta publicación; por ello, en este manual se incluyen algunos **resultados**, de los cuales se derivan **recomendaciones** basadas en la experiencia de los productores y los investigadores.





## Sistemas silvopastoriles:

una opción para incrementar la eficiencia en la productividad ganadera y mitigar el cambio climático

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son alternativas de producción pecuaria en las que, bajo un manejo integral, se combina la presencia e interacción de especies leñosas (árboles y arbustivas forrajeras), pasturas y animales en un mismo sistema.

El trópico altoandino posee unas **condiciones particulares** en las cuales se desarrolla la ganadería de leche en alta montaña, a partir de **razas bovinas y pasturas adaptadas** a las condiciones de estas ecorregiones. En estas zonas, generalmente, los productores reconocen algunas pasturas, pero aún es **bajo el conocimiento y uso de especies arbustivas forrajeras** como fuente de alimentación para el ganado.



Sistema silvopastoril con ramoneo de *T. diversifolia*, en trópico alto colombiano.

La adopción de los SSP por parte de los productores ganaderos en el trópico alto debe tener como objetivo el **mejoramiento de la oferta forrajera en cantidad y calidad para los animales** (bovinos, caprinos, ovinos, cuyes, etc.).

Además, dichos sistemas deben estar enfocados hacia la protección de fuentes hídricas, el mejoramiento de praderas degradadas, el bienestar animal, la generación de subproductos como la madera, la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI), entre otros **servicios ecosistémicos**.



Banco forrajero con botón de oro (*T. diversifolia*), colla negra (*S. pyramidalis*) y sauco (*S. nigra*) en el C. I. Obonuco, Pasto, Nariño.

El buen manejo de los forrajes es primordial para **mejorar la soberanía alimentaria y la calidad de vida de los productores ganaderos**. Como los sistemas ganaderos del trópico de altura requieren grandes transformaciones en el manejo nutricional de los hatos, la ganadería debe

considerarse un **sistema integrado**, con una utilización más eficiente de los recursos de la finca y la región.

Por eso, es importante la **diversificación de la oferta forrajera** con la implementación de especies adaptadas a la zona, que entre otras contribuyan a mejorar la alimentación animal, requieran pocos insumos para su mantenimiento y disminuyan los gases de efecto invernadero (GEI) como el metano (CH<sub>4</sub>).

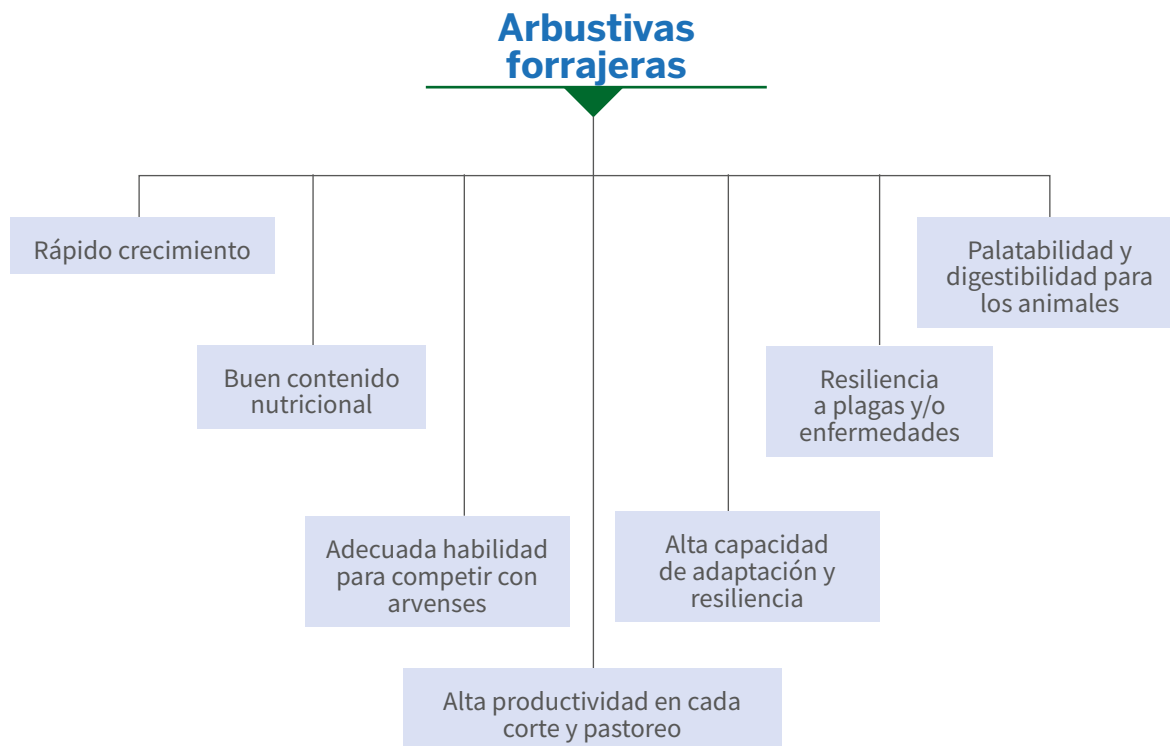


Los forrajes son la fuente nutricional más económica para alimentar al ganado y, así, obtener leche, derivados y crías al menor costo.

Las **arbustivas forrajeras** son especies que poseen un **crecimiento arbustivo** y cuyo forraje puede ser suministrado como **alimento para los animales**.

Estas deben poseer las siguientes características:





En los sistemas de producción ganadera, sobre todo en los de lechería especializada en trópico alto, adoptar sistemas basados en monocultivos con alta fertilización sintética puede generar **serios problemas ambientales**, como la degradación del suelo, la contaminación de aguas y las emisiones de gases de efecto invernadero, como el metano ( $\text{CH}_4$ ), el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

La ganadería en Colombia tiene gran potencial para acceder a mercados internacionales, los cuales, además de valorar la calidad del producto (carne, leche y/o genética), tienen en cuenta aspectos relacionados con las estrategias utilizadas para disminuir el impacto ambiental de los sistemas ganaderos.

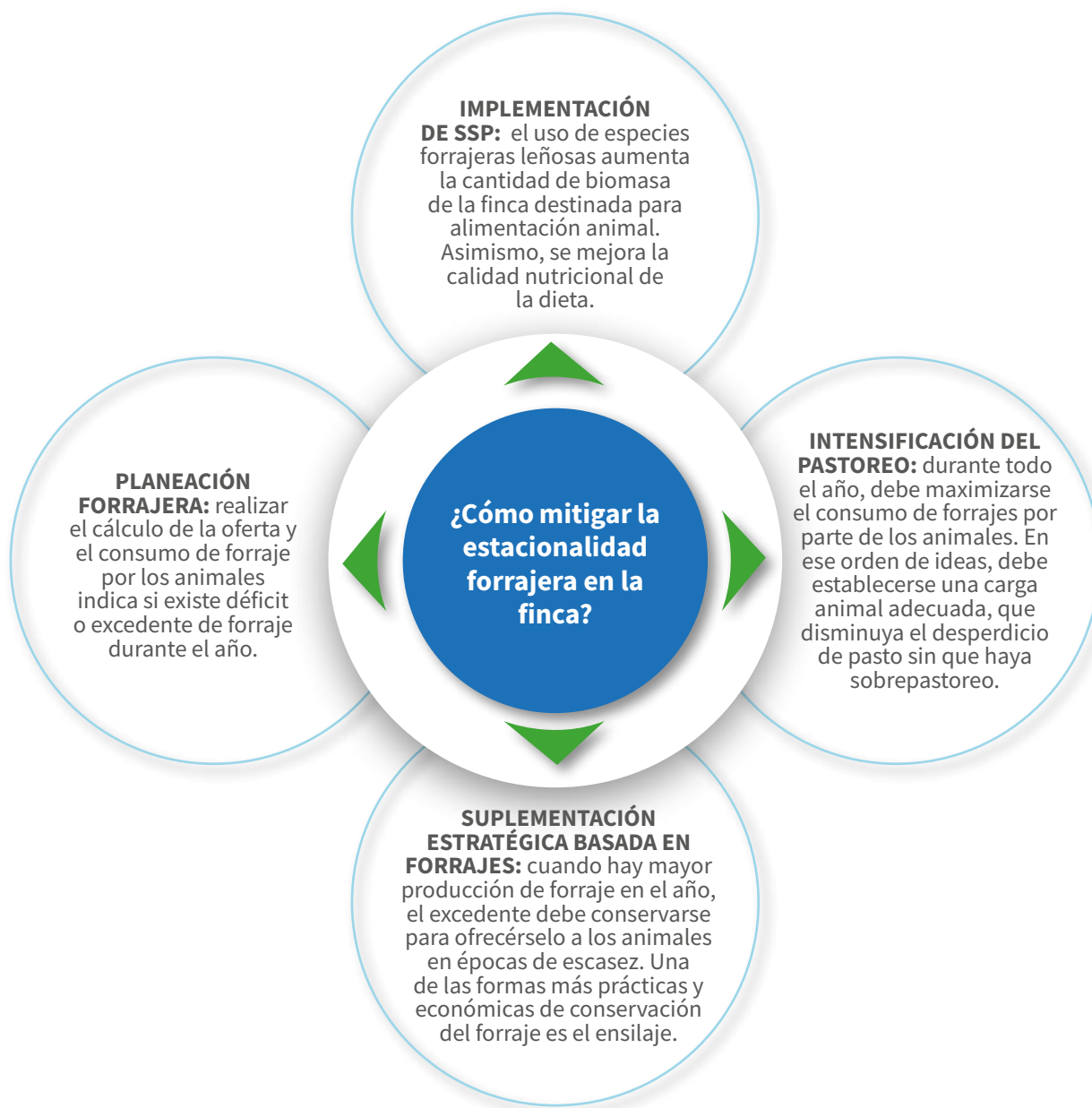


Uno de los **problemas** de los sistemas ganaderos del trópico basados en praderas es la **estacionalidad forrajera**, que es la **variación en la producción de forrajes y su calidad a lo largo del año**. La disponibilidad de forraje depende de las variaciones en la precipitación y la temperatura, por lo cual es preciso buscar **alternativas de alimentación** con forrajes de buena calidad, que puedan suplir las necesidades de alimentación en épocas de escasez.

Se recomienda realizar **suplementación estratégica** para mantener cargas animales estables en la época de baja oferta de pasturas, así como la **introducción y selección de especies forrajeras** (arbustivas, gramíneas y leguminosas) **con alto potencial** de producción, calidad, persistencia y adaptación a las más diversas condiciones climáticas y edáficas del trópico.



Sistema ganadero lechero tradicional del trópico alto de Nariño. Época de sequía y baja oferta de forrajes en el municipio de Cumbal.



Estrategias para mitigar la estacionalidad forrajera en sistemas ganaderos bovinos.

En ese orden de ideas, las **especies forrajeras leñosas** han sido probadas con éxito en los sistemas ganaderos, contribuyendo al mejoramiento sostenible de la productividad por medio de interacciones benéficas entre los componentes del sistema, como son:



## Árbol-forraje



Interacción árbol-forraje; efecto benéfico sobre la pastura. Fuente hídrica. C. I. Obonuco.

Algunos árboles y arbustos leguminosos de trópico alto, como acacia (*Acacia* sp.), aliso (*Alnus acuminata*) y sauco (*S. nigra*), tienen la capacidad, por medio de su raíz, de capturar nitrógeno libre en el medioambiente e introducirlo en la planta, el cual es utilizado para **formar compuestos nitrogenados y proteínas, vitales en su crecimiento.**

Generalmente, en los sistemas productivos lecheros, se hace la inclusión de altas dosis de nitrógeno con el fin de aumentar la productividad de pasturas para la alimentación animal. Esa **inadecuada dosificación** lleva a una **pérdida económica** en cuanto al uso de fertilizantes y genera **impacto ambiental al contaminar aguas superficiales y subterráneas.**

Gracias a la profundidad, conformación y distribución de las raíces de algunos árboles como el aliso (*A. acuminata*), se facilita el **aprovechamiento de nutrientes en la superficie del suelo**, siendo a su vez utilizado por los pastos para satisfacer las demandas de nutrientes que exige su crecimiento. Además, la descomposición de material vegetal de arbustos o árboles (ramas y hojas) aporta **materia orgánica aprovechable** por las forrajeras a su alrededor, permitiendo **disminuir la fertilización aplicada** comúnmente para el desarrollo de los pastos.



Los árboles aportan hojarasca para ser descompuesta por los microorganismos del suelo, obteniendo materia orgánica de óptima calidad. C. I. Obonuco.

La **sombra de los árboles** sobre los animales puede llegar a bajar la temperatura entre 2 y 9 °C, comparándola cuando hay incidencia directa de la luz solar. También, permite la **protección del suelo**, evitando su degradación, mejorando la retención de humedad y aumentando la cantidad de forraje y la captura de gases de efecto invernadero. Esta sombra ayuda a conservar **pasturas uniformes** y a **disminuir el crecimiento de especies** arbóreas y arvenses **que compiten por nutrientes y espacio**.

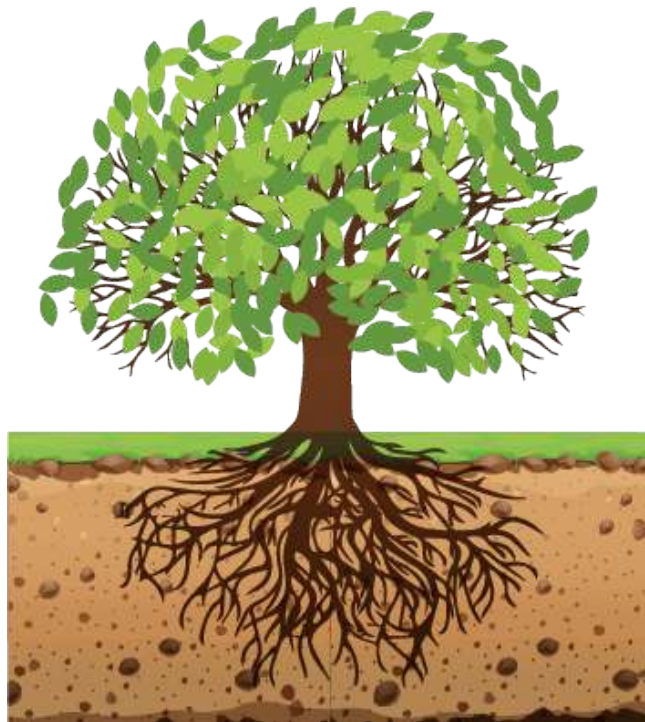


Sombrío de *Alnus acuminata* en sistema silvopastoril de franjas en contorno, en C. I. Obonuco.

## Árbol-suelo

El **sistema radicular** presente en árboles y arbustos le brinda muchos beneficios al suelo, pues le permite distribuir e incluir **nutrientes** debido a su aporte en materia orgánica. Los árboles ayudan a **controlar la erosión y la compactación**, permitiendo la **recirculación del aire** en el suelo, del cual reciben nutrientes y que se convierte en su medio de soporte.

Los árboles y arbustos **protegen el suelo de la radiación solar directa** gracias a la sombra que generan. A la vez, **permiten la regeneración y mantenimiento de pasturas**, las cuales forman una segunda barrera de protección, además de la sombra, ayudando al final a la **multiplicación de microorganismos** del suelo que contribuyen al reciclaje de nutrientes.



Las raíces de los árboles ayudan a descompactar el suelo, sirven de anclaje para evitar la erosión y son el medio más importante de captación de nutrientes.

## Árbol-animal

La **calidad composicional** de las especies arbóreas les permite a los animales **suplir gran parte de las necesidades nutricionales**, mediante el consumo del forraje de la planta. Además, al tener un mayor tamaño, los arbustos se convierten en una **fuentes de protección** contra corrientes de viento, rayos solares excesivos o lluvias fuertes.

Los animales, a la vez, aportan **materia orgánica** por medio de heces y estimulan el crecimiento y la formación de la planta por medio del **pastoreo**. Sin embargo, cuando no se determina una adecuada carga animal en los potreros que incorporan forrajeras, generalmente, se evidencia compactación del suelo por **sobrepastoreo y daño mecánico** de las especies forrajeras y arbustivas, lo que reduce su tasa de crecimiento.





2

## El valor nutricional de una especie forrajera

El valor nutricional de las especies arbustivas forrajeras establecidas en los sistemas ganaderos es fundamental para potencializar y mejorar la producción y la calidad composicional de la leche, obtener mejores ganancias de peso, mejorar la reproducción y la salud animal.

El **valor nutricional** de una especie arbustiva forrajera puede determinarse por diferentes aspectos.

### Consumo potencial de la especie por parte del animal

El **consumo voluntario** de la forrajera por parte del animal (sea por ramoneo directo, corte y acarreo o suministrada como ensilaje) indica aceptación; es decir, señala que la especie **es palatable (gustosa)** para el animal.



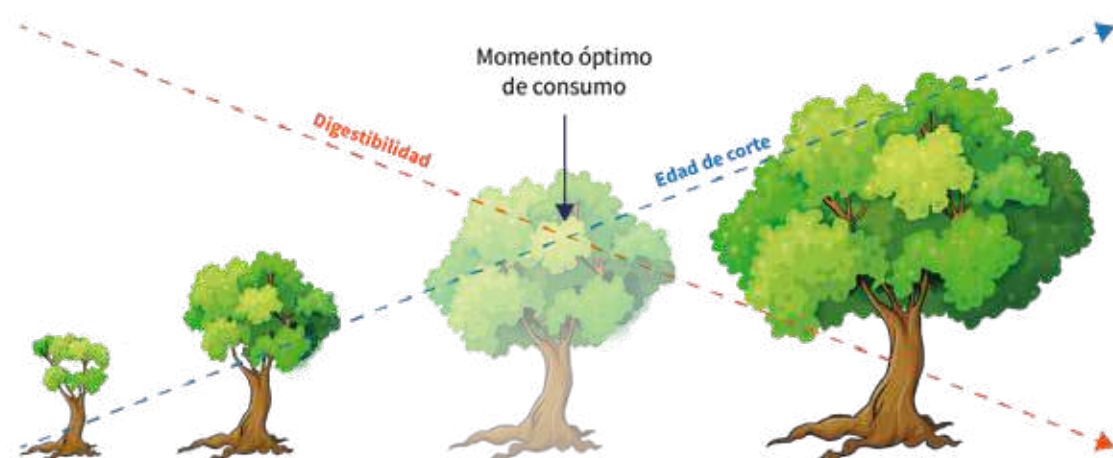
La buena palatabilidad permite el ramoneo de especies arbustivas como el sauco (*S. nigra*), en el C. I. Obonuco, supliendo así parte de sus necesidades nutricionales.



## El porcentaje de digestibilidad y la utilización en el organismo del animal

La **digestibilidad** de una forrajera es muy importante para determinar el valor nutritivo de la especie. Una **alta digestibilidad** indica que la mayor parte de los **nutrientes** del forraje que el animal consume **no serán excretados** en forma de heces, sino que serán utilizados como fuente de energía, formación de tejidos y de productos como la leche.

La digestibilidad promedio en especies como botón de oro, sauco, tilo y colla negra oscila generalmente por encima del 80 %. Una digestibilidad se considera **aceptable** en recursos alimenticios con destino a la alimentación animal cuando es mayor al 60 %.



Relación de la digestibilidad con la edad de corte.

A mayor edad disminuye el porcentaje de digestibilidad de las forrajeras, debido al aumento del nivel de fibra en la planta. Por eso, es importante conocer la edad óptima de corte o ramoneo de cada especie utilizada.



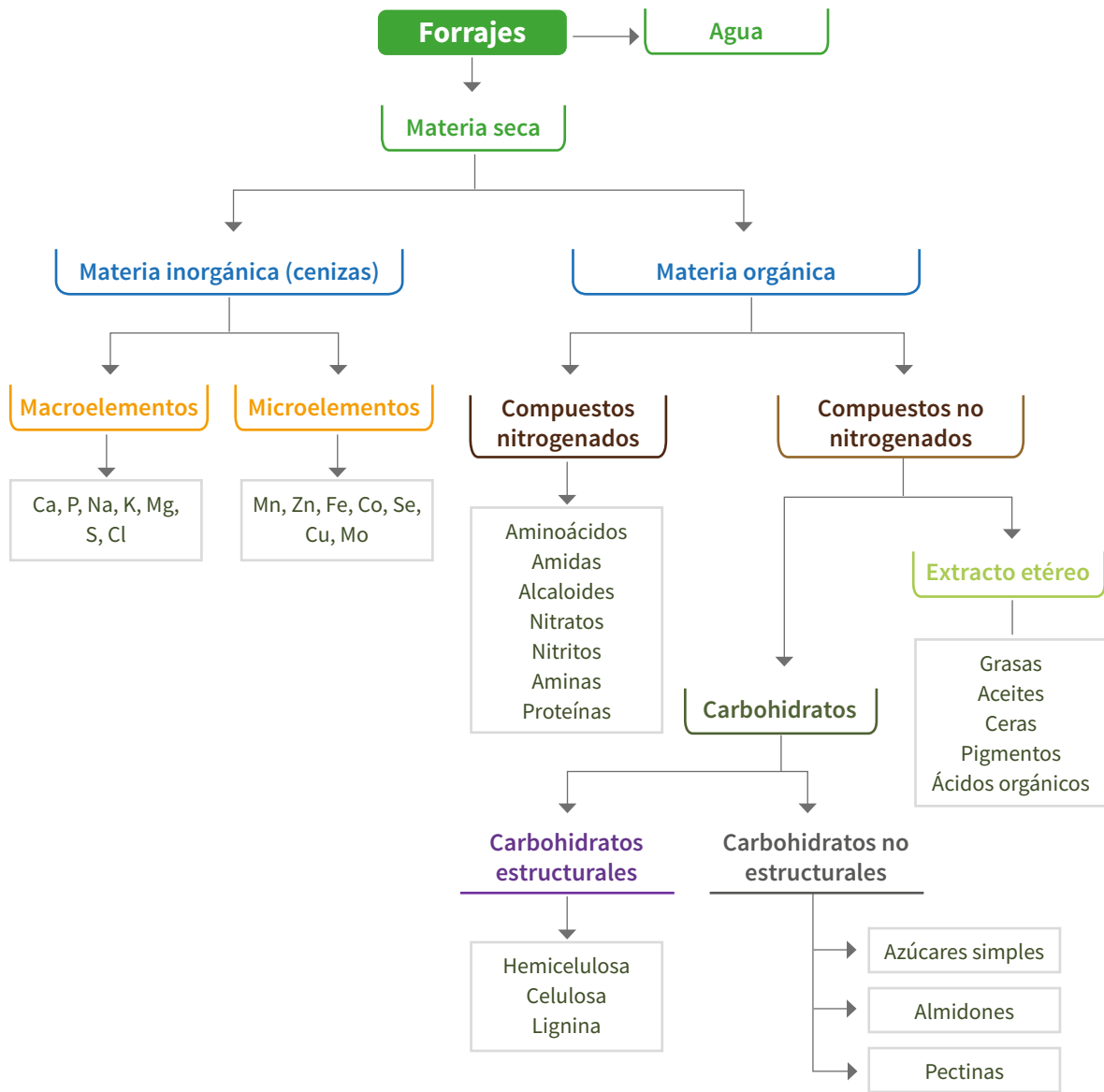
## Composición química

La **calidad o composición química** se refiere a la **cantidad de nutrientes orgánicos y minerales presentes en el forraje**. Se determina a través de un **análisis bromatológico**, realizado en laboratorio.

El forraje de las arbustivas forrajeras está constituido por **dos grandes fracciones: el agua y la materia seca (MS)**. En la segunda, están contenidos los **nutrientes** (proteínas, lípidos o grasas, carbohidratos, minerales, vitaminas, etc.).



Determinación de materia seca (MS) del forraje de botón de oro (*T. diversifolia*) y colla negra (*S. pyramidalis*), presecado y secado en horno.



Fraccionamiento del contenido nutricional de un forraje.

Dentro del contenido de materia seca, se encuentran las materias **orgánica e inorgánica**. La materia **inorgánica** se refiere al contenido de **minerales** presentes en el forraje y la **orgánica**, a todos los demás nutrientes, que son:

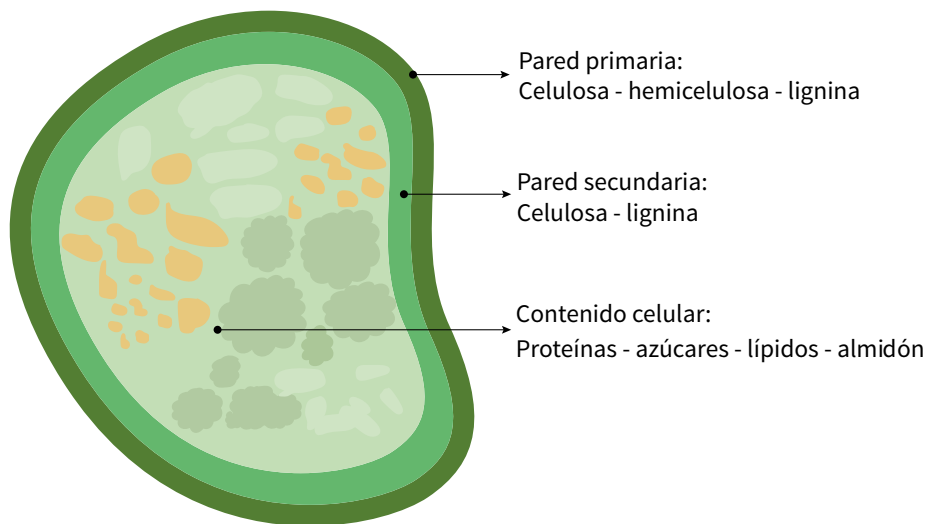
- **Proteínas:** tienen nitrógeno en su estructura; son las encargadas de la formación de tejidos para el **crecimiento**, la **formación del feto**, las **ganancias de peso**, la **proteína en leche** y el **aumento de las defensas** en el animal. Las forrajeras de trópico alto se caracterizan por tener contenidos altos de esta fracción, entre 18 y 26 % de la MS, y este contenido puede aumentar con el nivel de fertilización.
- **Energía bruta (EB):** el valor energético es uno de los principales criterios para determinar el valor nutricional y económico de un recurso alimenticio. La EB es un indicador del **valor energético** de un forraje; entre más alto sea este valor, indica que en la muestra existe mayor proporción de lípidos, carbohidratos y proteínas. Generalmente, se expresa en kilocalorías o megacalorías por cada kilogramo de materia seca (al igual que la ENL).
- **Energía neta de lactancia (ENL):** estima el valor energético de una forrajera para **potencializar la producción de leche**. Entre más alto sea este valor en una forrajera, se podría pensar que aumentaría la producción de leche en vacas lecheras. En forrajeras como el sauco, a los 75 días se encuentra ENL en valores promedios de 1,7 megacalorías por cada kilogramo de materia seca, mayor que en pastos como el kikuyo, que a los 45 días oscila entre 0,9 y 1,4 megacalorías por cada kilogramo de materia seca.
- **Carbohidratos:** son la **mayor fuente de energía** de los forrajes. Se trata de estructuras formadas por azúcares que, según el tipo de unión entre sus moléculas, pueden ser carbohidratos estructurales o solubles.
  - » **Carbohidratos estructurales:** al realizar el análisis químico de un forraje (laboratorio), la fibra se divide en dos fracciones: fibra detergente neutra (**FDN**) y la fibra detergente ácida (**FDA**). Tienen una conformación más compleja que los no estructurales (solubles).



Forman la pared celular de los forrajes, encargada de dar **estabilidad y vigor** para el crecimiento erecto de la planta. La fracción FDN está constituida por los carbohidratos celulosa, hemicelulosa y lignina (conocida como pared primaria), mientras que la FDA, por celulosa y lignina (conocida como pared secundaria). La celulosa y la hemicelulosa son aprovechadas por el rumiante, mientras que la lignina es un compuesto indigerible que se excreta en las heces. A mayor edad del forraje, tiene mayor contenido de lignina y menor digestibilidad del material.

- » **Carbohidratos solubles:** sus enlaces de azúcares son más simples. Se encuentran generalmente dentro de las células del forraje. Entre ellos están azúcares simples, almidones y pectinas.

Los componentes de la pared celular (primaria y secundaria) van aumentando a medida que la planta crece, dándole **estabilidad** para un crecimiento erecto. Sobre todo, en gramíneas como los pastos y algunos cereales forrajeros, la pared celular aumenta drásticamente con la edad, haciendo que el forraje pierda calidad nutricional y sea menos palatable para el animal.



Célula de un forraje y componentes de la pared celular.

- **Grasas:** conocidas también como lípidos o extracto etéreo, son **fuentes energéticas** para el animal. En general, las forrajeras leñosas se caracterizan por tener medios y bajos contenidos de esta fracción (en promedio 3 % de la MS), debido a que en los forrajes, los lípidos se encuentran sobre todo como galactolípidos, es decir, como moléculas de grasa unidas a azúcares, y no como triglicéridos, que son las grasas más comunes presentes en las semillas de cereales y oleaginosas (soya, linaza, girasol).
- **Minerales:** fracción inorgánica constituida por calcio, fósforo, potasio, magnesio, sílice, etc., que cumple funciones de **formación de estructuras óseas, regulación del movimiento muscular, latidos del corazón** y **balance hídrico** en el organismo animal, entre otras. El contenido de minerales en los forrajes es muy variable, pues depende de las especies de plantas, tipo y propiedades del suelo, cantidad y distribución de la precipitación, y las prácticas de manejo del sistema suelo-planta-animal. Forrajeras como el botón de oro contienen niveles de calcio y fósforo por encima de lo encontrado en pasturas tradicionales como el kikuyo o el raigrás.
- **Vitaminas:** son moléculas que se encuentran, sobre todo, en el follaje de las forrajeras. Son **esenciales para la salud**, aunque el animal las necesita en dosis pequeñas. Cumplen un papel importante a nivel de **regulación de funciones, prevención de enfermedades** y **aumento de la productividad**. Se dividen en vitaminas del complejo B, llamadas hidrosolubles (B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12 y la C), y las liposolubles (A, D, E, K).



3

## Contribución de especies forrajeras leñosas en la disminución de gases de efecto invernadero

La utilización de árboles y arbustos como colaboradores en la fermentación ruminal, con la finalidad de reducir la producción de metano, podría llegar a ser un enfoque promisorio para la ganadería bovina mundial.



La mayor proporción de las emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) en bovinos se da a través del eructo. La síntesis de metano se realiza mayoritariamente en el rumen y constituye una pérdida energética para el animal (GEI).



Se han identificado plantas que tienen **propiedades antimetánogénicas**, debido a que poseen compuestos como los taninos y las saponinas, los cuales están presentes en diversas especies de forrajes y forrajeras arbustivas que pueden incluirse en la alimentación de los rumiantes, y cuyo establecimiento y manejo no requieren de grandes inversiones económicas.

En la actualidad, existe un interés por el estudio, validación y uso de los llamados **metabolitos secundarios de las plantas (MSP)**, ya que estos representan una alternativa natural para **disminuir los aditivos químicos**, cuyos residuos pueden alcanzar los alimentos de origen animal.

La mayoría de los MSP conocidos se encuentra en especies forrajeras de uso tradicional; por lo tanto, al diversificar los sistemas de pastoreo, podría aumentarse el consumo de algunos MSP por parte de los rumiantes.





## 4

# Efecto de los metabolitos secundarios de algunas especies forrajeras sobre la producción de metano ruminal

Prácticamente, todas las plantas producen diversos compuestos biológicos que son clasificados como metabolitos o compuestos primarios y secundarios. Los primarios son esenciales para el crecimiento y la reproducción de las plantas. A su vez, los metabolitos secundarios (MSP) constituyen el principal mecanismo de defensa ante la presencia de depredadores.

Tanto los metabolitos primarios como los secundarios **varían según la especie vegetal**, la edad de la planta y los factores climáticos como inviernos o fuertes sequías. Existe gran variedad de metabolitos secundarios, los cuales se clasifican de acuerdo a las sustancias químicas que los constituyen.

Los más relacionados con la **disminución de metano a nivel ruminal son los taninos y las saponinas**. Al ser ingeridos por el animal en una proporción adecuada, estos causan a nivel ruminal una **reducción de los microorganismos que producen metano**. Al disminuir la cantidad de metanógenos, directamente disminuye la síntesis de metano en rumen y su posterior emisión al medioambiente.





Arbustos forrajeros como el botón de oro (*T. diversifolia*) sirven como estrategia nutricional para mitigar la producción de metano entérico debido a la presencia de metabolitos secundarios como los taninos y las saponinas.



El botón de oro (*T. diversifolia*), especie que se destaca por su alta calidad nutricional y la presencia de niveles moderados de metabolitos secundarios, es un forraje con bondades para disminuir el impacto ambiental por concepto de emisión de GEI.

La **producción de metano** en el rumen de bovinos, ovinos y caprinos como producto de la fermentación del alimento es un proceso que **no puede evitarse**, debido a que hace parte del proceso digestivo de los rumiantes. Sin embargo, sí puede **disminuirse su producción** y la de otros gases a nivel ruminal mediante **estrategias nutricionales**, como la inclusión de forrajeras en la dieta que contengan metabolitos secundarios como taninos y saponinas.



## Especies arbustivas con potencial forrajero en el trópico altoandino

Los árboles y arbustos forrajeros, también conocidos como especies multipropósito, tienen un gran potencial en todos los trópicos del mundo debido a sus múltiples ventajas como fuente de alimentación para el ganado, mejoradores del suelo y del ambiente.

Para la incorporación de arbustivas forrajeras en sistemas ganaderos, existen diferentes **diseños o arreglos silvopastoriles**, en los cuales pueden ir establecidas estas especies. En algunos pueden establecerse dos, tres o más estratos, los cuales pueden incluir especies arbustivas y/o arbóreas seleccionadas según el objetivo del productor (producción de forraje, leña y madera, sombrío, barrera viva). Para garantizar la durabilidad del sistema, debe tenerse en cuenta la densidad de siembra y el manejo de las especies.



Principales especies forrajeras arbustivas con potencial para alimentación animal en el trópico altoandino de Nariño

Especies con potencial forrajero en el trópico altoandino.

Entre los arreglos silvopastoriles más utilizados que incorporan forrajeras arbustivas en trópico alto se encuentran:



- Bancos forrajeros (simples o mixtos)
- Cortinas rompevientos y cercas vivas
- Forrajeras para ramoneo directo
- Árboles dispersos en potreros



## Caracterización de cuatro especies forrajeras sobresalientes en el trópico alto de Nariño

En el trópico altoandino nariñense, se encuentran varias especies que cumplen con las características anteriormente descritas, por lo cual es importante generar información para el productor a partir de su caracterización e investigación.

A continuación, se presentan detalladamente **cuatro especies arbóreas-arbustivas**: botón de oro (*T. diversifolia*), sauco (*S. nigra*), tilo (*S. nigra* subsp. *peruviana*) y colla negra (*S. pyramidalis*), que fueron objeto de estudio en el C. I. Obonuco.

### Botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray)

El botón de oro es una especie herbácea con un **elevado potencial forrajero** para el trópico alto nariñense, debido a su:

- fácil adaptación
- resistencia al corte y pastoreo
- buena capacidad de rebrote
- poca exigencia en suelos
- gran cantidad producida de biomasa
- alto valor nutricional

Esta especie, perteneciente a la familia *Asteraceae*, **originaria de Centroamérica**, específicamente de México, puede alcanzar alturas de 5 m. Se distingue por sus sobresalientes flores de color amarillo y sus hojas simples, alternas.

### Clasificación taxonómica

#### Arbusto de *T. diversifolia*, C. I. Obonuco

Reino	Plantae
División	Spermatophyta
Clase	Dicotiledoneae
Subclase	Metaclamídeas
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Género	Tithonia
Epíteto	Diversifolia
Especie	<i>Tithonia diversifolia</i>
Autor	(Hemsl.) A. Gray



### Requerimientos edafoclimáticos

Se encuentra desde el nivel del mar hasta los 2.500 metros de altitud, con precipitaciones anuales entre 800 y 5.000 mm, en diferentes tipos de suelo. Tolera condiciones de acidez, de baja fertilidad y soporta medianamente la sombra.

### Morfología

#### Tallo

Posee un tallo **erecto y ramificado**. Sus ramas tiernas permanecen cubiertas de vellosidades, las cuales se pierden con la edad.



Tallo joven de *T. diversifolia*, donde se observan las vellosidades características de los estadios iniciales de la especie.

### Hojas

Las hojas son alternas, de 7 a 20 cm de largo por 4 a 20 cm de ancho, aproximadamente, con un ápice puntiagudo, divididas en tres a cinco lóbulos, con muchos **vellos en el envés**, con dientes redondeados en el margen.



Hoja de *T. diversifolia* en C. I. Obonuco, donde se observan las divisiones marcadas de la hoja simple.

### Raíz

La forma de la raíz tiene por funciones principales la **absorción de nutrientes**, su **almacenamiento** y el **anclaje de la planta al suelo**.

El tipo de raíz varía dependiendo de la forma de propagación de la planta, siendo profunda cuando es a través de semillas, y adventicia cuando es por estacas.



Raíz principal de *T. diversifolia* con finas y numerosas ramificaciones secundarias. C.I. Obonuco.



Flor de *T. diversifolia* de color amarillo brillante, muy vistosa y tipo margarita. C. I. Obonuco.

### Flores

*T. diversifolia* dispone de inflorescencias de **color amarillo brillantes o anaranjadas** de aproximadamente 3 a 6 cm de largo.

### Fruto

El fruto es **seco**, contiene **una sola semilla**, es más largo que ancho, de hasta 6 mm de largo, y está cubierto de pelillos recostados sobre su superficie.

### Semilla

La semilla es pequeña, liviana, numerosa, con un diámetro aproximado de 2,9 mm, y generalmente presenta **baja viabilidad para su propagación**.



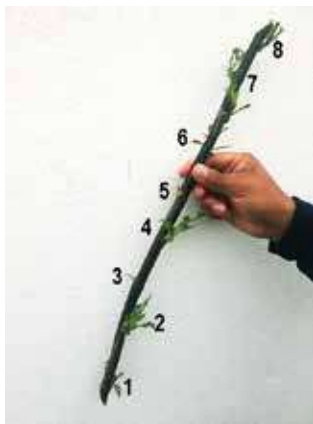
Fruto seco de *T. diversifolia*. C. I. Obonuco.



Cabezuela y semillas de *T. diversifolia*. C. I. Obonuco.

## Propagación

Asexual	Sexual
<p>Se utilizan tallos de aproximadamente 50 cm de longitud, de 2 a 3,5 cm de diámetro, que posean de 5 a 7 yemas.</p> <p>El corte del tallo se realiza en diagonal, descartando el tercio inferior leñoso y el superior blando y delgado de la misma rama, y se siembran de manera horizontal o inclinada, sin cubrirlos.</p>	<p>Por semillas de plantas adultas (de más de 4 meses de edad), luego de la floración.</p> <p>Las estacas de botón de oro pueden sembrarse en bolsas de polietileno y mantenerlas en un vivero hasta que tengan un buen vigor, con más de 4 hojas desarrolladas completamente, o de forma directa en el suelo, donde son enterradas a una profundidad de entre 20 y 30 cm, en un ángulo de 45° respecto al corte diagonal.</p>



Estaca de botón de oro con 8 yemas o puntos de rebrote.

## Distancias de siembra

Las distancias de siembra pueden variar:

- 0,75 m x 0,5 m
- 1 m x 0,75 m
- 1 m x 0,5 m

## Podas

Se recomienda realizar la **primera poda de formación antes del primer pastoreo**, cuando la planta ha alcanzado una altura entre los 0,40 y 1 m, dependiendo del estado de desarrollo de la *T. diversifolia*.

Los **cortes** deben ser siempre en **forma diagonal** y en dirección **de abajo hacia arriba**, durante las horas más frescas del día y nunca durante periodos de sequía muy largos. La frecuencia y altura de las podas dependen de la presión de pastoreo y del comportamiento productivo de la pastura.

## Usos

Componente	Unidad	Edad de corte (días)		
		45	60	75
Biomasa (por arbusto)	kg	0,76	2,1	3,7
Materia seca (MS)	%Alimento	11,7	12,9	13
Proteína cruda (PC)	%MS	28,1	27,2	23
Fibra detergente neutro (FDN)	%MS	31,3	33,1	37
Fibra detergente ácido (FDA)	%MS	14	14,9	18
Hemicelulosa	%MS	17,3	18,2	19
Lignina	%MS	1,57	1,68	3
Extracto etéreo (EE)	%MS	1,9	1,88	1,9
Energía bruta (EB)	Mkal.kg <sup>-1</sup> MS	4,14	4,15	4,1
Energía neta de lactancia (ENL)	Mkal.kg <sup>-1</sup> MS	1,62	1,6	1,5
Cenizas	g/kg MS	15,2	14,7	14
Calcio (C)	g/kg MS	1,71	1,39	1,4
Fósforo (P)	g/kg MS	0,36	0,35	0,3
Taninos totales	g.kg <sup>-1</sup> MS	4,54	4,88	5,07
Saponinas	g.kg <sup>-1</sup> MS	6,7	9,61	8,9

Composición bromatológica de botón de oro a tres edades de corte, evaluada mediante la técnica de espectroscopia de reflectancia en infrarrojo cercano (NIRS). C. I. Obonuco, Pasto, Nariño.

El botón de oro es una especie forrajera de **alto valor nutricional** en cuanto a contenido de **proteína, fibra y digestibilidad**. Comúnmente, se utiliza en la alimentación animal, especialmente en épocas de escasez de pasturas, ya que puede ser suministrado como **forraje de corte** o para **ramoneo**. Generalmente, puede encontrarse en sistemas silvopastoriles como **cercas vivas** y **bancos de proteína**.

También, es utilizado en **apicultura**, gracias a sus llamativas **flores amarillas**, que atraen las colmenas hacia el **néctar y el polen** que producen. Adicionalmente, se emplea como una especie **ornamental** y proporciona

beneficios ambientales, como protección de las fuentes de agua y conservación de la diversidad biológica, atrayendo insectos benéficos y mejorando el contenido de nutrientes del suelo si se aprovecha como abono verde.

## Sauco (*Sambucus nigra* L.)

El sauco es un arbusto de gran importancia en los sistemas de producción ganadera del trópico alto, principalmente por su **fácil adaptación, propagación, alta capacidad de rebrote y el mejoramiento del microclima** donde se establece.

En diversas zonas, se ha utilizado para el **consumo animal por ramoneo** o para **protección en sistemas de cortinas rompevientos**.

Su composición nutricional lo hace **ideal para la alimentación bovina**, complementando las pasturas ofrecidas en las praderas o como alternativa de alimentación en las épocas de escasez (verano).

El sauco es una especie arbustiva distribuida en Europa, Asia y África. A América fue traído en el siglo XVI desde España, donde está propagada ampliamente, adaptada desde zonas muy bajas, llegando a condiciones de trópico alto. En **América**, se encuentra en zonas húmedas o secas de Perú, Argentina, Paraguay, Bolivia, Panamá, Costa Rica, México y Ecuador.

En Colombia, el sauco está presente en los departamentos de Boyacá, Caldas, Putumayo, Quindío, Antioquia, Cauca, Cundinamarca, Valle del Cauca, Nariño, Amazonas y Huila, entre los 1.400 y 2.600 m s. n. m.



## Clasificación taxonómica

### Sauco (*S. nigra*), C. I. Obonuco

Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Superorden	Asteranae
Orden	Dipsacales
Familia	Caprifoliaceae
Género	<i>Sambucus L.</i>



El sauco (*S. nigra*) se caracteriza por su color verde oscuro, hojas grandes, numerosas ramificaciones y floraciones grandes, mostrando buena adaptación en el C. I. Obonuco, en el cerco multiestrato para la protección de fuente hídrica.

## Requerimientos edafoclimáticos

La adaptación del sauco varía desde los 1.400 a los 2.600 m s. n. m., aunque otros estudios reportan adaptaciones de la especie hasta los 3.000 m s. n. m. en la zona de vida del bosque húmedo montano bajo.

Puede adaptarse a **suelos con poca fertilidad y alta compactación**; pero las condiciones ideales son suelos con buena humedad, descompactados, con acidez moderada y precipitaciones entre 1.000 y 2.000 mm por año.

Es una especie que requiere **constante exposición a radiación solar**, resiste **suelos con buen drenaje y alta cantidad de rocas**.

## Morfología

### Tallo

**Tipo aéreo** con alturas entre 5 y 20 m, y diámetro de 20 a 60 cm, con **ramificaciones desde la base**, dando copas bajas, con formas redondas y densas, y **madera blanda** de color verde blanquecina.

Arbusto de crecimiento **rápido, erecto, perenne, corteza rugosa con presencia de poros y pequeñas protuberancias de color café** que cumplen con la función de respiración. La coloración varía entre el verde (tallos juveniles) y el gris marrón.



En el estado juvenil del tallo de *S. nigra* (izquierda), principalmente en las partes más altas, se encuentran lenticelas de color blanco que contribuyen a la fotosíntesis. En tallos maduros (derecha), se presentan nudos, donde suelen salir yemas aptas para la propagación por estaca. C. I. Obonuco.

## Hojas

Compuestas con borde en forma de sierra, 9 folíolos ovalados de color verde por el haz y envés verde grisáceo. **Producción abundante de follaje**, alto rebrote aun con podas fuertes.

El *S. nigra* tiene hojas de tipo compuesta de forma alterna (un folíolo frente a otro para los casos 4-2, 5-1 y 7-6). En la imagen se aprecian 7 folíolos u hojas pequeñas (aunque son 9 generalmente) que componen una hoja verdadera. C. I. Obonuco.



## Raíz

Poco profunda, de crecimiento vertical y ramificada, que permite el **sostenimiento de la planta**.



Raíz de *S. nigra*. C. I. Obonuco.

## Flor

Color blanco a crema, dispuesta en racimos de forma abundante. Alcanza hasta 15 cm de longitud, de **forma semierecta y colgante**. Tiene forma ovalada con cinco estambres cortos, desprendidos de su centro y dirigidos hacia atrás, con antenas ligeramente amarillas. Los pétalos, unidos entre sí, forman **una sola corola**.



Flor de *S. nigra*. C. I. Obonuco.

## Fruto

Ubicado en racimos. Es **caroso, de forma redondeada**, al igual que la semilla. Su longitud va de 5 a 8 mm y su ancho, de 4 a 5 mm. En su punto de madurez, el color es **morado oscuro a negro**, dándose la floración y fructificación entre los meses de mayo y agosto. La semilla tiene de 3 a 3,5 mm de longitud y 1 a 2 mm de ancho.



Fruto de *S. nigra*. C. I. Obonuco.

## Propagación

Sexual	Asexual
<p>Hacer tratamientos de pregerminación ayuda a las semillas a nacer más rápido, disminuyendo el tiempo de inactividad y aumentando el porcentaje de plantas germinadas. Algunos son:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Pregerminación mecánica:</b> el grosor de la cubierta de algunas semillas no permite el contacto con agentes del exterior, como luz y agua, para estimular la germinación, debiendo debilitarla en este caso con el raspado mecánico (lijas, contra superficies, grava, sumergiendo la semilla en agua a diferentes temperaturas o quebrando mediante un golpe). Esto aumenta la germinación en 81 %.</li><li>• <b>Escarificación química:</b> inmersión de las semillas en ácido sulfúrico entre 15 minutos y 2 horas (según la especie a la cual se le realiza el tratamiento). La preparación debe realizarse en un recipiente que resista la acción del ácido sulfúrico y mezclarse para permitir una acción uniforme sobre la semilla. Al cumplirse el tiempo en el que actúa el ácido (dependiendo de la especie), se debe lavar con abundante agua .</li></ul>	<p>Se propaga fácilmente por medio de estacas en estado maduro o semileñoso con longitud de 10 a 15 cm y entre 2 a 4 nudos. El tamaño óptimo para la germinación de estacas de sauco es de 20 a 30 cm de largo y 2 cm de diámetro, cuando se presenta menor cantidad de follaje en la planta.</p> <p>Desde el corte hasta la siembra de las estacas, es importante mantener la hidratación y una temperatura baja, recomendando sumergirlas en agua o en toallas húmedas para evitar la descomposición de la planta (3 a 10 °C).</p>  <p>Estaca apta para la propagación de <i>S. nigra</i>. Tiene dos yemas de rebrote y pequeños puntos en su tallo (lenticelas), las cuales, ante la ausencia de hojas, ayudarán al proceso de fotosíntesis para la formación de nutrientes que contribuyan a la generación de la nueva planta. Banco forrajero C. I. Obonuco.</p>

Para acelerar el proceso de enraizamiento, se utilizan productos como las **auxinas**, que estimulan y mantienen la dominancia de las yemas, aumentando el buen crecimiento de la planta, la distribución, el número y la calidad. La aplicación del producto a la estaca se puede hacer puro o **diluido en agua**, impregnando la estaca en su parte basal con la hormona momentos antes de la siembra en bolsa o tierra.

Se probaron diferentes posiciones de germinación de sauco, colocándolas de forma **horizontal**, y se obtuvo una germinación promedio del 53,8 % y 1,1 rebrotes, comparado con la germinación del 60,4 % y 1,5 rebrotes al ubicar los tallos de forma **vertical**.

## Calidad nutricional y usos

A continuación, se presenta la composición nutricional de *S. nigra* a diferentes edades de corte: 45, 60 y 75 días.

Trabajos de investigación en sauco a diferentes edades (40, 60, 70 y 80 días) han reportado resultados similares a los encontrados en el C. I. Obonuco de AGROSAVIA: la mayor parte de los componentes de la **materia seca**, como proteína, celulosa, hemicelulosa y la energía neta de lactación (ENL) **disminuyen su concentración a medida que aumenta la edad de la planta**. La fracción de **lignina** presentó un comportamiento diferente, ya que esta **incrementa a medida que la planta aumenta de edad**.

Componente	Unidad	Edad de corte (días)		
		45	60	75
Biomasa forraje verde (por arbusto)	kg	0,5	0,95	1,9
Materia seca (MS)	%Alimento	16,0	16,02	18,12
Proteína cruda (PC)	%MS	28,9	26,15	25,17
Fibra detergente neutro (FDN)	%MS	26,8	30,39	27,34
Fibra detergente ácido (FDA)	%MS	11,8	10,64	10,12
Hemicelulosa	%MS	15,0	19,75	17,22
Lignina	%MS	1,0	1,42	1,23

Extracto etéreo (EE)	%MS	2,4	2,59	2,59
Energía bruta (EB)	Mkal.kg-1 MS	4,2	4,22	4,2
Energía neta de lactancia (ENL)	Mkal.kg-1 MS	1,7	1,61	1,6
Cenizas	g/kg MS	11,3	11,93	11,41
Calcio (C)	g/kg MS	0,8	0,94	0,85
Fósforo (P)	g/kg MS	0,3	0,29	0,28
Taninos totales	g,kg-1 MS	13,73	13,10	15,54
Saponinas	g,kg-1 MS	15,16	15,94	16,89

Composición bromatológica de *S. nigra* a tres edades de corte, evaluada mediante la técnica de espectroscopia de reflectancia en infrarrojo cercano (NIRS). C. I. Obonuco.

Entre los usos, se cuentan:

### Beneficio animal

Es una **fuentes alta en nutrientes** para la alimentación animal, utilizada mediante **pastoreo directo o corte y acarreo**, y como **suplemento** mediante la conservación del material. También, usada para brindar **sombra**, como **cerca viva** y **cortina rompevientos** (lo cual disminuye el efecto de las heladas sobre los animales en la pradera), **repelente**, **insecticida** y **ornamental** cuando se implementa en sistemas silvopastoriles. Al incorporar esta especie, se **atrae fauna benéfica**.

### Producción de fruta

Al integrarla como cerca viva en las fincas, se permite la **producción de frutos carnosos**, de sabor agradable y dulce. Su producción estimada es de 30 kg por año.

### Medicinal

Al sauco se le atribuyen características medicinales cuando se utilizan las **infusiones de hojas y flores** para curar enfermedades. Se ha involucrado en el tratamiento de afecciones de la piel, el aparato digestivo, vías genitales, el sistema renal y excretor, las vías respiratorias, el aparato circulatorio, problemas musculoesqueléticos y la disminución de la fiebre.



El uso de las hojas de esta planta **controla dolores** reumáticos, dolor o inflamación en boca y garganta.

### Madera

De dureza media a pesar de contar con tallos huecos, por lo cual se usa en **cercas y construcciones**.

## Tilo (*Sambucus nigra* subsp. *peruviana* (Kunth) Bolli)

El tilo, también conocido como sauco dorado, se originó en Perú y regiones aledañas, y se distribuye en Costa Rica, Panamá, Colombia, Argentina, Bolivia, Perú y Ecuador. En **Colombia**, se encuentra en la zona Andina, en altitudes superiores a 2.800 m s. n. m.

Se destaca por ser una especie forrajera arbustiva del trópico altoandino debido a su elevada preferencia para ser consumida **por el ganado**, la **resistencia a las heladas**, el **rápido rebrote** después del corte, su **fácil propagación** y su **alta calidad nutricional**.

Se recomienda establecer esta especie como fuente de forraje en bancos forrajeros, cercas vivas y setos perimetrales, controlando la erosión y protegiendo al pasto de los efectos negativos del viento.



## Clasificación taxonómica

### Tilo (*Sambucus nigra* subsp. *peruviana* (Kunth) Bolli)

Reino	Lantae
Clase	Magnoliopsida
Orden	Dipsacales
Familia	Caprifoleaceae
Género	<i>Sambucus</i>
Especie	<i>Sambucus nigra</i>
Subespecie	<i>Peruviana</i>
Autor	Kunth (Díaz, 2003)



Aspecto general de *S. nigra* subsp. *peruviana*, establecido en el C. I. Obonuco.

## Requerimientos edafoclimáticos

El tilo crece entre los 2.800 y los 3.900 m s. n. m. Es una especie **poco exigente en suelos** (requiere suelos profundos, negros, ácidos y aireados, pero soporta los arcillosos) y **tolera pedregosidad** baja a media. Requiere **buena humedad (riego)**, por lo que normalmente se encuentra plantado al borde de acequias, en cercos de chacra y en huertos. Las **heladas no le afectan** mayormente. Rara vez se encuentra en estado silvestre (problema de la infertilidad de la semilla), por lo que **casi siempre es cultivado**.

## Morfología

Es un arbusto o árbol con una altura promedio de 4-6 m; sin embargo, puede alcanzar hasta los 12 m de altura. Presenta un diámetro máximo de 40 cm y copa redonda.

## Tronco

Sus tallos tiernos son **poco resistentes** debido a su centro esponjoso. El tronco es cilíndrico y, en algunas ocasiones, presenta torceduras. El grosor del fuste de los árboles varía de acuerdo a la edad de la planta, las condiciones del suelo y los pisos ecológicos, adquiriendo abundantes ramificaciones cortas de médula hueca en la copa del árbol.



Tallo de *S. nigra* subsp. *peruviana*. C. I. Obonuco.

## Hojas

Las hojas son **opuestas** y **compuestas**, con 5-7 folíolos ovados de 8-20 cm de longitud. Tienen margen finamente serrado y nervaduras bien marcadas.



Hojas de *S. nigra* subsp. *peruviana*. C. I. Obonuco.

### Raíz

La raíz es **superficial, pivotante**, con abundantes ramificaciones de longitud, cortas y delgadas. A veces, tienen tallo subterráneo (rizoma).



Raíz de *S. nigra* subsp. *peruviana* con abundantes ramificaciones. C. I. Obonuco.

### Flores

Las flores son **simétricas**, aproximadamente con 8 mm de diámetro. Tienen color blanco y forman inflorescencias con una longitud de 15 cm y más.



Inflorescencia de *S. nigra* subsp. *peruviana*. C. I. Obonuco.


### Frutos

**Bayas** divididas en tres partes de 7 a 12 mm de diámetro, 4 a 6 semillas, embriones pequeños, carnosos y jugosos de sabor dulce, comestibles, agrupados en racimos. Cuando están inmaduros, los frutos son de color verde; una vez maduros, su tonalidad es morado intenso. En el interior de cada fruto, se encuentran 6 semillas pequeñas e infértiles en su mayoría.



Frutos de *S. nigra* subsp. *Peruviana*. C. I. Obonuco.

## Propagación

Sexual	Asexual
<p>Se puede propagar a través de semillas.</p>	<p>El método de propagación más efectivo es por medio de estacas que deben tener de 2 a 4 nudos, con una consistencia semileñosa. Se obtienen de ramas no muy jóvenes, es decir, de aquellas que se encuentran en la parte media de la copa del árbol.</p>  <p>Estaca de tilo con 5 yemas o puntos de rebrote. C. I. Obonuco.</p>

## Crecimiento

En sus primeras edades, **crecen muy rápidamente**, por lo que pueden perjudicar a las especies principales de la repoblación, según su diseño.

## Calidad nutricional

Se considera una especie forrajera promisoría para los sistemas ganaderos del trópico de altura. Se caracteriza por su **resistencia a las heladas**, y su alta y rápida **capacidad de rebrote** después del corte. Además, tiene un **buen contenido nutricional** que se puede suministrar en lugar de concentrados.

Estas características lo convierten en un **forraje de alto valor** y disponible en periodos de escasez. Esta especie se puede incluir en **cercas vivas o barreras rompevientos**, las cuales ayudan a **disminuir los efectos del viento** y **controlan biológicamente** las plagas que afectan los pastos.

A continuación, se presenta la composición bromatológica de *S. nigra* subsp. *peruviana*, a dos edades de corte (60 y 75 días) y una altura de corte de 50 cm, derivadas del seguimiento y evaluación realizado por 2 años aproximadamente, en el proyecto.

Componente	Unidad	Edad de corte (días)	
		60	75
Biomasa forraje verde (por arbusto)	kg	0,8	1,4
Materia seca (MS)	%Alimento	26,12	21,15
Proteína cruda (PC)	%MS	24,15	20,60
Fibra detergente neutro (FDN)	%MS	26,47	29,79
Fibra detergente ácido (FDA)	%MS	7,85	12,20
Hemicelulosa	%MS	18,62	17,59
Lignina	%MS	1,51	1,39
Extracto etéreo (EE)	%MS	2,71	2,19
Energía bruta (EB)	Mkal.kg <sup>-1</sup> MS	4,10	4,09
Energía neta de lactancia (ENL)	Mkal.kg <sup>-1</sup> MS	1,50	1,45
Cenizas	g/kg MS	7,81	10,04
Calcio (C)	g/kg MS	1,10	0,86



Fósforo (P)	g/kg MS	0,21	0,28
Taninos totales	g/kg-1 MS	-	22,54
Saponinas	g/kg-1 MS	-	19,19

Composición bromatológica de hojas y tallos de *S. nigra* subsp. *peruviana* a 60 y 75 días de corte, mediante la técnica de espectroscopia de reflectancia en infrarrojo cercano (NIRS).

De acuerdo a lo anterior, se identifica que el tilo tiene un **alto porcentaje en PC** con 24,15 %, superando al kikuyo, el cual registra una proteína de 20,5 %. Con respecto al extracto etéreo (EE), el valor reportado se encuentra en el rango esperado para pastos y forrajes tropicales (0,56 y 5,81 % de la MS). Además, el forraje de *S. nigra* subsp. *peruviana* es **apetecido por el ganado** y se considera un recurso forrajero adecuado para la **suplementación en sistemas de producción de leche**.

## Usos

### Alimentación animal

La especie *S. nigra* subsp. *peruviana* es una buena opción para utilizar en los **métodos de conservación de forrajes**, como es el **ensilaje**; se presenta como una alternativa para la alimentación de rumiantes en épocas de bajas precipitaciones. De igual forma, se puede consumir el **forraje fresco** del tilo, específicamente las hojas y los tallos tiernos (consumidos por cabras y ovejas). Además, se puede utilizar como **repelente de insectos** e **insecticidas caseros** (control de pulgones).

### Medicinal

Las hojas, flores y tallos en diferentes preparaciones, frescos o secos, **curan diferentes afecciones** en riñones, conmociones cerebrales y próstata, y ayudan a **tratar enfermedades** como fiebre, bronquitis, tos, fiebre amarilla y gastritis.

*S. nigra* subsp. *peruviana* tiene capacidad **antioxidante, antiviral, antihipertensivo** y otros efectos favorables debido a componentes fenólicos (que contienen alcohol). También, tiene **efecto diurético y alivia el estreñimiento**. Además, ofrece protección contra el cáncer de próstata y enfermedades neurodegenerativas.

## Colla negra (*Smallanthus pyramidalis* (Triana) H. Rob.)

*S. pyramidalis*, también conocido como arboloco, pauche o camargo, es una especie nativa propia de la **zona altoandina de Colombia**. Se localiza en las cordilleras Central y Oriental; en el departamento de Cundinamarca, se observa en los municipios de Cachipay y La Calera, entre otros departamentos de la sabana de Bogotá. Se encuentra establecido desde Perú hasta Venezuela.

Pertenece a la familia de las asteráceas. Posee un tronco recto y ahuecado de aproximadamente 10 m de altura. Habita en la parte alta del bosque muy húmedo premontano (bmh-PM), en el bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), en el bosque húmedo montano bajo (bh-MB) y en el bosque seco montano bajo (bs-MB).

### Clasificación taxonómica

#### Colla negra (*Smallanthus pyramidalis* (Triana) H. Rob.)

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Asterales
<b>Familia</b>	Asteraceae
<b>Género</b>	<i>Smallanthus</i>
<b>Epíteto</b>	<i>pyramidalis</i> .
<b>Especie</b>	<i>Smallanthus pyramidalis</i>
<b>Autor</b>	(Triana) H. Rob.



Arbusto de *S. pyramidalis*. C. I. Obonuco.

## Requerimientos edafoclimáticos

Se encuentra en los 2.000 y los 3.000 m s. n. m. **Es susceptible a las heladas y al ataque de insectos chupadores.** También, a las **condiciones de encharcamiento**, variaciones de temperatura e **intensidad de la radiación ultravioleta (UV)**. Esta especie nativa requiere **abundante luz solar, y suelos bien drenados y húmedos** para su óptimo desarrollo.

## Morfología

Árbol mediano entre 10 y 15 m de altura en edad adulta, con forma piramidal. Se caracteriza por ser **erecto**, conformando tallos cilíndricos y huecos con nudos y entrenudos. Tiene **ramas extendidas**, pobladas densamente con pequeñas vellosidades, las cuales se insertan desde la parte media superior del tallo, formando una copa piramidal.

Tiene hojas grandes, de color verde claro, opuestas, pecioladas, ampliamente ovadas, acuminadas en el ápice y redondeadas en la base. Inflorescencia en largas panículas terminales, cabezuelas en discos de unos 10 mm de ancho y pediculadas. Contiene numerosas flores amarillas.

### Tallo

Se caracteriza por ser **erecto y fuerte**, cilíndrico, hueco, con nudos y entrenudos, de **ramas extendidas**, densamente pubescentes, las cuales se insertan desde la parte media superior del tallo, formando una copa piramidal.



Tallo de *S. pyramidalis*. C. I. Obonuco.

### Hojas

Tiene hojas **vellosas y agrupadas** en las puntas de sus ramas, las cuales poseen una **sustancia esponjosa en su interior**. Grandes, simples, opuestas, pubescentes, sin estípulas y olorosas. Con borde aserrado de 20 a 30 cm de longitud, haz verde oscuro y envés verde claro. Opuesto, peciolado, ampliamente ovado o romboideo, acuminadas en el ápice y redondeadas en la base.



Hojas de *S. pyramidalis*, C. I.  
Obonuco.

### Flores

Las flores están agrupadas en **inflorescencias terminales en forma de racimos** que miden 2 cm de diámetro y son de color amarillo. Lo que aparentemente es una sola flor, en realidad son **muchas florecitas distribuidas sobre un disco**, o pueden tener forma parecida a la de un tubo (tubulares) y/o la forma de una lengüeta (liguladas).



Flores de *S. pyramidalis*. C. I.  
Obonuco.

## Fruto

Mide 2,5 mm de diámetro. Es **aquenio**, ya que contiene una sola semilla, tiene forma redonda y su color es café claro.

## Semilla

Mide 2 mm de largo, tiene **forma de pirámide**, consistencia dura y su color es marrón negruzco.

## Propagación

Sexual	Asexual
<p>Los frutos se exponen al sol durante 48 horas, se limpian y se extraen sus semillas para dejarlas en agua durante 72 horas. Se siembran en semillero a 1 cm de profundidad, 4 cm entre una y otra, y en hileras separadas entre sí por 10 cm.</p> <p>Cuando las plántulas alcanzan los 5 cm de altura, se trasplantan a bolsas de polietileno; cuando miden 20 cm de altura, se siembran en el lugar definitivo. Requieren riego y abundante luz solar.</p> <p>Soporta suelos pobres, arcillosos, arenosos y bien drenados. Se asocia fácilmente con especies de los géneros <i>Duranta</i>, <i>Smallanthus</i> y <i>Caesalpinia spinosa</i>.</p> <p>La planta es presa fácil de los cóccidos, en especial uno de color blanco rosáceo que se encuentra sobre las ramitas, recubierto por la resina de la misma planta.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Floración:</b> casi todo el año.</li><li>• <b>Fructificación:</b> abril-junio y enero- febrero.</li><li>• <b>Recolección de frutos:</b> junio-agosto y meses de poca lluvia.</li><li>• <b>Caída y renovación del follaje:</b> sus hojas perduran (perennifolio).</li></ul>	<p>Por estacas de 20 cm. La propagación por estacas consiste en cortar brotes, ramas o raíces de la planta, las cuales se ponen en una cama enraizadora, con el fin de lograr la emisión de raíces y brotación de la parte aérea, hasta obtener una nueva planta.</p> <p>Para este tipo de reproducción, se debe extraer material vegetativo de la parte baja de la planta.</p>



## Distancias de siembra

1 m x 1 m, ahoyado (30 x 30 x 30 cm).

## Podas

Se realizan **podas de formación y de crecimiento** para darle una forma adecuada al árbol y favorecer la ramificación.

## Usos

### Alimentación animal

El árbol puede ser usado en la alimentación de animales. En evaluaciones de calidad nutricional a diferentes edades de rebrote comprendidas entre los 45, 60 y 70 días, se ha encontrado un **buen aporte de nutrientes** que puede ser utilizado por bovinos y especies menores. Por ejemplo, a 45 días, el contenido de proteína es del 23,4 % y el contenido de energía neta de lactancia (ENL), que determina en bovinos la energía que le aporta la colla a la producción de leche, es de 1,5 %. No es un aporte total de la dieta de un animal, sino que debe ofrecerse como un **complemento**, como **forraje fresco o ensilado**.

También, a una edad de rebrote de 60 y 70 días, el contenido de materia seca se incrementa 15,6 %. Estos datos pueden ser útiles para determinar a qué edad de rebrote debe suministrarse el alimento.

En sistemas silvopastoriles:

→ **Banco de proteína:** es un área compacta, sembrada con leguminosas forrajeras herbáceas, rastreras o erectas, o bien de tipo arbustivo, que se emplean para corte o pastoreo directo por rumiantes (bovinos, ovinos o caprinos), como complemento al pastoreo de praderas de gramíneas.

- **Cerca viva:** en asocio con otras arbustivas, facilita la conectividad entre fincas y la restauración de zonas para promover el hábitat para especies de la región.
- **Alimenticio:** en Bolivia, los indígenas comen sus raíces.
- **Industrial:** del corazón de su tronco, se elaboran artesanías; es usado en la industria casera para hacer flores, frutas y pájaros artificiales. Los troncos se utilizan para fabricar paredes de bahareque.
- **Medicinal:** sus hojas alivian los dolores reumáticos y las neuralgias.
- **Ornamental:** el árbol se siembra en jardines y parques.
- **Otros usos:** el árbol se siembra para proteger fuentes hídricas y sirve como reciclador de material vegetal.

Componente	Unidad	Edad de corte (días)		
		45	60	70
Biomasa forraje verde (por arbusto)	kg	1,9	3,11	6,9
Materia seca (MS)	%Alimento	12,2	15,6	15,7
Proteína cruda (PC)	%MS	23,4	19,7	18,42
Fibra detergente neutro (FDN)	%MS	34,2	34,0	34,6
Fibra detergente ácido (FDA)	%MS	13,9	12,9	12,2
Hemicelulosa	%MS	20,3	21,1	22,4
Lignina	%MS	2,4	2,6	2,6
Extracto etéreo (EE)	%MS	3,0	3,0	3,2
Energía bruta (EB)	Mkal.kg-1 MS	4,2	4,1	4,1
Energía neta de lactancia (ENL)	Mkal.kg-1 MS	1,5	1,4	1,4
Cenizas	g/kg MS	12,2	13,1	12,6
Calcio (C)	g/kg MS	1,0	1,0	0,9
Fósforo (P)	g/kg MS	0,4	0,4	0,4
Taninos totales	g.kg-1 MS	10,83	11,40	13,55
Saponinas	g.kg-1 MS	10,09	12,79	13,89

Composición bromatológica de *S. pyramidalis* a diferentes días de corte, mediante la técnica de espectroscopia de reflectancia en infrarrojo cercano (NIRS).



## Establecimiento y manejo de especies arbustivas

Teniendo presente lo expuesto anteriormente sobre las características de las especies forrajeras, se presenta el proceso de establecimiento y manejo adecuado para un óptimo crecimiento y desarrollo de los arbustos.

### Propagación de especies arbustivas forrajeras

La obtención de nuevos individuos de las especies arbustivas forrajeras puede realizarse por dos medios de propagación: sexual, a través de semillas que se producen después de la floración de las especies, y asexual, cuando las semillas necesitan algunos procedimientos para que puedan germinar.



## Reproducción sexual

En este tipo de reproducción, pueden seguirse estos procesos.

### Estratificación

Consiste en colocar las semillas empapadas de agua o no en **estratos húmedos usados como sustrato**, por ejemplo, la arena. El periodo de estratificación varía según la especie.

<b>Cálida</b>	Se realiza a temperaturas altas (22 a 30 °C).
<b>Fría</b>	Se realiza a temperaturas bajas (0 a 10 °C).

En un vivero, se puede estratificar empleando el mismo suelo u otro sustrato húmedo.

### Escarificación

Es el proceso de **romper, rayar o ablandar las cubiertas de las semillas** para hacer que el agua y/o los gases penetren en ellas. Esta puede ser mecánica o húmeda.

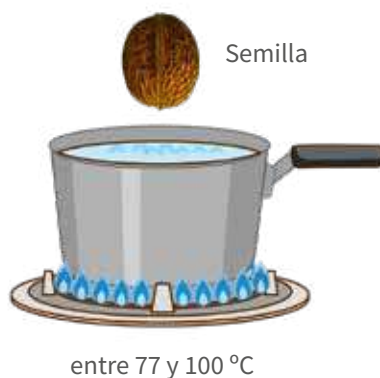
#### Mecánica

Mediante la utilización de lijas y/o limas para raspar las semillas.



#### Húmeda

Las semillas deben colocarse en un recipiente con agua caliente a una temperatura entre 77 y 100 °C; se dejan remojar entre 12 y 24 horas. Una vez termine este tratamiento, deben sembrarse.



### Lixiviación

Consiste en sumergir **las semillas en agua**. Esta pasa por las paredes de protección de la semilla hasta llegar al embrión, el cual se activa para iniciar la germinación de la nueva planta. El agua se debe cambiar con frecuencia.

El tiempo de lixiviación varía de 12 a 24 horas.



Proceso de lixiviación por medio de remojo de la semilla.

### Reproducción asexual

Consiste en la producción de una planta a partir de una célula, un tejido, un órgano o parte de una planta madre, por medio de ciertos procesos pregerminativos.

#### Por estacas

Una estaca es una **parte de una planta madre** que, bajo las condiciones ambientales óptimas y un buen sustrato, tiene la capacidad de realizar diferentes funciones para generar otra planta. Mediante este proceso, se obtienen nuevos **individuos con características idénticas a la planta madre** (de la cual se toma la porción de planta).

La reproducción por estacas es la técnica más utilizada para la propagación de especies arbustivas forrajeras.

### Parámetros para la selección de la estaca

Las estacas deben ser **tomadas de las partes jóvenes de las ramas en proceso de crecimiento**. Para la selección de una estaca se debe considerar:

- Plantas con excelente vigor y buena producción de forraje.
- Plantas sanas.
- Especies de rápido crecimiento.
- Especies que toleran podas frecuentes.
- Plantas con capacidad de rebrote.
- Especies con alto porcentaje de prendimiento.



Estaca de *T. diversifolia*. C. I. Obonuco.

### Ventajas de la propagación por estacas

- En un procedimiento sencillo, se propaga abundante material sin necesidad de grandes espacios, utilizando pocas plantas madres.
- Cada planta producida por este método posee características idénticas a la planta de la cual procede.
- Las plantas expresan mejor las características genéticas por medio de este tipo de propagación (idénticas a la planta de origen), obteniendo plantaciones más uniformes y con las mejores producciones.
- Tiene bajo costo.

## Propagación en vivero



Un vivero es un sitio destinado para la producción de especies arbóreas o arbustivas forrajeras, en el cual se proporcionan los cuidados requeridos para garantizar su desarrollo en las primeras etapas de crecimiento, para ser trasladadas posteriormente al terreno definitivo de plantación.

### Tipos de viveros

#### Viveros permanentes

Se conocen también como **viveros fijos**. Producen grandes cantidades de plantas todos los años. Requieren infraestructura sólida (almacenes, invernaderos, etc.).



Vivero Forestal Rancho Grande, Valle del Cauca, Colombia.

## Viveros temporales

Son lugares **destinados a la producción de plántulas**. No requieren mucha infraestructura, ya que son utilizados por un periodo corto. Generalmente, se establecen **cerca del lugar donde se realizará la siembra**.



Vivero temporal C. I. Obonuco, Pasto, Nariño.

## Selección del área para vivero

Para establecer un vivero, se debe tener en cuenta que el **terreno garantice el fácil acceso y vigilancia permanente**. También:

- Una **fuentes de agua** cercana para el mantenimiento de las especies durante las diferentes etapas de producción.
- **Terreno** plano o con una inclinación que no se sobrepase de 5 %, para facilitar las diferentes actividades.
- **Suelo** suelto, con texturas arenosas y buen drenaje.
- **Sistema de drenaje** para evitar encharcamientos, para que no se generen focos de infección que puedan afectar la producción.

## Construcción del vivero

Es importante realizar una **desinfección del terreno** mediante la aplicación de agua hirviendo al suelo para evitar la propagación de enfermedades, y eliminar los residuos, basuras y troncos.

Para **nivelar el terreno**, deben eliminarse las depresiones y sitios por encima del nivel y darle una leve caída para que el agua lluvia y sobrante del riego se dirija hacia los drenajes.

### Llenado de bolsas

El **sustrato** que se vaya a utilizar para el llenado de las bolsas deberá estar **libre de hongos, bacterias y otros agentes** que puedan ocasionar la muerte de las plantas. Debe tener **buena fertilidad** y sus partículas deben ser **homogéneas** debido a que el sustrato es el soporte de la planta, es decir, su fuente de alimento y anclaje de raíces.

En el llenado, es importante la **compactación del sustrato** en la bolsa, ya que esta no debe ser demasiado compacta para que permita el **crecimiento libre de la raíz**. En contraste, si quedan demasiados espacios porosos dentro de la bolsa, al regar se compactará el suelo y se desenterrarán las plántulas.

Este es el procedimiento correcto para llenar las bolsas:

1. Para el llenado de bolsas de polietileno, se utiliza una **mezcla de sustrato con tierra y materia orgánica descompuesta**. La tierra debe estar cernida y humedecida antes de llenar la bolsa.
2. Se **llena la bolsa** con el sustrato preparado y **se va oprimiendo** con el fin de que no queden espacios de aire en el sustrato. La bolsa no debe llenarse a tope, sino a 2 cm debajo de su capacidad.



Llenado de bolsas en el C. I Obonuco.

## Siembra

- Si es **por semilla**, las semillas de las especies arbustivas forrajeras **se siembran directamente en las bolsas**, introduciéndolas a una **profundidad de dos veces su tamaño**.
- Si es **por estaca**, al momento de la siembra, es importante que las estacas seleccionadas **tengan humedad**, por lo cual es recomendable mantenerlas en un recipiente con agua. Para inducir el crecimiento de raíces, se utilizan **enraizadores** que pueden ser **químicos o naturales**, como el gel de la sábila, que crea un ambiente estéril para la estaca, apoyando el desarrollo de raíces. **Se siembran verticalmente en el sustrato** (tierra), enterrándolas a una profundidad de 3 cm o procurando que queden enterradas dos o tres yemas, de las cuales se formarán las raíces.



Siembra de las estacas.

### Control de arvenses

Se puede realizar de forma **manual**, eliminando aquellas plantas diferentes a las especies propagadas, o se puede utilizar una **capa de materia orgánica descompuesta** sobre el sustrato, práctica que puede disminuir considerablemente la frecuencia de plantas no deseadas.

### Riego

Las plántulas deben **regarse con regularidad** para evitar que se sequen y se reduzca el porcentaje de germinación. Sin embargo, debe tenerse **cuidado con el exceso de agua**, ya que puede causar pudrición de las semillas y de las estacas, y además promover el decaimiento de la germinación por la incidencia del mal semillero (*damping-off*) y por otros agentes patógenos.

El riego **no debe aplicarse en las horas de mayor incidencia de calor** porque esto aumenta considerablemente la evapotranspiración y provoca lesiones en las plántulas e incluso su muerte.



Riego de estacas en el C. I. Obonuco.

## Diseños silvopastoriles en el trópico altoandino

Después de conocer la importancia de las arbustivas forrajeras y profundizar en las características y usos de cuatro especies promisorias en el trópico altoandino, en este capítulo, se proponen algunos diseños silvopastoriles para incorporar dichas especies.

El punto de partida para el establecimiento de un sistema silvopastoril es realizar un **diseño previo**, con una **adecuada combinación de árboles, cultivos y/o animales** que se requieran para cumplir con el objetivo propuesto. Este proceso no es resultado del azar, como pueden ser los procesos de restauración natural espontánea o el abandono de campos.

Para la selección de los árboles, por razones económicas, ambientales y de adaptación, se recomienda el **uso de especies nativas**. Las distancias de siembra dependen de las especies, la edad y la estructura.

### Bancos de proteína

Un **banco de proteína o banco de forraje** es una plantación forestal cuyo objetivo principal es la **obtención de forraje para la suplementación animal**, suministrada como forraje de corte o permitiendo el ingreso de los animales a la plantación. Por eso, las especies arbóreas utilizadas en este sistema deben de ser de valor forrajero comprobado.

La **primera poda** depende de varios factores, como el diámetro de los tallos, el desarrollo de las raíces y su capacidad de rebrote. Sin embargo,

puede realizarse aproximadamente cuando las plantas han alcanzado de 1 a 1,5 m de altura o, aproximadamente, seis meses después del establecimiento.



En el contexto del trópico de altura, por ejemplo, en especies como el botón de oro y el sauco, la primera poda puede realizarse después de 8 meses de establecido, debido a que su crecimiento es más lento respecto al trópico bajo.

Para su establecimiento, debe tenerse en cuenta:

- **Corte de los forrajes:** para esta actividad, debe utilizarse un machete. El corte se debe realizar en bisel para evitar que los tallos se desgarran e ingresen patógenos por las heridas.
- **Fertilizaciones:** es recomendable fertilizar los arbustos después de cada corte, con la aplicación de abono orgánico entre 1 a 1,5 t/ha.
- **Control de arvenses:** se realiza de forma manual cada tres meses, por medio de un plateo.
- **Riego:** es necesario que los arbustos después del corte tengan disponibilidad de riego.

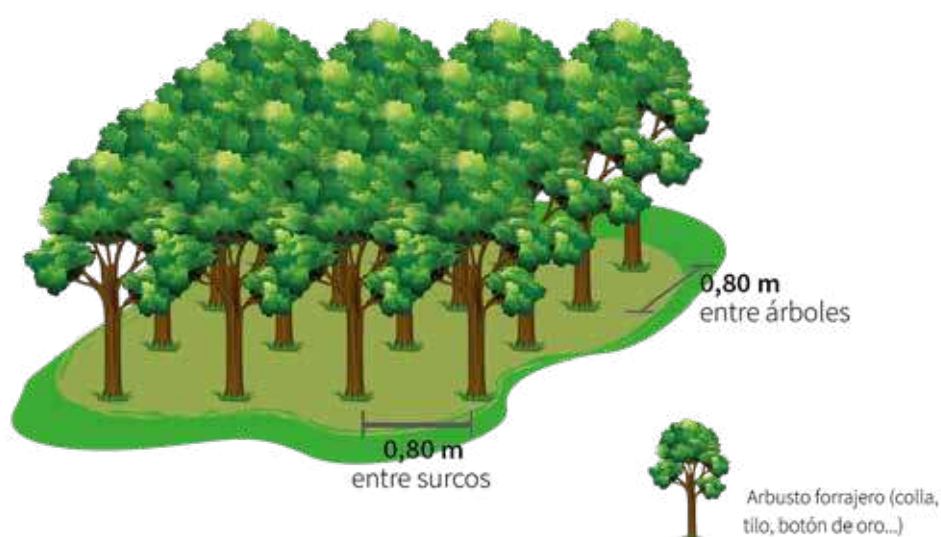
La **densidad de siembra** depende del área del **terreno disponible**, la **especie a implementar** y las **condiciones del terreno**. Por ejemplo, con las especies botón de oro, sauco y tilo, para un banco forrajero intensivo se requieren densidades altas, generalmente de 10.000 plantas/ha; por lo tanto, debe dejarse como máximo 1 m entre surcos y 1 m entre plantas, aunque esta última distancia puede variar entre 0,40 a 0,50 m entre plantas, según la elección del productor.

## Clasificación de los bancos

Los bancos forrajeros se clasifican en varios tipos, de acuerdo a las especies utilizadas, las distancias de siembra y la distribución espacial.

### Bancos de forraje proteico

Cuando la especie contiene como **mínimo un 14 % de proteína**, en estos sistemas, se pueden **incluir especies de alto valor proteico** como botón de oro, sauco, tilo, colla negra o morera.



Arreglo propuesto para un banco forrajero proteico.

### Bancos energéticos

**Proporcionan altos niveles de energía.** Se pueden utilizar especies arbustivas forrajeras con **más del 70 % de digestibilidad** (como el botón de oro) o se las puede **combinar con la caña de azúcar** (trópico medio y bajo), lo cual permite que el banco forrajero sea más completo.

### Bancos forrajeros mixtos

En ellos, **se aprovecha al máximo el espacio definido para el sistema.** Las **distancias de siembra utilizadas son cortas** y existe **diversidad de especies** arbóreas arbustivas (follajes ricos en proteínas, carbohidratos solubles en concentraciones adecuadas, alta digestibilidad y energía) y herbáceas (pastos de corte ricos en azúcares solubles y fibra), con el fin de obtener mayor producción de forraje de buena calidad durante todo el año.



Banco proteico-energético. C. I. Obonuco.

Según su manejo, pueden ser:

### De corte y acarreo

El material es cortado, picado y llevado al sitio donde están los animales.

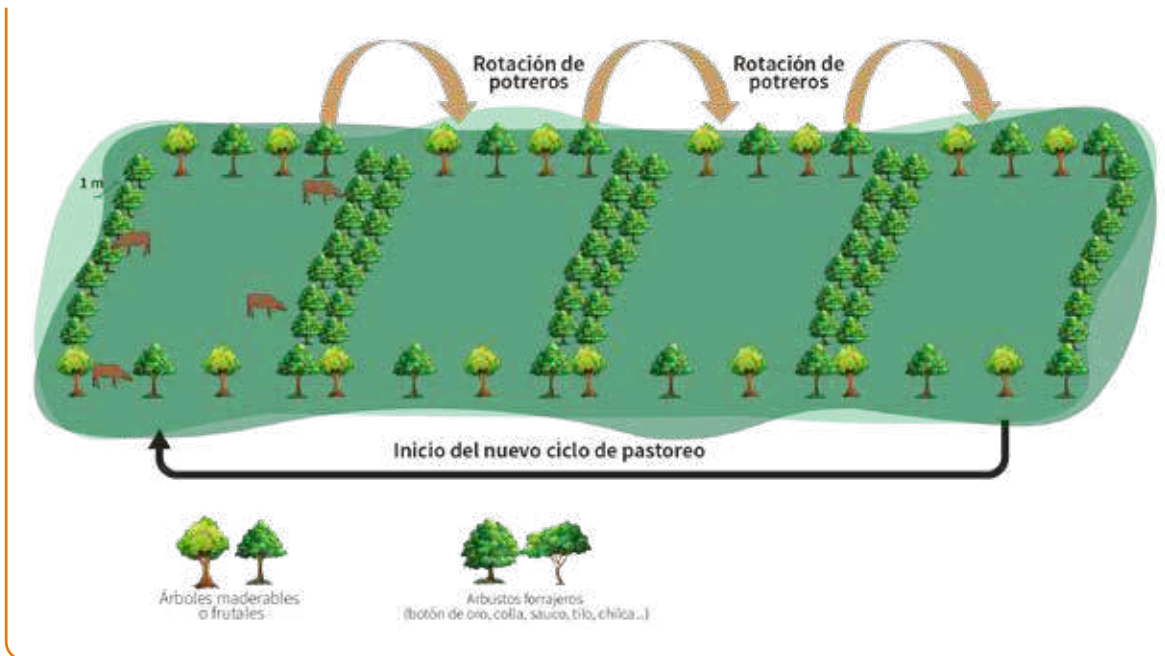


### De ramoneo

#### SPP de ramoneo con raigrás y botón de oro.

El animal consume directamente el forraje (ramas y hojas del árbol). Este arreglo integra forraje y arbustos, por lo que debe sincronizarse la edad de pastoreo. El forraje debe pastorearse, en promedio, a los 35 días y los arbustos a los 70, recomendando delimitar el acceso a las arbustivas cuando se hace el segundo ciclo de pastoreo del forraje (35 días después del primero), garantizando el adecuado rebrote de los arbustos.



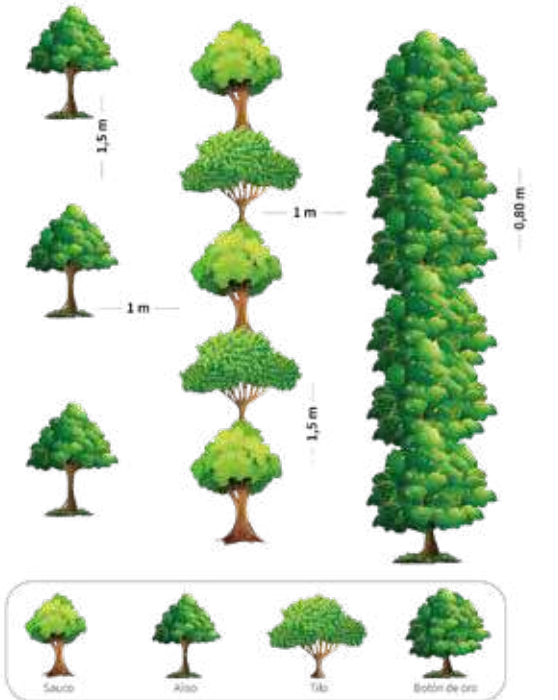


## Cortina rompevientos

Son **hileras de árboles o arbustos de diferentes alturas que forman una barrera opuesta a la dirección predominante del viento**. Se conocen también como **barreras rompevientos, setos vivos o fajas de albergue** por refugiar a cierto tipo de fauna.

Es una estrategia utilizada para el **control de la erosión eólica** en áreas agrícolas, pastizales, áreas desprovistas de vegetación y en zonas urbanas.

Con cierta frecuencia, es necesario podarlas (por traslape) y eliminar árboles viejos o que muestran enfermedad, y reemplazarlos inmediatamente.



Propuesta de cortinas rompevientos.

## Cercas vivas

Son **líneas de árboles o arbustos que delimitan una propiedad o dividen potreros**. Funcionan como un **corredor biológico** que conecta relictos de bosques, evitando la pérdida de biodiversidad y permitiendo que diferentes especies se alimenten, habiten o aniden en él.

El aprovechamiento de este diseño silvopastoril puede darse de varias formas: por medio de la obtención de forraje, leña, madera, flores, frutos, postes, etc.

### Clasificación de las cercas vivas

#### Simples

Tienen **una o dos especies dominantes** manejadas bajo poda a una altura similar. Generalmente, en las cercas vivas simples se **podan de forma uniforme** todas las especies, en una misma época.

#### Multiestratos

Tienen **más de dos especies leñosas** de **diferentes alturas y usos** (maderables, frutales, forrajeras, medicinales, ornamentales, etc.).



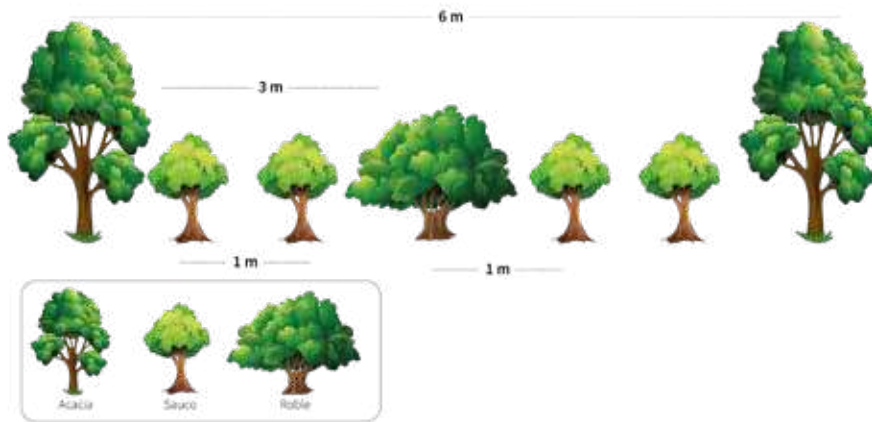
Cerca viva multiestrato. C. I. Obonuco.

## Arreglos silvopastoriles con cercas vivas

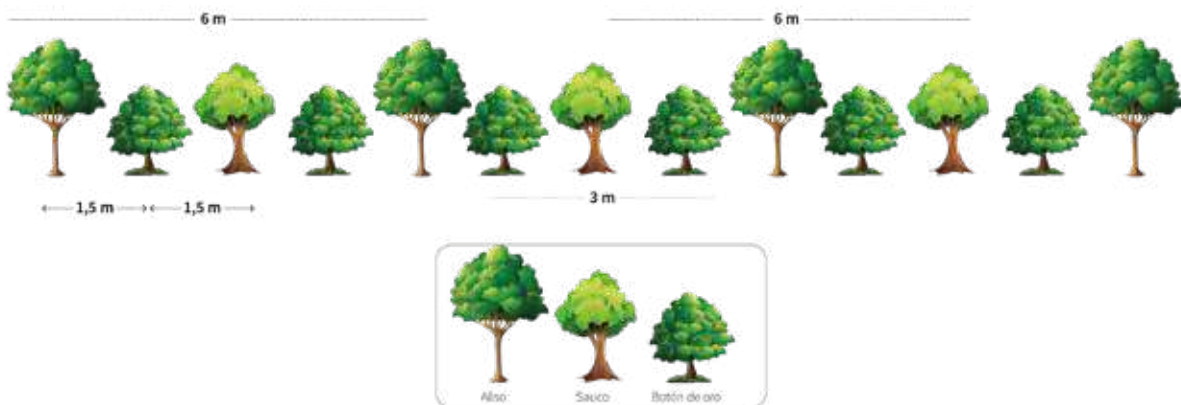
Las cercas vivas son, tal vez, los sistemas que **requieren menos manejo**, ya que su objetivo es delimitar áreas. Como lo que se busca es que el espacio entre una planta y otra sea mínimo, las **podas son mínimas**.

En las **primeras etapas de crecimiento** de las especies arbóreas, es necesario protegerlas por medio de **alambre para evitar el daño mecánico** causado por los animales que pastorean en el potrero.

### Arreglo 1



### Arreglo 2



## Árboles dispersos en potreros

Es un **sistema tradicionalmente utilizado por los ganaderos**. Básicamente, los productores dejan **crecer árboles y/o arbustos que nacen de la regeneración natural** en los potreros. Estos se distribuyen de manera **dispersa** (sin ningún arreglo).

En los esquemas tradicionales, muy pocas veces el productor ganadero siembra árboles en sus potreros. La **selección** de árboles y/o arbustos en los potreros responde a las necesidades e **intereses del productor**. Por lo general, busca obtener algún beneficio con ese árbol en su potrero: sombra para que los animales vayan a rumiar y descansar, fuente de frutos o follaje, protección al ganado, posibilidad de obtener madera, etc.

Se considera que densidades entre 60 a 70 árboles por hectárea son adecuadas, tomando en cuenta que un 10 % sea de copa alta, 10 % de copa intermedia y 80 % de copa media a baja. Algunas investigaciones mencionan densidades de 100 a 120 árboles por hectárea.



Especies utilizadas:

- Aliso (*Alnus acuminata*)
- Laurel de cera (*Morella pubescens*)
- Roble (*Quercus humboldtii*)
- Capulí (*Prunus serotina*)

Arreglo propuesto para árboles dispersos.

## Cálculo de la producción de biomasa en especies arbóreas y arbustivas

Para aprovechar el forraje, es necesario tener en cuenta la cantidad que deben consumir de manera individual los animales y por lote. Cuando no se tiene en cuenta el cálculo adecuado, no se llenan los requerimientos nutricionales del animal y se propicia un mal manejo en la planeación forrajera de la finca.

Existen dos términos que todo ganadero debería conocer: oferta y demanda de alimento.

- La **oferta** son todos aquellos **recursos alimenticios** en cantidad y de calidad **que se tienen en la finca para suplir los diferentes requerimientos nutricionales** de los bovinos: pastos, forrajeras, arvenses comestibles, ensilajes, henos, subproductos de cosecha, concentrados, etc., es decir, todos los alimentos que pueden hacer parte de la dieta del animal.
- La **demanda** es la **cantidad de forraje (o alimento) que necesita un animal para satisfacer sus requerimientos nutricionales** de mantenimiento (funciones vitales) y producción (leche, carne, crías).

### Oferta



### Demanda



En los sistemas ganaderos de trópico alto, el mayor y más importante recurso alimenticio es el forraje.

Conociendo los valores de demanda de alimento, el productor podrá definir la oferta con la que deberá contar en la unidad productiva para satisfacer los requerimientos de los animales.



**La alimentación bovina se basa en el consumo de especies forrajeras**, generalmente calculado por medio de **aforos**. En investigaciones realizadas en el Centro de Investigación Obonuco, se evaluaron diferentes variedades de gramíneas con el fin de determinar mejor respuesta a las condiciones de la localidad.

El **kikuyo** (*Cenchrus clandestinum*) y el **raigrás** (*Lolium* spp.) son las **gramíneas más comunes en Nariño**, por lo cual se tomaron como ejemplo para el ejercicio de determinación de carga animal. Estas dos especies se evaluaron por medio de la técnica de **aforo con marco de 1 m<sup>2</sup>** en época de altas precipitaciones y edad de 35 días.

La producción de materia seca (MS) en **kikuyo** (*C. clandestinum*) fue de **0,04 kg** (0,18 kg FV) por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) y en el **raigrás** (*Lolium perenne*), de **0,29 kg** (1,3 kg FV). Estos datos permiten calcular el aporte por parte de estas especies en las unidades productivas y la carga animal que puede tener.

Siguiendo con el **cálculo de la carga animal, se debe conocer la cantidad de biomasa** aportada por especies arbóreas y la necesidad de un animal, mediante un proceso matemático.

## Cálculo del consumo de la forrajera

Los bovinos consumen aproximadamente entre el 1,8 y 3,5 % de su peso vivo (PV) como materia seca (MS); por tal razón, para poder determinar el consumo de los animales, se debe conocer primero su peso vivo.

Por ejemplo, si se tiene una vaca de 550 kg de PV, que consume el 3,5 % de este en MS, ¿cuál es el **consumo de MS al día**?

$$\begin{array}{r} 550 \text{ kg} \longrightarrow 100 \% \\ X \longrightarrow 3,5 \% \\ \hline = (550 \text{ kg} * 3,5 \%) / 100 = \mathbf{19,25 \text{ kg MS forraje}} \end{array}$$



Según lo anterior, **una vaca de 550 kg debería consumir 19,25 kg de MS por día.**

De acuerdo con los datos obtenidos en el Centro de Investigación Obonuco, **el botón de oro** reporta un porcentaje de MS del 14 %, con producción de forraje a los 60 días de 4 kg de forraje verde (FV)/arbusto. Con estos datos, se establece la **cantidad de forraje a suministrar** para satisfacer las necesidades de MS del animal, si se fuera a alimentar solo con botón de oro.

$$\begin{array}{l} 4 \text{ kg FV botón oro} \longrightarrow 100 \% \\ X \longrightarrow 14 \% \\ = (4 \text{ kg FV botón} * 14 \%) / 100 = \mathbf{0,56 \text{ kg MS botón oro}} \end{array}$$

Entonces, **cada arbusto de botón de oro puede aportar 0,56 kg de MS (560 gramos MS).** Si el animal fuera a alimentarse solo con esta especie, **se necesitarían aproximadamente 35 arbustos/día:**

$$\begin{array}{l} 1 \text{ arbusto botón oro} \longrightarrow 0,56 \text{ kg MS} \\ X \longrightarrow 19,25 \text{ kg MS} \\ = (1 \text{ arbusto botón} * 19,25 \text{ kg MS} / 0,56 \text{ kg MS}) / 100 \\ = \mathbf{34,4 \text{ arbustos de botón oro}} \end{array}$$

Se debe tener en cuenta que **las forrajeras leñosas** como botón de oro, tilo, sauco, colla, etc., **deben ser un complemento para la alimentación** de los bovinos y no deben llegar a ser exclusivamente su único alimento (solo en épocas extremas), ya que el alimento base de los bovinos siempre debe ser el pasto.

Por ejemplo, para suplementar bovinos con botón de oro, la literatura reporta una inclusión máxima del 35 % del total de la MS consumida. Esto permite **mejoras en la producción, sin afectar los parámetros reproductivos o la salud del animal.**



Teniendo en cuenta las recomendaciones anteriores, y para seguir el ejemplo del bovino de 550 kg PV que debe consumir 19,25 kg MS/día, **si se fuera a suplementar con un 35 % de botón de oro, la cantidad a suministrar** debe ser:

$$\begin{array}{l} 19,25 \text{ kg MS/día} \longrightarrow 100 \% \\ X \longrightarrow 35 \% \\ = (19,25 \text{ kg MS botón} * 35 \%) / 100 \% = \mathbf{6,73 \text{ kg MS botón oro}} \end{array}$$

El animal **necesitaría consumir 6,73 kg MS proveniente del botón de oro**. Para saber cuánto equivale este valor en forraje verde:

$$\begin{array}{l} 6,7 \text{ kg MS botón oro} \longrightarrow 14 \% \\ X \longrightarrow 19,25 \text{ kg MS} \\ = (6,7 \text{ kg MS botón} * 100 \%) / 14 \% = \mathbf{47,8 \text{ kg FV botón oro}} \end{array}$$

Entonces, al animal **deben suministrársele 47,8 kg FV de botón de oro**.

Para saber a cuántos arbustos de esta especie equivalen 47,8 kg FV, es necesario recordar que, en este ejemplo, un arbusto (60 días) aporta 4 kg FV:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ arbusto botón oro} \longrightarrow 4 \text{ kg FVS} \\ X \longrightarrow 47,8 \text{ kg FV} \\ = (1 \text{ arbusto botón} * 47,8 \text{ kg FV kg MS} / 4 \text{ kg FV}) \\ = \mathbf{12 \text{ arbustos de botón oro / animal / día}} \end{array}$$



Para este ejemplo, en el cual se ofrecería el 35 % de la dieta en botón de oro para un bovino con peso promedio de 550 kg PV, **se deben disponer 12 arbustos de botón de oro**, que le aportarían 6,73 kg de MS a la dieta. Como el bovino requiere 19,25 kg MS totales ( $19,25 - 6,73 = 12,52$ ), los restantes 12,52 kg MS deben aportarse con el pasto de la finca. Los 12 arbustos pueden disponerse **para consumo directo** o **cortándolos y llevándolos a comederos** (corte y acarreo).

Estos datos se deben extrapolar al número de animales que se tienen en la finca, siempre teniendo en cuenta el peso promedio de los animales. Es más práctico y recomendable si se trabaja con lotes de animales con características y pesos similares.

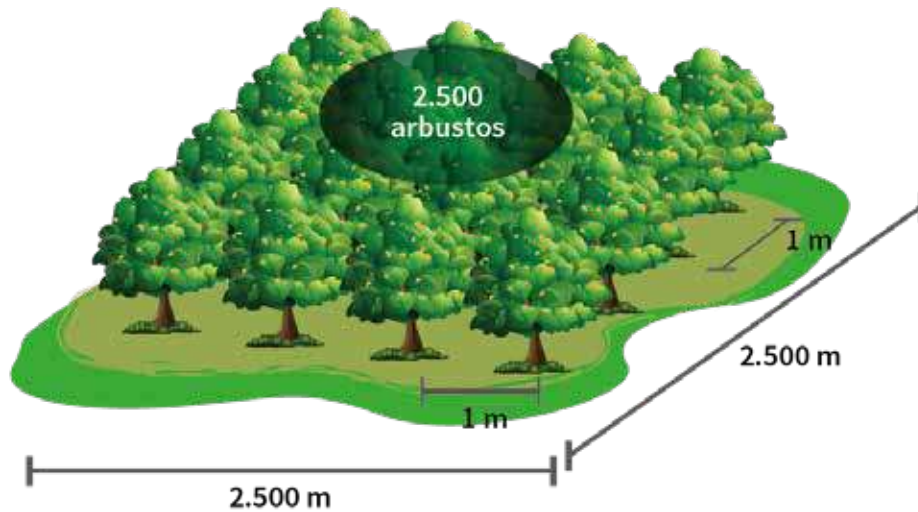


## Cálculo de la producción de biomasa en banco forrajero

Para determinar la **producción de biomasa**, se deben conocer estos datos:

- **Área del lote:** cuando se hace la integración de especies arbustivas forrajeras, se debe conocer el área del lote para estimar el número de arbustos a establecer o establecidos, dependiendo de la distancia de siembra y la biomasa que se podría obtener de ellos.
- **Número de árboles o arbustos:** la cantidad de individuos (árboles o arbustos) aprovechables para alimentar animales, con los cuales se cuenta en determinada área.

Continuando con el ejemplo, si se tiene un lote de 2.500 m<sup>2</sup> donde se establecerá un banco forrajero con la especie botón de oro, sembrado a 1 m \* 1 m, se tendrá un total de 2.500 arbustos.



Área del lote y distribución de la especie botón de oro (*T. diversifolia*) sembrado a 1 \* 1 m.

**Para determinar los niveles de producción de biomasa del lote**, deben observarse y elegirse producciones altas (mayor cantidad de biomasa), medias y bajas (menor cantidad de biomasa).

Debe tenerse en cuenta la toma de determinados números de puntos, que se establece según el área. Por ejemplo, para 10.000 m<sup>2</sup> se recomienda la toma de 100 puntos que incluyan estratos altos, medios y bajos; en el caso del lote de 2.500 m<sup>2</sup> de la especie botón de oro se tendría:

$$\begin{aligned} 10.000 \text{ m}^2 &\longrightarrow 100 \text{ puntos} \\ 2.500 \text{ m}^2 &\longrightarrow X \\ &= (2.500 \text{ m}^2 * 100 \text{ puntos}) / 10.000 \text{ m}^2 = \mathbf{25 \text{ puntos}} \end{aligned}$$

Los 25 puntos se dividen en tres para **distribuirlos en los diferentes estratos**: alto (8 puntos), medio (9 puntos) y bajo (8 puntos), por lo cual, se debe empezar a tomar la producción de biomasa por árbol en estos 25 puntos.

En lo posible, hay que tomar igual cantidad de puntos por estrato, y si al realizar la división no es igual para los tres, el estrato medio debe tener más puntos para evitar una sobreestimación (un punto en estrato alto con mayor producción de forraje) o subestimación (un punto en estrato bajo con menor producción de forraje) del follaje producido.



**Para determinar la producción de biomasa por arbusto**, tenga en cuenta si se trata de:

- **Árboles de gran altura:** son árboles donde los animales tendrán la posibilidad de hacer ramoneo y la altura es mayor a su alcance. Se debe tener en cuenta la edad y raza. Por ejemplo, el alcance de una vaca de raza Holstein es su altura de 1,50 m promedio, a lo que se suma lo alcanzado por la longitud de su cuello. Esto, con el fin de tener una idea de lo aportado por un arbusto para ramoneo.
- **Arbustivas de corte y acarreo:** en observaciones realizadas en botón de oro en el Centro de Investigación Obonuco, se encontró que a los 60 días de edad, los arbustos tienen altura promedio de 130 cm, por lo cual se hace aprovechamiento total de las hojas y los tallos, simulando el consumo animal.

Labor de recolección de biomasa producida por botón de oro (*T. diversifolia*). El corte debe simular lo que hace el animal cuando realiza pastoreo, aprovechando de mejor manera el arbusto y conociendo su potencial de producción.



Para **conocer el aforo del forraje obtenido**, se reúne toda la producción de biomasa obtenida y se toma el peso con balanza de mano o de reloj. También, se toma nota para determinar el promedio de producción por árbol y, posteriormente, la del lote.

Con los diferentes pesos de los arbustos por estrato, se procede a establecer el promedio de producción por estrato, como se muestra en la tabla.

El pesaje de biomasa botón de oro (*T. diversifolia*) indica la producción exacta de cada arbusto, permitiendo la determinación de la producción total en el lote.

ESTRATO (kg FV botón oro)	DATOS (kg) (obtenidos de los 25 puntos, según el estrato)	PROMEDIO (suma datos dividido en el número total)
Alto (3 a 4 kg)	$7+8,9+9+7+7,2+7,3+8,3+9 = 63,7$	$63,7/8 = 7,9$
Medio (1,5 a 3 kg)	$4+3,1+3,1+4+5+3,5+4+3,6+5 = 35,3$	$35,3/9 = 3,9$
Bajo (menor 1,5 kg)	$1,5+2,5+1+1+2,3+3+2+2 = 15,3$	$15,3/8 = 1,9$

Producción promedio por estrato de botón de oro (*T. diversifolia*).

En la columna 2 (Datos kg), se tiene el **peso obtenido por punto y la sumatoria de producción total**; en la columna 3 (Promedio), se divide la producción total por estrato en los 8 puntos del estrato alto (8 puntos tomados) para obtener el **promedio por planta, por estrato**.

Por último, se toma el **porcentaje de arbustos en cada estrato dentro del lote**. Por medio de observación, se establece si, por ejemplo, dentro del lote hay árboles de porte bajo en un 50 %, permitiendo **establecer, con mayor precisión, la biomasa** que aportan los diferentes estratos.

Para el ejemplo, en el estrato alto se presenta en un 30 %; en el medio, en 50 %; y en el bajo, en 20 %. Con este, obtenemos el **promedio por individuo real** y el **total de producción del lote**, así:

**Estrato alto**

7,9 kg	→	100 %
X	→	20 %

$= 7,9 \text{ kg} * 20 \% / 100 \% = 1,5 \text{ kg FV}$

**Estrato medio**

3,9 kg	→	100 %
X	→	50 %

$= 3,9 \text{ kg} * 50 \% / 100 \% = 1,9 \text{ kg FV}$



**Estrato bajo**

1,9 kg     $\longrightarrow$     100 %  
 X             $\longrightarrow$         30 %

$= 1,9 \text{ kg} * 30 \% / 100 \% = 0,6 \text{ kg FV}$

Estrato	Aporte total por estrato
Alto	1,5 kg
Medio	1,9 kg
Bajo	0,6 kg
Producción promedio/ lote	4 kg/ individuo

Aporte en kilogramos, por individuo, del lote.

Así, el **promedio de producción por arbusto de botón de oro es 4 kg FV** y multiplicando este valor por el número de individuos del lote, se obtiene la producción total por el lote.

**Producción por lote:** 4 kg de FV \* 2.500 arbustos = **10.000 kg de FV**

En materia seca, el aporte de botón de oro sería:

10.000 kg FV     $\longrightarrow$     100 %  
 X                     $\longrightarrow$         14 %

$= 10.000 \text{ kg FV} * 14 \% / 100 \% = 14 \text{ kg MS}$

Como el botón de oro tiene un **tiempo de descanso de 60 días**, la producción al momento del corte se divide en 60, obteniendo el **estimado de forraje disponible diariamente:**

$1.400 \text{ kg MS} / 60 \text{ días} = 23,3 \text{ kg de MS de botón de oro por día}$



Al asumir un porcentaje de inclusión de 35 % del total de la dieta en botón de oro (6,73 kg de MS), teniendo la disponibilidad de forraje por día, se sabe **cuántos animales pueden alimentar diariamente**:

$$23,3 \text{ kg de botón de oro} / 6,73 \text{ kg MS} = \mathbf{3,5 \text{ animales}}$$

De esta manera, para el ejemplo trabajado, se concluye que **el botón de oro cosechado a 60 días de edad es suficiente para completar en un 35 % la dieta de 3 animales**.

**El alimento restante debe completarlo el forraje.** Para el caso anterior, con el kikuyo, que produjo 0,04 kg de MS por m<sup>2</sup>, se debe suministrar la cantidad de FV en fresco, que supla los 12,52 kg de MS que harían falta para suplir las necesidades del animal, así:

$$\begin{array}{rcl} 12,52 \text{ kg MS kikuyo} & \longrightarrow & 16 \% \\ X & \longrightarrow & 100 \% \\ & & = (12,52 \text{ kg MS kikuyo} * 100 \%) / 16 \% \\ & & = \mathbf{78,25 \text{ kg FV kikuyo}} \end{array}$$

Así, contando con un lote de **2.500 m<sup>2</sup>**, sembrado con **botón de oro 1 m \* 1 m** y cosecha a los **60 días de edad**, pueden alimentarse **3,5 animales**, cuya dieta sería de **47,8 kg de botón de oro** (suplementada en un 35 %) y **75,25 kg de FV de kikuyo**.

En épocas de lluvia, la cantidad de forraje puede aumentar. Por lo tanto, la biomasa producida en botón de oro se podrá conservar para alimentar los animales en época de baja oferta de pasturas.



## Fertilización, manejo de plagas, arvenses y enfermedades

Los sistemas agroforestales tienen como base fundamental la sostenibilidad y se presentan como una alternativa resiliente ante los efectos del cambio climático, debido a su alto nivel de diversidad de especies, la variedad de interacciones que se dan entre sus componentes y su contribución a la economía local.

Una de las características de los sistemas agroforestales es el manejo y **uso sustentable de los recursos**, respetando los ecosistemas existentes, mediante la promoción de sistemas productivos que permiten **mantener un equilibrio entre lo agrícola y lo ambiental**. En este sentido, la **aplicación de enmiendas orgánicas** es una de las prácticas recomendadas.

### Biofertilizantes

Son el **resultado de la descomposición o fermentación** (mediante la acción de microorganismos) **de materia orgánica disuelta en agua**, transformando elementos que no podrían ser aprovechados directamente por las plantas en sustancias fácilmente asimilables por ellas.

NOMBRE	FUNCIÓN	MATERIALES	PREPARACIÓN	APLICACIÓN
<b>FERTILIZANTE LÍQUIDO</b>	<p>Vitalizador de plantas cultivadas.</p> <p>Estimulador del crecimiento.</p> <p>Preventivo de plagas y enfermedades.</p>	<p>Para preparar 120 l, se utilizan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 balde plástico de 200 l.</li> <li>• 10 kg de plantas frescas picadas (herbáceas y leguminosas).</li> <li>• 60 l de estiércol fresco de vaca, caballo, cerdos y gallinas.</li> <li>• 3 kg de ceniza de madera.</li> <li>• 4 kg de polvo de basalto.</li> <li>• 500 g de cáscara de huevo.</li> <li>• 3 kg de ceniza.</li> <li>• 5 l de leche o suero de leche.</li> <li>• Agua para completar los 170 l del tanque.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recolectar las partes aéreas de las plantas.</li> <li>2. Triturar las hojas.</li> <li>3. Mezclar los ingredientes en medios líquidos.</li> <li>4. Revolver cada día el preparado; mantenerlo tapado con trampa de gas para fermentación anaeróbica.</li> <li>5. A los 2 meses, filtrar la mezcla.</li> <li>6. Envasar en recipiente plástico o de vidrio, preferiblemente oscuro.</li> </ol>	<p>El preparado se puede diluir 1:20.</p> <p>Se recomienda regar sobre la tierra y las plantas cada 20 días.</p>
<b>HUMUS LÍQUIDO</b>	<p>Abono foliar y radicular.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ½ kg de humus de lombriz.</li> <li>• 2,5 l de agua (de lluvia o reposada).</li> <li>• Balde plástico de 20 l.</li> <li>• Removedor.</li> <li>• Lienzo.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mezclar en un balde plástico ½ kg de humus de lombriz con 2,5 l de agua.</li> <li>2. Dejar reposar la mezcla durante 48 horas.</li> <li>3. Filtrar en el lienzo.</li> <li>4. Envasar en bidones no transparentes.</li> </ol>	<p>Diluir 2,5 ml de humus líquido por cada litro de agua.</p> <p>Se aplica en aspersión o riego cada 3 días.</p>

<b>PASTA FERTILIZANTE PARA TRONCO DE FRUTALES</b>	<p>Fortalecedor del crecimiento de frutales.</p> <p>Nutrición de la planta en el periodo de invierno (dormancia), fortaleciendo la brotación primaveral.</p> <p>Cicatrizante de heridas en tronco y ramas.</p>	<p>Para preparar 10 l, se utilizan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 l de arcilla.</li> <li>• 10 l de arena.</li> <li>• 10 l de estiércol fresco de vaca.</li> <li>• 2 kg de harina o almidón.</li> <li>• 1 kg de ceniza de madera.</li> <li>• 1 kg de polvo de basalto.</li> <li>• 4 l de leche o suero.</li> <li>• 10 l de decocción de cola de caballo.</li> <li>• 5 l de purín de ortiga.</li> <li>• Agua (de lluvia o reposada).</li> <li>• Recipiente de plástico o metal, mezcladora.</li> <li>• Palas, tamiz, baldes, pinceles y cepillo.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mezclar bien todos los ingredientes dentro de un recipiente. Los ingredientes deben ser lo más finos posible, por lo que se sugiere tamizarlos.</li> <li>2. Agregar agua hasta lograr la consistencia deseada.</li> <li>3. Aplicar la pasta en la superficie del tronco y ramas con las manos (si la mezcla es espesa) o con pinceles (si ha quedado más líquida). Para mejorar el efecto, antes de aplicar, se recomienda cepillar el tronco, para eliminar líquenes y corteza suelta.</li> </ol>	<p>Aplicar pintando o colocando en el tronco una capa fina hasta una altura de 40–60 cm.</p>
---	--	---	--	--

Enmiendas orgánicas.

Fuentes: FAO, Fundación RUAF e IPES (2010), Bolaños y otros (2016), Brito y otros. (2016), y Lezama (2013).



## Biofungicidas

Se **preparan con elementos minerales y/o partes de vegetales** que poseen **propiedades para impedir el crecimiento o eliminar los hongos y mohos** que provocan enfermedades en las plantas.

NOMBRE	FUNCIÓN	MATERIALES	PREPARACIÓN	APLICACIÓN
<b>CALDO BORDELES</b>	Preventivo de enfermedades transmitidas por hongos.	Para preparar 200 l, se utilizan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 recipiente plástico.</li> <li>• 1 kg de cal hidratada.</li> <li>• 1 kg de sulfato de cobre.</li> <li>• 200 l de agua.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mezclar en un barril de plástico, la cal hidratada y el sulfato de cobre poco a poco en el agua. Este se disuelve completamente, mientras la cal queda suspendida.</li> <li>2. Revolver constantemente.</li> <li>3. Colar con una tela para evitar tapaduras en la bomba.</li> </ol>	Se debe mojar bien el cultivo. Repetir la aplicación cada 15 días.
<b>INFUSIÓN DE MANZANILLA</b>	Prevenir enfermedades transmitidas ( <i>Peronospora</i> sp.), oídio (varios hongos), roya ( <i>Puccinia</i> sp. y otros) en diferentes cultivos.	Para preparar 1 l, se utilizan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 g de flores de manzanilla (<i>Matricaria recutita</i> o <i>M. chamomilla</i>) frescas o secas.</li> <li>• 1 l de agua caliente.</li> <li>• 1 recipiente de 1 l (preferiblemente de plástico).</li> <li>• 1 filtro.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar 25 g de flores de manzanilla, frescas o secas, en un litro de agua caliente.</li> <li>2. Dejar reposar por media hora.</li> <li>3. Filtrar y aplicar inmediatamente.</li> </ol>	La infusión se aplica sin diluir, pulverizando las plantas.  En plantas jóvenes, controla los hongos que producen pudrición del pie de la planta.

Enmiendas biofungicidas.

Fuentes: FAO, Fundación RUAF e IPES (2010), Bolaños et al. (2016), Brito et al. (2016), y Lezama (2013).

## Bioinsecticidas

Se **preparan a base de sustancias naturales con propiedades reguladoras**, de control o de eliminación de insectos considerados plagas para los cultivos.

NOMBRE	FUNCIÓN	MATERIALES	PREPARACIÓN	APLICACIÓN
<b>DILUCIÓN ACUOSA DE JABÓN</b>	Control de homópteros como pulgones y cochinillas.	Para 10 l, se utilizan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 barra de jabón blanco común (sin perfume).</li> <li>• 10 l de agua (de lluvia o reposada).</li> <li>• Recipiente de 10 l.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rallar una barra de jabón blanco en 10 l de agua.</li> <li>2. Filtrar.</li> <li>3. Aplicar sobre la planta afectada.</li> </ol>	El preparado se aplica directamente sobre el cultivo, preferiblemente temprano en la mañana.
<b>INSECTICIDA A BASE DE AJO, AJÍ Y ALCOHOL ETÍLICO</b>	Repelente de insectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 454 g de ajo.</li> <li>• 227 g de ají.</li> <li>• 700 ml de alcohol etílico.</li> <li>• 700 ml de agua.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Licuar los ingredientes.</li> <li>2. Transferir la mezcla a un recipiente para iniciar el proceso de fermentación.</li> <li>3. Dejar 15 días para que se fermente.</li> <li>4. Cernir para eliminar residuos sólidos.</li> <li>5. Envasar en frascos para su posterior uso.</li> </ol>	Se aplica directamente sobre las plantas.



<b>PURÍN DE PENCA DE SÁBILA (Aloe vera)</b>	Previene gusanos de las hortalizas, cogollero de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> ) y del maíz ( <i>Zea mays</i> ), trips y cucarrones del fríjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	Para preparar 2 l, se utilizan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 envase plástico de 2 l.</li> <li>• 200 g de penca de sábila (aloe vera).</li> <li>• 200 g de hojas de paico (<i>Chenopodium ambrosioides</i>).</li> <li>• 2 l de agua (de lluvia o reposada).</li> <li>• 200 g de jabón azul.</li> <li>• Costal.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Moler o machacar 200 g de penca de sábila.</li> <li>2. Moler o machacar 200 g de hojas de paico.</li> <li>3. Mezclar en un recipiente con 2 l de agua.</li> <li>4. Fermentar por 3 días a la sombra, tapando con un costal o lienzo para evitar que le caigan insectos.</li> </ol>	Aplicar en horas de la tarde, preferiblemente después de las 3 p. m.
<b>SOLUCIÓN DE TABACO FERMENTADA</b>	Repelente de insectos	Para preparar 10 l, se utilizan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 recipiente de 10 l con tapa.</li> <li>• 1 kg de tabaco en hebras.</li> <li>• 10 l de agua (de lluvia o reposada).</li> <li>• Lienzo o tela para filtrar.</li> <li>• Jabón blanco.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agregar 1 kg de tabaco en hebras en 10 l de agua.</li> <li>2. Fermentar durante 15 días, tapando el recipiente para evitar contaminación.</li> <li>3. Agitar periódicamente.</li> <li>4. Filtrar con lienzo y agregar jabón blanco a la preparación para mejorar la adherencia.</li> </ol>	Se aplica directamente sobre las plantas.
<b>INSECTICIDA DE ESTIÉR-COL DE VACA</b>	Repele insectos chupadores como la mosca blanca y los chinches. Abono foliar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30 lb de estiércol fresco.</li> <li>• 100 l de agua.</li> <li>• 1 barril.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agregar el estiércol en los 100 litros de agua en el barril y revolver constantemente.</li> <li>2. Sellar el barril para que la mezcla se fermente, removiendo cada dos días, hasta cumplir los 12 días.</li> <li>3. Filtrar.</li> </ol>	Se aplica directamente sobre el cultivo, con la ayuda de una bomba de 20 l.

Enmiendas bioinsecticidas.

Fuentes: FAO, Fundación RUAF e IPES (2010), Bolaños y otros (2016), Brito y otros (2016), y Lezama (2013).





11

## Costos de implementación de diseños silvopastoriles

Los costos de producción en los sistemas de alimentación animal son difíciles de definir, ya que en el país no se cuenta con el hábito de determinarlos, por parte de técnicos y productores, desconociendo así la importancia que estos representan.

Iniciar la implementación de diferentes **arreglos silvopastoriles acarrea altos costos de establecimiento pero, con el tiempo, la relación costo-beneficio es superior.**

Conocer los costos de producción permite intuir posibles cambios en los sistemas productivos y predecir si la implementación de una tecnología en la producción mejoraría los indicadores productivos y la rentabilidad.



Gonzales (2013) comparó el establecimiento de un sistema silvopastoril con la instalación de una pradera en forrajes. El establecimiento fue más costoso pero, con el tiempo, se vio reflejado en el mejoramiento del bienestar animal y de parámetros productivos como:

- La carga animal.
- El peso al destete.
- La disminución de muerte en diferentes etapas de producción.
- El aumento en la cantidad de leche producida.

A continuación, se muestran algunos de los **costos que deben tenerse en cuenta** al implementar algunos diseños silvopastoriles, incluyendo labores de trabajo y algunos insumos básicos necesarios para su establecimiento.

## Para la propagación de plántulas

Concepto	Unidad	Val. ind. (\$)	Cantidad	Val. total (\$)
Tierra	Kilogramo	30	2.500	75.000
Bolsa (6,5 * 12 cm) 250 g	Unidad	70	1.000	70.000
Estacas	Unidad	300	1.000	300.000
Llenado de bolsa	Día	20.000	1,25	25.000
Enraizador	Gramo	170	200	34.000
Siembra en bolsa	Día	20.000	0,4	8.000
Mantenimiento fitosanitario	Hora	20.000	0,2	4.000
Control arvenses manual	Metro cuadrado	20.000	1	20.000
Total/ Propagación 1.000 bolsas				536.000

Costos para la propagación de plántulas de especies arbustivas forrajeras (100 plantas).

Los **costos pueden ser variables**, teniendo en cuenta que **los productores tienen alternativas para cumplir con las labores**. En el caso de los jornales, puede recurrir a la mano de obra familiar; puede contar con insumos como la tierra, las estacas aprovechadas de árboles presentes en la finca, los enraizadores naturales, como la sábila (*aloe vera*) o la germinación de las estacas directamente en el sitio a establecer la plántula.

## Para la implementación de banco forrajero mixto

Concepto	Unidad	Val. ind. (\$)	Cantidad	Val. total (\$)
Análisis de suelo	Muestra	114.000	1	114.000
Aplicación herbicida	Día	20.000	3	60.000
Herbicida	Litro	1.600	4	6.400
Ahoyado	Día	20.000	49	980.000
Árboles botón de oro	Unidad	536	5.000	2.680.000
Árboles sauco	Unidad	536	5.000	2.680.000
Siembra	Día	20.000	35	700.000
Fertilización orgánica	Bulto	21.500	20	430.000
Hidrorretenedor	Kilo	22.000	30	660.000
Aplicación de riego	Trimestre hora/ día	225.000	1	225.000
Alambre	Kilo (37 m)	5.900	22	129.800
Postes (7*6*180 cm)	Unidad	4.000	67	268.000
Plateo manual	Día	20.000	49	980.000
Total valor establecimiento una hectárea banco forrajero mixto				9.799.200

Costos de implementación de una hectárea de banco forrajero mixto con las especies botón de oro y sauco.



Para este diseño, se utiliza el **método de labranza mínima**, aplicando herbicida que disminuye la dominancia de arvenses y evita mayores gastos en plateo. Aun así, se tienen en cuenta **labores de mantenimiento para después de la instalación**, como plateos y el costo de la labor de aplicación de riego. La especie a establecer puede ser sauco (*S. nigra*), tilo (*S. nigra* subsp. *peruviana*) o botón de oro (*T. diversifolia*), sembrado a una distancia de 1 m \* 1 m.

Se cuentan labores que pueden ser variables dependiendo de la disposición del productor; si no se cuenta con **fertilización**, no se realiza el análisis de suelos por la dificultad para aplicar los correctivos.

En algunas localidades, las entidades encargadas del cuidado ambiental **donan especies vegetales** para los productores que siembran árboles en sus fincas, lo cual reduce notablemente los costos que se han propuesto para los diseños; en este caso, serían 5.360.000 pesos menos. Además, los costos **por mano de obra disminuirán al contar con apoyo de trabajo familiar**.

El **cercado del lote** se plantea para **evitar el daño del cultivo**, contando con una doble línea de alambre y postes; pero al no haber influencia en los lotes de animales, se puede omitir. Los precios de cada insumo pueden ser más bajos, dependiendo de la disponibilidad en cada localidad.



## Para la implementación de árboles dispersos

Concepto	Unidad	Val. ind. (\$)	Cantidad	Val. total (\$)
Análisis de suelos	Muestra	114.000	1	114.000
Preparación lote	Día	50.000	4	200.000
Ahoyado	Día	20.000	1	20.000
Árboles	Unidad	536	100	53.600
Hidrorretenedor	Kilo	22.000	1	22.000
Fertilizante orgánico	Bulto	21.500	0,5	10.750
Siembra	Día	20.000	0,5	10.000
Plateo	Día	20.000	1	20.000
Valor total establecimiento árboles dispersos				336.350

Costos de implementación de una hectárea de árboles dispersos con la especie aliso (*A. acuminata*).

En este ejemplo, los costos se plantean para una hectárea de aliso (*A. acuminata*) sembrado a una distancia de 10\*10 m. Se recomienda el **aprovechamiento del pasto por medio de corte y acarreo** mientras se desarrollan totalmente los árboles.

Al introducir animales, se debe establecer **cerca individual** para cada árbol, lo cual acrecentaría los costos en la implementación del diseño.

## Para la implementación de seto perimetral

Concepto	Unidad	Val. ind. (\$)	Cantidad	Val. total (\$)
Análisis de suelo	Muestra	114.000	1	114.000
Ahoyado	Día	20.000	24	480.000
Árboles sauco	Unidad	536	667	357.512
Árboles tilo	Unidad	536	667	357.512
Árboles aliso	Unidad	536	334	179.024
Siembra	Día	20.000	18	360.000
Fertilización orgánica	Bulto	21.500	9	193.500
Hidrorretenedor	Kilo	22.000	13	286.000
Plateo manual	Unidad	20.000	24	480.000
Alambre	Kilo (37 m)	5.900	27	159.300
Postas (7*6*180 cm)	Unidad	4.000	167	668.000
Valor total establecimiento seto perimetral				3.520.848

Costos implementación un kilómetro de seto perimetral multiestrato de tres líneas.

Las especies a sembrar en este diseño son **tres en tres líneas**, donde las **especies arbustivas** se ubicarían en las **líneas externas** y la de **porte alto** en la **línea media**. Las especies sauco (*S. nigra*) y tilo (*S. nigra* subsp. *peruviana*), ubicadas en las líneas externas, se dispusieron para sembrarse a distancia de 1,5 m; en el caso del aliso (línea interna), se sembrará a una distancia de 3 m.

Los costos de establecimiento aumentan debido al **número de líneas a utilizar** y pueden disminuir, dependiendo de la **disponibilidad de insumos** en la unidad productiva.





## Consideraciones finales

- En el trópico altoandino de Nariño, existe un **escaso conocimiento** sobre el **establecimiento, manejo y uso de especies arbustivas en diseños silvopastoriles**, por lo que este tipo de publicaciones será una guía importante de transferencia de conocimiento para extensionistas, productores y estudiantes que puedan replicar dicha información.
- Los autores se basaron en su **experiencia profesional** y en los **resultados adquiridos** desde el macroproyecto *Mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de sistemas de alimentación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de leche en el trópico alto del departamento de Nariño*. Por ello, la mayoría de los datos informados, metodologías y prácticas propuestas están **validados en la experiencia de campo, en el contexto del proyecto**.
- Los sistemas silvopastoriles con el uso de especies forrajeras que complementen la alimentación animal y presten servicios ambientales son una **estrategia integral para la reconversión de los sistemas ganaderos del trópico alto** del país. Este tipo de divulgación tiene la intención de motivar para el uso de esta clase de sistemas, pero son los productores quienes finalmente deben dar el primer paso hacia el cambio de la concepción de sus sistemas productivos.



# Glosario

**Almidón:** reserva energética en las plantas y una de las fuentes principales de energía para animales y humanos. Químicamente, es una mezcla de dos polisacáridos: amilopectina (polímero ramificado) y amilosa (polímero lineal). Tiene diferentes propiedades y, por tanto, diferentes aplicaciones.

**Antioxidante:** sustancia que, al estar presente en concentraciones bajas con respecto a moléculas orgánicas o inorgánicas de la célula viva, evita su unión con el oxígeno, lo que generaría un deterioro oxidativo. Para evitar dicha oxidación, el antioxidante se une con el oxígeno.

**Antocianina:** pigmentos de las plantas, hidrosolubles, ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Está disuelta en el citoplasma y da diferentes coloraciones, principalmente el rojo.

**Árbol:** planta perenne de tallo leñoso, que se ramifica a cierta altura del suelo y cuya altura supera los 5 metros.

**Arbusto:** planta leñosa menor a 3 metros de alto y ramificada desde la base.

**Auxina:** hormona encargada del crecimiento de las plantas, promotora de la iniciación del enraizamiento; principalmente, de raíces laterales y adventicias en las fases juveniles.

**Baya:** tipo de fruto carnoso con semillas rodeadas de pulpa, como el tomate y la uva.

**Biodiversidad:** variedad de especies animales y vegetales en su medio ambiente.

**Biomasa:** materia orgánica proveniente de árboles, plantas y desechos de animales, producto de la fotosíntesis, para ser aprovechada y proveer de energía por diferentes procesos.

**Bromatológico:** evaluación del contenido nutricional de un alimento.

**Célula:** unidad funcional fundamental de los organismos vivos que realiza todas las funciones características de estos. Tiene relación con el ambiente que la rodea, los



estímulos generados por ellos y realiza intercambio constante de moléculas. Contiene la información genética (ADN) de cada especie y genera una célula a su imagen.

**Cóccidos:** familia de los hemípteros; desde el punto de vista agrícola, son considerados plagas que llegan a generar daños considerables a los cultivos.

**Digestibilidad:** facilidad de un alimento para ser digerido.

**Edafoclimático:** relativo a las observaciones realizadas a componentes como el suelo y variaciones climáticas.

**Emoliente:** dicho de un medicamento que sirve para ablandar una dureza o un tumor.

**Especie:** conjunto de elementos semejantes entre sí por tener uno o varios caracteres comunes.

**Fenólico:** componente más común de las plantas y los vegetales que tienen una alta capacidad antioxidante.

**Foliolo:** cada una de las hojas que forman una hoja compuesta.

**Follaje:** conjunto de hojas de los árboles y de otras plantas.

**Forraje:** plantas herbáceas, anuales o plurianuales, gramíneas o leguminosas, verdes o secas, cuyo aprovechamiento se puede hacer mediante pastoreo directo o corte y acarreo.

**Gramínea:** grupo de plantas que forman pastizales. Poseen un tallo cilíndrico, con nudos y hojas en forma de lámina alargada que abrazan el tallo.

**Herbácea:** planta con características de hierba y una altura menor a 10 centímetros de altura.

**Hidrosoluble:** que se disuelve en agua. En el caso de las vitaminas, como el cuerpo no puede almacenarlas, es necesario aportarlas a diario.

**Hoja compuesta:** aquella en que la hoja forma numerosos foliolos u hojas parecidos a una hoja simple. Contienen también un pequeño peciolo.

**Hoja simple:** tiene una única hoja o lámina entera, cuyo punto de inicio es una yema. Los recortes nunca forman piezas independientes.

**Liposoluble:** que se disuelve en grasas. Las vitaminas se almacenan en el tejido adiposo y el hígado, por lo cual el exceso en su consumo puede ser perjudicial.

**Metano:** gas incoloro, inodoro y muy inflamable, más ligero que el aire. Se produce en la naturaleza por la descomposición de la materia orgánica a temperatura normal y se halla presente con elevada persistencia en la atmósfera.

**Metanógenos:** microorganismos que obtienen energía a partir de la síntesis del metano.

**Monocultivo:** plantación agrícola de una sola especie.

**Morfología:** parte de la biología que trata la forma de los seres orgánicos y de las modificaciones o transformaciones que experimentan.

**Nutriente:** sustancia química (proteína, carbohidrato, grasa, mineral, vitamina y agua) contenida en los alimentos, que se necesita para el funcionamiento y crecimiento normal del organismo.

**Oleaginosas:** plantas cuya composición estructural, fruto o semilla contienen aceites para uso comestible o industrial.

**Palatabilidad:** característica de un alimento que estimula una respuesta selectiva de un animal que pastorea, siendo determinante en el consumo de especies vegetales.

**Palatable:** alimento agradable para el animal.

**Pectina:** se encuentra presente en tejidos vegetales y es conocida por su capacidad para ligar agua (utilizado en industria como agente gelificante). Su estructura se compone de unidades de ácido  $\alpha$ -D-galacturónico, con pequeñas cantidades de azúcares neutros como galactosa, arabinosa y xilosa.

**Pediculado-Peciolado:** provisto de pedúnculo (pecíolo) o prolongación de la hoja, flor o fruto del cual se sostienen al tallo de la planta.

**Perenne:** que dura más de dos años continuos.

**Pivotante:** comportamiento radical de los árboles. La raíz se hunde verticalmente en la tierra, de forma fuerte, como prolongación del tronco.

**Resiliencia:** capacidad de adaptación de un ser vivo frente a un agente perturbador o un estado o situación adversos.



**Saponinas:** en las plantas, poseen un característico sabor amargo y son sustancias solubles en agua, capaces de formar espuma. Actúan como barreras protectoras contra el ataque de patógenos y herbívoros.

**Simetría:** correspondencia que puede distinguirse en una planta, respecto a un centro, un eje o un plano, obteniendo órganos o partes equivalentes.

**Suplementar:** acción de administrar un alimento o mezcla de alimentos que se agregan a otro que se llama dieta base. El pastoreo es la dieta base y el concentrado, el suplemento.

**Taninos:** compuestos fenólicos que se encuentran presentes en la corteza de algunos árboles y en el interior de diversos frutos. De acuerdo a su concentración, su efecto puede ser positivo o negativo en el animal.

# Referencias

Amado Saavedra, G. M., Criollo Campos, P. J., Carvajal Salcedo, T., Roa Triana, J., Cuesta Peralta, A., Conde Pulgarín, A., Umaña Arboleda, A., Bernal, L. M., Barreto de Escovar, L., & Sánchez Matta, L. (2010). *El sauco (Sambucus nigra) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano*. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13488>

Belalcázar, L., & Narváez, O. (2008). *Valoración nutritiva del forraje colilla negra (Smallanthus pyramidalis) en mezcla con pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum) en la alimentación de cuyes (cavia porcellus), fases de levante y engorde*. Informe final de Trabajo de Grado. Pasto. Universidad de Nariño - SIREDA.

Cárdenas, C., Rocha, C., & Mora, J. (2011). Productividad y preferencia de forraje de vacas lecheras pastoreando un sistema silvopastoril intensivo de la zona altoandina de Roncesvalles, Tolima. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4(1), 29-35.

Cardona, J. L., Angulo, J., & Mahecha, L. (2002). Less nitrogen losses to the environment and more efficiency in dairy cows grazing on silvopastoral systems with *Tithonia diversifolia* supplemented with polyunsaturated fatty acids. *Agroforestry Systems*, 96, 343-357 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00722-7>

Cardona, J., Mahecha, L., & Angulo, J. (2016). Arbustivas forrajeras y ácidos grasos: estrategias para disminuir la producción de metano entérico en bovinos. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1):273-288. doi:10.15517/am.v28i1.21466

Cardona, J., Mahecha, L., & Angulo, J. (2019). Estimación de metano en vacas pastoreando sistemas silvopastoriles con *Tithonia diversifolia* y suplementadas con grasas polinsaturadas. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 29(2), 107-118. [www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/46223/articulo4.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/46223/articulo4.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



- Escobar, L., Guatusmal, C., Meneses, D., Cardona, J., & Castro, E. (2019). Evaluación de estratos arbóreos y arbustivos en un sistema silvopastoril en el trópico altoandino colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 803-819. doi:10.15517/am.v30i3.35645
- Eyssartier, C., Ladio, A., & Lozada, M. (2009). Uso de plantas medicinales cultivadas en una comunidad semi-rural de la estepa patagónica. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 8(2), 77-85. [www.redalyc.org/pdf/856/85611769004.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/856/85611769004.pdf)
- Gallego, J., Morales, S., & Vivas, N. (2011). Especies arbóreas y arbustivas forrajeras en sistemas de producción ganadera del trópico bajo del departamento del Cauca. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4(1), 41-46.
- Gonzales, J. (2016). *Alternativa silvopastoril para trópico alto con base en bancos forrajeros con Dalia (Dalhia imperialis) y Sauco (Sambucus nigra) en el Páramo de Cruz Verde*. [Tesis de maestría, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, UDCA]. <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/547/1/Tesis%20dalia%20final%202016.pdf>
- Grajales, B., Botero, M., & Ramírez, J. (2015). Características, manejo, usos y beneficios del sauco (*Sambucus nigra* L.) con énfasis en su implementación en sistemas silvopastoriles del trópico alto. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 155-168. [www.researchgate.net/publication/299136062\\_Caracteristicas\\_manejo\\_usos\\_y\\_beneficios\\_del\\_saucu\\_Sambucus\\_nigra\\_L\\_con\\_énfasis\\_en\\_su\\_implementacion\\_en\\_sistemas\\_silvopastoriles\\_del\\_Tropico\\_Alto](http://www.researchgate.net/publication/299136062_Caracteristicas_manejo_usos_y_beneficios_del_saucu_Sambucus_nigra_L_con_énfasis_en_su_implementacion_en_sistemas_silvopastoriles_del_Tropico_Alto)
- Guatusmal-Gelpud, C., Escobar-Pachajoa, L. D., Meneses-Buitrago, D. H., Cardona-Iglesias, J. L., & Castro-Rincón, E. (2020). Producción y calidad de *Tithonia diversifolia* y *Sambucus nigra* en trópico altoandino colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 193-208, 2020. <https://dx.doi.org/10.15517/am.v31i1.36677>

- Guzmán, A., & Barrera, D. (2011). Estudio fitoquímico de hojas y flores de *Smallanthus pyramidalis* (Triana) H. Rob. (Arboloco) y su uso en la recuperación de los humedales de Bogotá. *Colombia Forestal*, 14(1), 41-50.
- Londoño, J., Mahecha, L., & Angulo, J. (2019). Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 11(1). <https://doi.org/10.24188/recia.v0.n0.2019.693>
- Murgueitio, E., Chará, D., Solarte, A., Uribe, F., Zapata, C., & Rivera, J. (2013). Agroforestería pecuaria y sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (RCCP)*, 26, 313-316
- Murgueitio, E., Zuluaga, A., Galindio, W., Uribe, F., & Rivera, J. (2013). Los sistemas silvopastoriles (SSPi) en el trópico de altura son una herramienta para la adaptación de la lechería al cambio climático. *Infortambo Andina*, 58-60.
- Navas, A. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista de Medicina Veterinaria*, 19, 113-122. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4943933>
- Navas, A. (2017). Conocimiento local y diseño participativo de sistemas silvopastoriles como estrategia de conectividad en paisajes ganaderos. *Revista de medicina veterinaria*, 34(1), 55-65.
- Ortega, D., & Yela, J. (2010). *Evaluación de dos sistemas de propagación del arbusto forrajero colla negra (Smallanthus pyramidalis) bajo tres densidades de siembra en un arreglo de banco de proteína durante el periodo de establecimiento*. [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño].

- Reyes, J. (2015). *Manual diseño y organización de viveros*. Consejo Nacional de Competitividad; Clúster de Viveristas Dominicano; CE-DAF. [www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/05/Manual-de-Diseño-y-Organización-de-Viveros.pdf](http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/05/Manual-de-Diseño-y-Organización-de-Viveros.pdf).
- Sánchez, L., Amado, G., Criollo, P., Carvajal, T., Roa, J., Cuesta, A., Conde, A., Umaña, A., Bernal, L., & Barreto, L. (2009). *El Sauco (Sambucus nigra) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano*. AGROSAVIA
- Sánchez, L., Amado, G., Criollo, P., Carvajal, T., Roa, J., Cuesta, A., Conde, A., Umaña, A., Bernal, L., & Barreto, L. (2009). *El Aliso (Alnus acuminata H.B.K) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano*. AGROSAVIA
- Sánchez, M. (2002). Sistemas silvopastoriles: el futuro sustentable de la ganadería tropical. *Agroforestería en las Américas*, 9(33-34), 4-5.
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). (2015). *Establecimiento de sistemas silvopastoriles intensivos y bancos mixtos de forrajes*. [chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/4620/sistemas\\_silvopastoriles\\_intensivos\\_;jsessionid=681DFD10E1A765990FB-79D4E57697E5D?sequence=1](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/4620/sistemas_silvopastoriles_intensivos_;jsessionid=681DFD10E1A765990FB-79D4E57697E5D?sequence=1)
- Urbano-Estrada, M. F., Castro-Rincón, E., & Cardona-Iglesias, J. L. (2020). Variación en la concentración de sólidos solubles en tres especies arbustivas forrajeras del trópico alto de Colombia. *Pastos y Forrajes*, 43(3), p. 201-209.

Las consecuencias del cambio climático se observan en los campos del mundo. Los cambios en el aumento de la temperatura y los patrones climáticos vienen ocasionando grandes pérdidas de cosechas y de productos pecuarios, debido a la aparición de plagas y enfermedades en los cultivos, el deterioro de los suelos y la falta de alimento para los animales.

En el trópico altoandino, y producto de la variabilidad climática, se presenta el fenómeno conocido como “estacionalidad forrajera”, que hace que, en los sistemas ganaderos, la cantidad y la calidad de alimento para el ganado disminuya ostensiblemente. Los sistemas silvopastoriles propician el uso de arbustivas forrajeras, especies vegetales con un potencial reconocido para mejorar la alimentación del ganado, recuperar suelos y fuentes hídricas, así como mitigar el impacto del clima sobre los sistemas pastoriles basados en forrajes.

En este manual se ofrecen recomendaciones sobre el manejo y uso de varias especies arbustivas forrajeras con potencial para la ganadería del trópico alto colombiano, basados en caracterizaciones e investigaciones realizadas por AGROSAVIA.

**AGROSAVIA**

EDITORIAL