AGROSAVIA
EDITORIAL

Establecimiento de un arreglo silvopastoril de árboles dispersos como alternativa hacia una ganadería sostenible en el Caribe seco colombiano











SGR
SISTEMA GENERAL DE REGALÍAS

AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria



Establecimiento de un arreglo silvopastoril de árboles dispersos como alternativa hacia una ganadería sostenible en el Caribe seco colombiano



Establecimiento de un arreglo silvopastoril de árboles dispersos como alternativa hacia una ganadería sostenible en el Caribe seco colombiano

José Edwin Mojica Rodríguez

Milton Rivera Rojas

Adelina Rosa Caballero López

Darwin Fabián Lombo Ortiz

Guillermo Antonio Garay Oyola

Colección Alianzas AGROSAVIA

Establecimiento de un arreglo silvopastoril de árboles dispersos como alternativa hacia una ganadería sostenible en el Caribe seco colombiano. / José Edwin Mojica Rodríguez [y otros cuatro]
- Mosquera (Colombia): AGROSAVIA, 2026.
46 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)
Incluye gráficos y tablas.

ISBN e-Book: 978-958-740-911-6

1. Sistema silvopascícola 2. Ganadería 3. Sostenibilidad 4. Agroforestería 5. Servicio de los ecosistemas 6. Conservación de suelos 7. Cambio climático I. Mojica Rodríguez, José Edwin II. Rivera Rojas, Milton III. Caballero López, Adelina Rosa IV. Lombo Ortiz, Darwin Fabián V. Garay Oyola, Guillermo Antonio.

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 Motilonia. Km 5 vía Becerril-Agustín Codazzi, Cesar.
Código postal 202050, Colombia.

Esta publicación es resultado del proyecto "Optimización del agua y uso eficiente del suelo para mejorar la producción agropecuaria en escenarios de vulnerabilidad agroclimática del departamento del Cesar" financiado por el sistema General de Regalías (código BPIN 2017000100050), convenio 1925.

Colección: Alianzas AGROSAVIA
Tipología: Manual
Primera edición: julio de 2026

Autoría
José Edwin Mojica Rodríguez
Milton Rivera Rojas
Adelina Rosa Caballero López
Darwin Fabián Lombo Ortiz
Guillermo Antonio Garay Oyola

Preparación editorial
Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co
Dirección editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz
Edición: Verónica Barreto Riveros
Diseño de pauta gráfica: .Punto Aparte Editores
Diagramación: María Paula Berón Ramírez
Publicado en Mosquera, Cundinamarca



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Citación sugerida: Mojica Rodríguez, J. E., Rivera Rojas, M., Caballero López, A. R., Lombo Ortiz, D. F., & Garay Oyola, G. A. (2026). *Establecimiento de un arreglo silvopastoril de árboles dispersos como alternativa hacia una ganadería sostenible en el Caribe seco colombiano.* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7409116

Cláusula de responsabilidad
AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno con relación a 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 vulneren como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: (+57) 601 914 4677
atencionalcliente@agrosavia.co
www.agrosavia.co

Contenido

Agradecimientos 7

Introducción 9

Capítulo I

Los sistemas silvopastoriles y la sostenibilidad de la ganadería 11

Sistemas silvopastoriles 11
Servicios ecosistémicos en los SSP 13

Capítulo II

Arreglo silvopastoril de árboles dispersos (ASAD) 17

Descripción 17
Indicadores productivos y ambientales del ASAD 24
Servicios ecosistémicos 24
Pasos para la implementación del arreglo silvopastoril 26
Costos del establecimiento y manejo del ASAD 35

Conclusiones 37

Referencias 39

Autoría 43

Lista figuras

Figura 1. Esquema de servicios ecosistémicas provistos por los SSP 14

Figura 2. Arreglo silvopastoril de árboles dispersos en potrero con pasto Guinea (*Megathryrsus maximus*) en el centro de investigación Motilonia 18

Figura 3. Guácimo 19

Figura 4. Algarrobillo 20

Figura 5. Guacamayo 21

Figura 6. Morita 22

Figura 7. Ceiba 23

Figura 8. Preparación del suelo con rastra pesada 27

Figura 9. Siembra de pasto Guinea 28

Figura 10. Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) 29

Figura 11. Raleo de árbol enfermo y con pudrición del tronco en pastura establecida 31

Figura 12. Diseño del pastoreo rotacional para cuatro vacas lactantes en un potrero de 2 ha del ASAD 32

Figura 13. Producción y proteína cruda en heno de pasto Guinea Agrosavia Sabanera en Agustín Codazzi, Cesar 33

Figura 14. Vacas Gyrolando bajo el arreglo silvopastoril de árboles dispersos (ASAD) 34

Lista tablas

Tabla 1. Servicios ecosistémicos de los SSP 15

Tabla 2. Producción de forraje seco (kg/ha) y calidad nutricional de pasto Guinea cv. Tanzania a 28 días de edad de rebrote establecido bajo un ASAD y a libre exposición (sin árboles) en dos épocas del año (Agustín Codazzi, Cesar) 32

Tabla 3. Costo del establecimiento de una hectárea de un ASAD en el Caribe seco (Agustín Codazzi, Cesar) 35

Agradecimientos

Los autores agradecen a los equipos administrativo y operativo del Centro de Investigación Motilonia que contribuyeron a la ejecución del proyecto que dio origen a esta obra.



Foto: Milton Rivera Rojas

Introducción

La región Caribe seco colombiana, denominada así por su marcada estacionalidad, que genera ausencia de lluvias durante una buena parte del año, tiene alta influencia en los sistemas de producción de ganado bovino de doble propósito y ceba. Tradicionalmente, estos sistemas ganaderos se han desarrollado a partir del uso de gramíneas naturalizadas que compiten por recursos naturales con especies arbóreas, lo cual ha contribuido a la pérdida en la cobertura de árboles nativos en el agroecosistema, debido a los efectos negativos que han tenido sobre las gramíneas, especialmente en la cantidad de pasto disponible para los bovinos.

Actualmente, la condición de variabilidad y el cambio climático conllevan el reto de generar alternativas con enfoque regenerativo, que ofrezcan un balance adecuado entre el agroecosistema y la producción de alimentos de origen animal con una composición y una inocuidad excelentes para mejorar la seguridad alimentaria de la humanidad.

En el Centro de Investigación Motilonia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA se generó la oferta tecnológica denominada Arreglo Silvopastoril con Árboles Dispersos (ASAD) para ganadería bovina en el Caribe seco colombiano. El objetivo del presente manual es indicar los pasos para el establecimiento de esta tecnología, haciendo referencia previa, entre otros aspectos, a componentes importantes como la descripción y sus beneficios sobre el sistema de producción bovino de doble propósito.



Foto: Milton Rivera Rojas

Capítulo I

Los sistemas silvopastoriles y la sostenibilidad de la ganadería

Sistemas silvopastoriles

En el departamento del Cesar, la ganadería bovina constituye una de las principales actividades productivas del sector pecuario. Se estima una población aproximada de 1.529.131 bovinos en un modelo de ganadería con pastoreo extensivo en un área aproximada de 1.062.415 ha (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] & Agencia de Desarrollo Rural [ADR], 2019). Los bovinos se alimentan principalmente del forraje de gramíneas de pastoreo. Sin embargo, mantener una producción aceptable y estable de forraje en las fincas ganaderas sigue siendo un reto debido a la degradación de suelos y pasturas, desertificación alta (65 %) del territorio (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT], 2004), ocurrencia de sequías extensas y precipitaciones erráticas (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2017) y la dificultad del acceso al agua para la producción vegetal y animal con estrategias diferentes al agua precipitada. Estos denominadores ponen en riesgo la productividad y la sostenibilidad en el largo plazo en los sistemas ganaderos desarrollados en la región.

El bajo rendimiento y la baja calidad de las gramíneas tanto en la época de lluvia como en época seca ocasionan disminución en la producción de leche y/o carne por animal y por hectárea, y la consecuente reducción en los ingresos de los productores (Holguín & Ibrahim, 2005; Mojica et al., 2013). Frente a este panorama, la adopción de sistemas silvopastoriles (SSP) se presenta como una estrategia clave para fortalecer tanto la producción como los indicadores ambientales, ya que contribuye a mejorar la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad de las explotaciones ganaderas.

Los SSP integran especies leñosas perennes, como árboles y arbustos, con los componentes tradicionales de la ganadería, incluyendo las gramíneas y los bovinos, bajo un enfoque de manejo integral orientado a mejorar la sostenibilidad de la producción pecuaria (Pezo & Ibrahim, 1999; Montagnini et al., 2013). De acuerdo con Murgueitio et al. (2008), en la región tropical de América los productores adoptan diferentes modalidades de SSP, entre las que se destacan: i) la gestión de la sucesión vegetal, ii) los pastizales con alta densidad de árboles, iii) los sistemas de corte y acarreo, iv) los sistemas de pastoreo en callejones de árboles, v) las barreras rompevientos, vi) el pastoreo en plantaciones forestales, vii) las cercas vivas y viii) los árboles dispersos en los potreros. Este último representa la alternativa de SSP con menor inversión económica para su establecimiento, dado que pueden surgir como remanentes de bosques, establecerse por regeneración natural a partir de semillas dispersadas por el ganado o fauna silvestre, o mediante el uso de estacas (Villanueva et al., 2018).

Entre los SSP de más amplia implementación en el departamento del Cesar se destaca el de árboles dispersos en potreros asociados con pasturas mejoradas y/o naturalizadas. Este arreglo silvopastoril contribuye positivamente con la producción y calidad del forraje en pastoreo y con la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, como la conservación de la biodiversidad, la retención de la humedad en el suelo y la reducción de la escorrentía, el almacenamiento de carbono, y usos maderables y no maderables de los árboles al interior de las pasturas (Arias et al., 2021; Lombo et al., 2023).

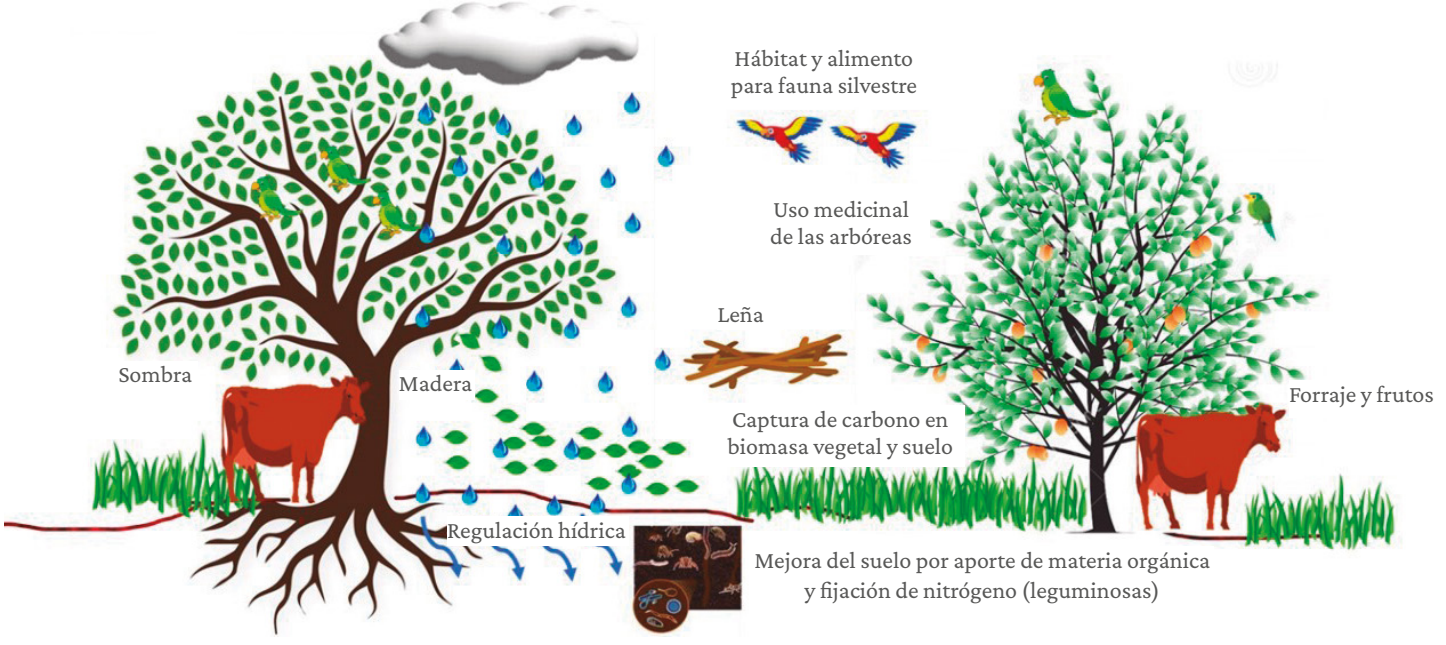
Servicios ecosistémicos en los SSP

En términos generales, la integración del componente arbóreo en los sistemas ganaderos genera beneficios que transcienden lo productivo y económico. Estas ventajas se conocen como servicios ecosistémicos (SE), definidos como "los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas" (Millennium Ecosystem Assessment [MEA], 2005).

Los SE se pueden organizar en cuatro categorías principales. La primera corresponde a los servicios de aprovisionamiento, que incluyen todos aquellos bienes materiales que los ecosistemas suministran directamente a las personas, como alimentos, agua, madera y fibras. La segunda categoría abarca los servicios de regulación, que comprenden funciones como la regulación del clima, el ciclo del agua, el control natural de plagas y enfermedades, la polinización y la protección contra la erosión del suelo. En tercer lugar se encuentran los servicios culturales, los cuales representan los aportes intangibles que los ecosistemas brindan a la sociedad, tales como valores espirituales, oportunidades educativas y actividades recreativas. Finalmente, los servicios de soporte o apoyo incluyen los procesos ecológicos fundamentales que permiten que los demás servicios existan, como la fotosíntesis, la formación y conservación del suelo y el ciclo de nutrientes.

En los agroecosistemas ganaderos, los SE mantienen una fuerte asociación suelo-aire-agua-planta-animal-clima, por lo que pueden concebirse como una oportunidad para el diseño de sistemas resilientes y sostenibles (Milera-Rodríguez, 2021), en el que el componente arbóreo actúa como elemento integrador, favoreciendo la provisión simultánea y sostenida de beneficios ecosistémicos y productivos (figura 1).

Figura 1. Esquema de servicios ecosistémicas provistos por los SSP.



Fuente: Elaboración propia

La tabla 1 describe algunos de los servicios ecosistémicos generados por los SSP, soportados en diversos estudios.

Tabla 1. Servicios ecosistémicos de los SSP

Categoría	Servicio ecosistémico	Descripción del aporte
Aprovisionamiento	Producción y calidad del forraje	La presencia de árboles en áreas de pastoreo contribuye a incrementar la cantidad y la calidad del forraje en pastoreo, efecto que varía en función de la especie arbórea, su densidad y el manejo que se implemente (Mahecha, 2003). Adicionalmente, las especies leñosas representan una fuente valiosa de alimento, por medio de follaje o de frutos, beneficiando la alimentación del ganado en temporadas de escasez como la época seca (Cajas-Girón & Sinclair, 2001).
	Madera con diversos usos	Los árboles en las fincas ganaderas suministran madera para aserrío, construcción de instalaciones y postes para cercas (Villanueva et al., 2018).
Regulación	Regulación hídrica	La gestión de los árboles en los sistemas ganaderos tiene efectos importantes sobre el flujo del agua en el agroecosistema. Ríos et al. (2007) evaluaron cuatro tipos de sistemas ganaderos en un clima tropical subhúmedo de Costa Rica y observaron que las pasturas nativas sometidas a sobrepastoreo presentaron los niveles más altos de escorrentía superficial (48 %) y las tasas más bajas de infiltración (0,07 cm/hora). En contraste, los bosques secundarios jóvenes presentaron menor escorrentía (10 %) y una infiltración mayor (3,54 cm/hora). Por su parte, las pasturas mejoradas que incluían árboles registraron una escorrentía del 14 % y una tasa de infiltración de 0,23 cm/hora, mientras que los bancos forrajeros alcanzaron valores de 5 % de escorrentía y 0,75 cm/hora de infiltración.
	Regulación de la temperatura	Los árboles promueven cambios en el microclima al interior de la pastura, en tanto, proporcionan una temperatura ambiente más agradable y mejoran el índice de confort térmico, que se traduce en mayor rendimiento y bienestar animal (Broom et al., 2013; Carvalho et al., 2018). En el Bajo Cauca antioqueño se evaluó la influencia de variables ambientales como la temperatura, la humedad relativa y la intensidad de la luz sobre la ingestión de forraje en pastoreo y la fisiología de vacas Cebú gestantes en dos tipos de sistemas: un sistema silvopastoril y un monocultivo de pasturas. El estudio realizado por Escobar et al. (2001), demostró que los animales que pastorearon en la gramínea sin presencia de árboles presentaron mayores valores en el número de respiraciones por minuto y en la temperatura del recto, lo cual evidencia mayor estrés térmico respecto a los manejados en el SSP. Por su parte, el consumo de forraje en los SSP fue más alto en comparación con el manejo en el monocultivo.

Categoría	Servicio ecosistémico	Descripción del aporte
Regulación	**Almacenamiento de carbono**	La presencia de árboles contribuye al almacenamiento de carbono por medio de la biomasa aérea y las raíces en el suelo, que se suma al carbono almacenado en las raíces de las gramíneas en el SSP (Rolo et al., 2023). Árboles en potreros en el trópico seco han demostrado un importante almacenamiento de carbono en la biomasa aérea, con valores de 9,0 a 11,9 t/ha (Ibrahim et al., 2007). Entretanto, Aryal et al. (2018) estiman un potencial de almacenamiento de carbono en la raíz de la pastura entre 1,47 y 3,6 t/ha, así como un almacenamiento de carbono orgánico en el suelo entre 48,46 y 89,72 t/ha, demostrando una gran capacidad de los SSP en la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI). En el Caribe colombiano se ha estimado el almacenamiento de carbono en SSP con árboles dispersos e intensivos, encontrándose valores variables según la densidad y las especies arbóreas dominantes. Por ejemplo, Lombo et al. (2023) reportaron un almacenamiento de 7,2 t/ha en pasturas con árboles dispersos en Agustín Codazzi, Cesar. De manera similar, Tapia-Coronado et al. (2023) observaron que, en Cereté, Córdoba, dos SSP con árboles dispersos presentaron acumulaciones de carbono entre 3,1 y 5,9 t/ha, asociadas a densidades de 19 y 81 árboles/ha, respectivamente. Por su parte, Zuluaga et al. (2025) registraron en SSP intensivos en Agustín Codazzi, Cesar, valores de carbono almacenado de 68,8 t/ha con *Pachira quinata* y de 81,1 t/ha con *Eucalyptus camaldulensis.*
Soporte	**Fertilidad del suelo**	Los árboles contribuyen al reciclaje de nutrientes a través de la hojarasca, que incorpora al suelo elementos esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio (Crespo & Fraga, 2006). Estudios realizados en el Caribe colombiano han demostrado que la presencia de árboles en los SSP incrementa significativamente la producción de hojarasca, con aportes que varían entre 2.877,3 y 6.938,1 kg/ha. Además, los retornos de nutrientes también dependen de las especies arbóreas presentes, pero pueden superar anualmente los 70 kg/ha de nitrógeno, 14 kg/ha de fósforo, 30 kg/ha de potasio, 90 kg/ha de calcio y 20 kg/ha de magnesio (Martínez-Atencia et al., 2023; Tapia-Coronado et al., 2023).

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria

Capítulo II

Arreglo silvopastoril de árboles dispersos (ASAD)

Descripción

Es un arreglo silvopastoril con árboles nativos dispersos asociados con una gramínea como fuente de alimento para bovinos (figura 2).

Figura 2. Arreglo silvopastoril de árboles dispersos en potrero con pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*) en el centro de investigación Motilonia.



Foto: Milton Rivera Rojas

Respecto a esta oferta tecnológica de AGROSAVIA, el ASAD hace referencia a la asociación de árboles nativos del bosque seco tropical (estrato alto) con el pasto Guinea cv. Tanzania (estrato bajo) para la alimentación de vacas lactantes de la raza Gyrolando. Los árboles están distribuidos de manera aleatoria en el potrero y como producto de la regeneración natural y la implementación de prácticas de manejo para su integración en el sistema asociado al pasto y la ganadería. Para el caso que nos ocupa en este manual, las especies arbóreas nativas seleccionadas corresponden a Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), Algarrobillo (*Samanea saman)*, Guacamayo (*Pseudalbizzia niopoides*), Mora (*Maclura tinctoria*) y Ceiba (*Ceiba pentandra*), entre otros asociados con el pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*) cv. Tanzania, de los cuales se indican los aportes al sistema y otros aspectos a continuación.

Nombre común: Guácimo
Nombre científico: *Guazuma ulmifolia*
Familia: Malvaceae
Aporte al sistema: forraje, frutos y sombra para el ganado, regulación hídrica, captura de carbono y conectividad del paisaje.

Figura 3. Guácimo. a. Árbol; b. Frutos y hojas.



Foto: Milton Rivera Rojas

Nombre común: Algarrobillo, Campano, Samán
Nombre científico: *Samanea saman*
Familia: Fabaceae
Aporte al sistema: sombra y frutos para el ganado, regulación hídrica, captura de carbono, madera para uso en la finca y conectividad del paisaje.

Figura 4. Algarrobillo. a. Árbol; b. Hojas y flores.

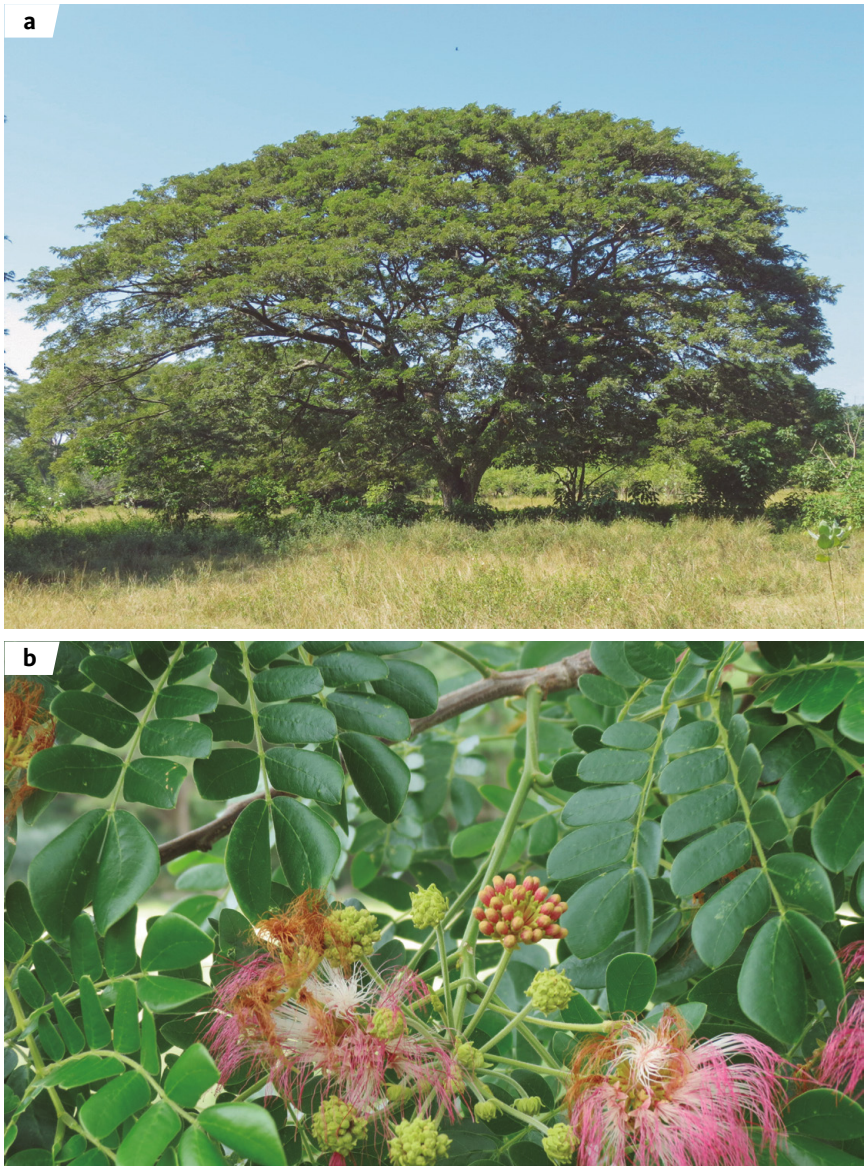


Foto: Milton Rivera Rojas

Figura 5. Guacamayo. a. Árbol; b. Hojas.





Nombre común: Guacamayo
Nombre científico: *Pseudalbizzia niopoides*
Familia: Fabaceae
Aporte al sistema: sombra para el ganado, regulación hídrica, captura de carbono, madera para uso en la finca y conectividad del paisaje.

Foto: Milton Rivera Rojas

Figura 6. Morita. a. Árbol; b. Hojas.





Nombre común:
Morita, Mora
Nombre científico:
Maclura tinctoria
Familia: Moraceae
Aporte al sistema: útil como cerca viva e insumo en la producción de postes para la cerca.

Foto: Milton Rivera Rojas

Figura 7. Ceiba. a. Árbol; b. Hojas.





Nombre común: Ceiba
Nombre científico: *Ceiba pentandra*
Familia: Malvaceae
Aporte al sistema: sombra para el ganado y belleza escénica.

Foto: Milton Rivera Rojas

Indicadores productivos y ambientales del ASAD

El ASAD ofrece nutrientes, por medio de la gramínea de pastoreo para incrementar las producciones de leche y de sólidos totales en la leche de vacas doble propósito en primer tercio de lactancia. Los árboles nativos y la gramínea capturan carbono y favorecen la regulación hídrica, aumentando la infiltración y disminuyendo la escorrentía superficial de agua en el suelo que proviene de la precipitación. A continuación, se indican los beneficios de esta oferta tecnológica en el sistema de producción bovino de doble propósito.

Servicios ecosistémicos

Producción y calidad del forraje: se produce una mayor oferta de forraje seco en hojas (5,0 %) y un mayor porcentaje de proteína cruda (44,4 %) rebrote del pasto Guinea establecido en el ASAD (1.826 kg MS/ha y 9,1 % de proteína cruda) en promedio de 14, 21 y 28 días de rebrote en el periodo lluvioso y seco en comparación con solo pasto Guinea sin presencia de árboles (1.739,3 kg MS/ha y 6,3 % de proteína cruda). Lo anterior indica que los árboles generan una interacción positiva con la gramínea, soportada en el mantenimiento e incremento leve de la producción de forraje y en la mayor oferta de proteína cruda en la hoja del pasto, lo cual puede contribuir a un mayor consumo de este nutriente por parte de los bovinos en comparación con el mismo pasto establecido a libre exposición (sin presencia de árboles).

Producción y composición de la leche: en vacas de la raza Gyrolando en primera parte de la lactancia (45 a 100 días después del parto) ordeñando tres de los cuartos mamarios, alimentadas en el ASAD, se observó una producción de 7,5 kg/vaca/día de leche vendible y una productividad de 15,0 kg/ha/día de leche vendible, mientras que, en la época de sequía, se presentó una producción de 4,7 kg/vaca/día y una productividad de 9,4 kg/ha/día de leche (Ipaz et al., 2023). En la época de lluvia, la leche que se lleva a la venta tuvo una concentración de 11,5 % en sólidos totales, de 2,97 % en proteína y de 3,14 % en grasa. Lo anterior tiene importante relevancia, puesto que el promedio de producción de leche vendible de vacas mestizas (siete colores) en primer tercio de lactancia alimentadas con pasto Colosuana (*Bothriochloa pertusa*) o pasto Guinea (*M. maximus*) en el departamento del Cesar es de 4,4 y 4,0 kg/vaca/día, respectivamente, en época de lluvia, y de 3,8 y 2,7 kg/vaca/día, respectivamente, en época seca (Mojica et al., 2013), lo que demuestra la mejora en esta variable en las vacas lactantes al alimentarse en el ASAD.

Conservación de la biodiversidad: el ASAD favorece la conservación de especies arbóreas nativas que pueden estar amenazadas o especies de alto valor para los productores ganaderos, debido a su uso al interior de la finca como producto de la deforestación en el bosque seco tropical. Según Arias et al. (2021), se registró en árboles dispersos en potrero un índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') de 1,4, lo que indica una baja diversidad y una distribución poco equitativa de los individuos entre las especies. Asimismo, el índice de dominancia de Simpson (D = 0,6) evidencia que unas pocas especies concentran gran parte de la abundancia, reflejando una estructura arbórea dominada por un número reducido de especies. Los resultados del estudio concluyen que, a pesar de que los anteriores indicadores de diversidad biológica en árboles de potreros son bajos con relación a los del bosque seco tropical, este ASAD contribuye a la protección de especies arbóreas nativas amenazadas por medio de regeneración natural asociadas a la actividad ganadera.

Captura de carbono: con base en el estudio realizado por Lombo et al. (2023) en árboles dispersos en potreros, en el ASAD con una densidad promedio de 17,0 árboles/ha y un área basal de 2,7 m^2/ha, se estimó un almacenamiento de carbono en la biomasa aérea (CBA) de 7,15 tC/ha, que corresponden a 26,3 tCO_2-eq/ha. Los resultados permiten concluir que los árboles dispersos en potrero tienen la capacidad de almacenar aproximadamente el 10 % del carbono almacenado por una hectárea de bosque seco tropical conservado, es decir que poseen un potencial importante en el secuestro de carbono para contribuir a la mitigación de GEI producidos en la actividad ganadera. De otro lado, con el uso del modelo i-Tree Eco (Nowak, 2021), se estimó para el ASAD una capacidad de fijación de carbono de 0,603 tC/año y una producción de oxígeno de 1,6 t/año. Finalmente, para el componente herbáceo se estimó un almacenamiento de carbono en la raíz del pasto Guinea (*M. maximus*) de 1,63 tC/ha.

Uso de los árboles: el mismo estudio de Lombo et al. (2023) determinó que el uso más importante en árboles dispersos en potrero corresponde a usos no maderables (cercas vivas y medicinas, sombra y recursos alimentarios como forraje y fruta para el ganado), que representan el 65 % de las especies, , mientras que los usos maderables (aserrío, postes para cerca y leña) corresponden al 35 % de las especies.

Regulación hídrica: la ecorregión Valle del río Cesar está condicionada por la temporada de sequía registrada durante los meses de diciembre a marzo, periodo en el que la oferta de forraje en pastoreo para el ganado es limitada. En este sentido, en la temporada de lluvias, los árboles juegan un papel relevante en cuanto a la cosecha de agua en el suelo, favoreciendo la infiltración y reduciendo la escorrentía superficial del agua. En la pastura asociada en este arreglo silvopastoril, la escorrentía superficial pasó del 30 al 12 % en comparación con una pastura sin

árboles, lo que quiere decir que se infiltra 25,7 % más del agua precipitada por la presencia de los árboles en el ASAD respecto al sistema con pasto a libre exposición (sin árboles) (Ipaz et al., 2023). De acuerdo con el modelo i-Tree Eco (Nowak, 2021), se estimó para los árboles del ASAD una capacidad de captura de agua por medio de la copa de 6,43 m^3/ha/año y un escurrimiento evitado de 42 L/ha/año, indicadores importantes para el balance hídrico al interior del sistema de producción bajo condiciones del Caribe seco colombiano.

Pasos para la implementación del arreglo silvopastoril

El establecimiento y manejo del arreglo silvopastoril se plantea en tres componentes principales: 1) establecimiento del pasto, 2) manejo silvicultural de árboles en potrero y 3) manejo del pastoreo y de los bovinos.

Establecimiento del pasto

Selección del lote: el pasto o la gramínea a utilizar en el ASAD corresponde al llamado comúnmente como pasto Guinea (*M. maximus*), varios de cuyos cultivares introducidos pertenecen a esta especie, como Tanzania, Mombasa, Massai, entre otros. Específicamente, en esta oferta tecnológica se estableció el cultivar Tanzania; sin embargo, se recomienda también el uso del cultivar Agrosavia Sabanera, que es otra oferta tecnológica de AGROSAVIA y que se adapta muy bien a este ASAD. Los suelos deben entonces tener la aptitud para el establecimiento de estos tipos de pastos, con fertilidad media a alta, alcalinos, neutros o ligeramente ácidos, y sin niveles de alta saturación o toxicidad por aluminio o hierro, con buen drenaje; no deben inundarse ni encharcarse durante más de tres días, preferiblemente que tengan pendientes planas y onduladas o ligeramente inclinadas. Para conocer las características de fertilidad y las necesidades de nutrientes en la pastura Guinea, se recomienda tomar muestras de suelo para realizar el análisis químico.

Preparación de suelo: en suelos compactados se recomienda aplicar un pase de cincel rígido, dos pases de rastra y un pase de pulidor. En suelos sin esta condición, se suprime el pase de cincel y se aplican los pases de rastra y pulidor. Para realizar esta actividad, se debe realizar el manejo de los árboles en potrero, el cual se indicará posteriormente, para permitir el paso del tractor con los implementos (figura 8).

Figura 8. Preparación del suelo con rastra pesada.



Foto: Guillermo Antonio Garay Oyola

Siembra: como se indicó, se utilizó el pasto Guinea cv. Tanzania para la implementación de este ASAD. En la siembra se deben utilizar 7 kg/ha de semilla sexual certificada, que garantice alta germinación y pureza. Sin embargo, cuando no sea posible utilizar semilla sexual, se puede hacer la siembra con material vegetativo por medio de macollas. Se recomienda conocer el comportamiento de la precipitación en la zona para realizar la siembra en los meses más lluviosos. Después de la siembra se realiza control de malezas y fertilización química y biológica para su establecimiento y mantenimiento. Se recomienda aplicar el biofertilizante Monibac® en dosis de 1,5 L/ha (Bonilla et al., 2021), que puede reducir entre 25 y 50 % la utilización de fertilización nitrogenada en la pastura. El plan de fertilización de la gramínea debe ser realizado por un ingeniero agrónomo con experiencia en forrajes, a partir del análisis químico del suelo, como también para realizar el restante manejo agronómico del cultivo. El cultivar Agrosavia Sabanera de pasto Guinea tiene las mismas recomendaciones de siembra del cultivar Tanzania y ha demostrado efectos positivos sobre la producción de leche en vacas doble propósito (Mojica & Burbano, 2020). La siembra de la semilla se puede realizar con boleadora manual (figura 9a) o utilizando implementos como sembradoras de precisión (figura 9b).

Figura 9. Siembra de pasto Guinea. a. Con boleadora manual; b. Con sembradora de precisión.



Fotos: Guillermo Antonio Garay Oyola

Manejo silvicultural de árboles en potrero

Para la implementación de esta oferta tecnológica se utilizan los árboles presentes en los potreros producto de la regeneración natural, remanentes del bosque primario y/o siembras previas. Como parámetro de referencia para desarrollar esta oferta tecnológica, se recomienda una densidad promedio de 17,0 árboles adultos por hectárea en potreros dedicados a la ganadería en el Caribe seco. Esta densidad

de árboles nativos, con las especies indicadas anteriormente, conlleva un nivel de sombra promedio del 57 % sobre la gramínea; sin embargo, se estima que alrededor del 70 % del área tendrá alguna influencia de la sombra dada por las coberturas de las copas. Adicionalmente, se debe realizar el siguiente protocolo para el diagnóstico y manejo de las especies arbóreas:

Conteo de árboles: se cuentan todos los árboles, se identifica la especie y se mide el diámetro a la altura del pecho (DAP) (figura 10), la altura total y los diámetros de copa en sentido cardinal (este-oeste y norte-sur) (Arias et al., 2021), además de determinar por observación el estado sanitario de cada árbol.

Figura 10. Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP).



Foto: Milton Rivera Rojas

Evaluación de vigorosidad y mortalidad: se mide la vigorosidad y los patrones de mortalidad de cada árbol, teniendo en cuenta:

- **Muerto en pie:** el árbol está muerto, pero aún sigue en pie sin daños en tronco y ramas.
- **Tronco partido:** el árbol tiene fragmentado el tallo estando en pie o con algunas de sus partes sobre el suelo.

- **Caído de raíz:** el árbol está caído a nivel del suelo y se pueden ver sus raíces.

- **Cortado:** hay evidencia de corte realizado intencionalmente.

- **Sin clasificación:** identifica categorías de mortalidad que no fueron determinadas previamente.

Los árboles se deben identificar y georreferenciar, marcando con una equis (X) los que deben ser raleados debido a problemas fitosanitarios o por alguna de las categorías de mortalidad mencionadas, y con un círculo (O) los que necesitan podas de mantenimiento.

Deschupone: se deben cortar las ramas que aparecen en la base del árbol, utilizando tijera podadora, e inmediatamente aplicar cicatrizante hormonal en la superficie del corte. Se recomienda desinfectar la tijera con yodo agrícola para realizar el corte en una nueva planta.

Poda de formación: se realiza en árboles con potencial de producir madera, con el fin de obtener un tallo recto, con una altura de la bifurcación que no limite la altura comercial del tallo o fuste. La ramificación y bifurcación temprana de los árboles conlleva podas de formación. Luego de la poda brota una nueva yema en medio de la bifurcación para seguir manteniéndola. Esta actividad se realizará una sola vez con el uso de motosierra y podadora aérea. Se recomienda desinfectar las herramientas con yodo agrícola cada vez que se hace el manejo en otro árbol; después del corte se debe aplicar una pasta cicatrizante hormonal para evitar la aparición de nuevos tallos y ataque de enfermedades en el árbol.

Poda de realce: se realiza con el fin de no afectar el crecimiento del árbol, puesto que tiende a producir una rama en frente de la otra y a distribuir las ramas más altas en forma perpendicular a la inmediatamente inferior (decusadas). Al eliminar una de las ramas se produce desbalance en el árbol e intenta corregirlo mediante una curvatura en sentido contrario a la rama eliminada, la cual puede generar torcedura según el grosor de la rama retirada. Esta poda se realiza una vez durante la adecuación del terreno, con el uso de motosierra y podadora aérea; se recomienda desinfectar las herramientas y utilizar pasta cicatrizante.

Raleo de árboles: debe hacerse a ras del suelo con el uso de motosierra y/o hacha, para árboles con problemas fitosanitarios o que presenten alguna condición de mortalidad (figura 11). Después, se retiran del potrero las ramas y troncos para favorecer la preparación del terreno necesaria para establecer la gramínea.

Para intervenir los árboles, ya sea por podas, raleos o tala sanitaria o de competencia, se recomienda tener en cuenta la reglamentación que aplique según normativas de las autoridades ambientales. Se aconseja la asesoría de un profesional con manejo forestal para realizar el manejo forestal en el ASAD.

Figura 11. Raleo de árbol enfermo y con pudrición del tronco en pastura establecida.



Foto: Milton Rivera Rojas

Manejo del pastoreo y de los bovinos

Se recomienda realizar un manejo rotacional de praderas con un periodo de descanso de 28 días y un periodo de ocupación de 4 días para estabilizar, en la medida posible, la oferta y calidad del forraje en cada rotación. En el pasto Tanzania, la producción de forraje seco y la calidad nutricional, en términos de proteína cruda y digestibilidad de la materia seca, es superior en el ASAD en comparación a cuando está a libre exposición, sin la presencia de árboles (tabla 2).

Tabla 2. Producción de forraje seco (kg/ha) y calidad nutricional de pasto Guinea cv. Tanzania a 28 días de edad de rebrote establecido bajo un ASAD y a libre exposición (sin árboles) en dos épocas del año (Agustín Codazzi, Cesar)

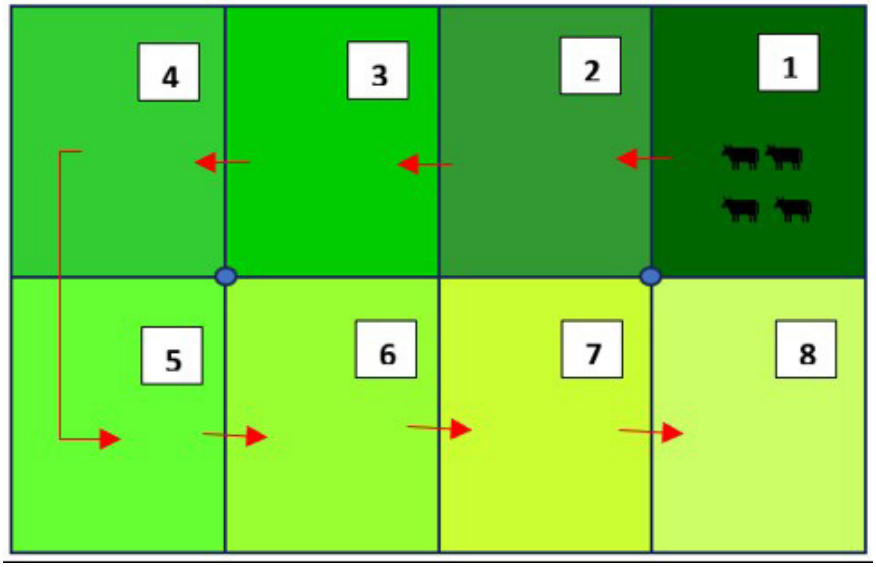
Sistema	Época	Forraje seco (kg/ha)	Proteína cruda (%)	Fibra detergente neutra (%)	Cenizas (%)	Digestibilidad de la materia seca (%)
ASAD	Lluvia	3.044	10,5	74,6	13,3	60,7
Sin árboles	Lluvia	1.706	7,2	72,1	13,7	53,6
ASAD	Seca	1.481	8,6	72,6	11,8	51,2
Sin árboles	Seca	974	5,0	72,6	12,7	48,6

Fuente: Elaboración propia

Se recomienda asignar una carga animal de 2 unidades gran ganado (UGG)/ha del ASAD en las dos épocas del año. Una (1) unidad gran ganado (UGG) representa una vaca lactante con un peso vivo de 450 kg.

A continuación, se plantea una propuesta de rotación de potreros con los periodos de descanso y de ocupación indicados en un potrero con 8 divisiones, cada lote con un área de 2.500 m^2, para un total de 20.000 m^2 o 2 ha (figura 12).

Figura 12. Diseño del pastoreo rotacional para cuatro vacas lactantes en un potrero de 2 ha del ASAD.

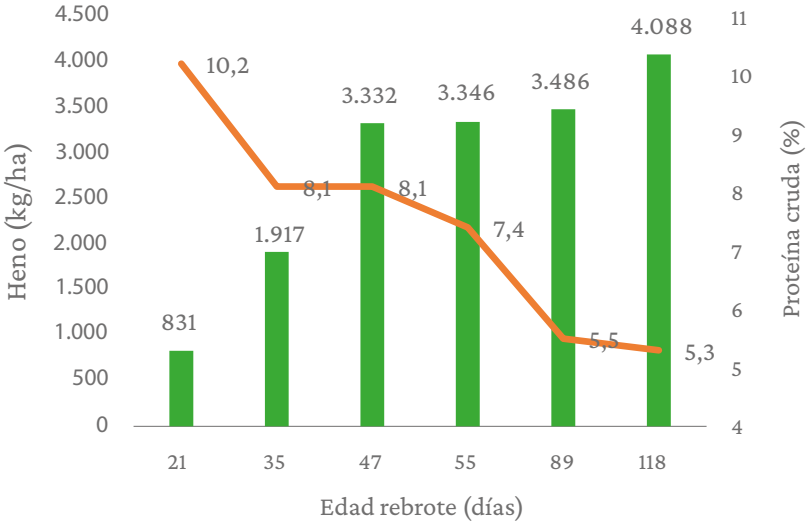


Fuente: Elaboración propia

Los bovinos realizarán un pastoreo rotacional de la pradera en el ASAD en forma secuencial desde el lote 1 hasta el lote 8 con 4 días de ocupación (lote 1) y con un periodo de descanso de 28 días; se tendrán siete lotes (2 al 8) sin ocupación de animales, cada uno con 4 días, para que en la nueva secuencia de rotación en el lote 1 se cumpla con ese periodo de descanso indicado (7 x 4 = 28). En el punto central de confluencia de la cerca eléctrica o fija de cada cuatro lotes se ubicará un bebedero. Al aplicar este sistema de pastoreo, se espera obtener una oferta de forraje y calidad nutricional relativamente constante cada vez que ingresan los animales a cada potrero, lo cual va a contribuir a que el consumo de nutrientes sea adecuado y tenga pocas variaciones a través de la misma época, para que la producción de leche varíe poco debido a factores nutricionales.

En época seca se recomienda utilizar ensilaje de sorgo JJT-18 o heno de pasto Guinea (*M. maximus*) de pasto Tanzania o Agrosavia Sabanera para complementar la alimentación de los animales, con el fin de mantener la misma carga utilizada en la época de lluvia. El ensilaje de sorgo JJT-18 se debe suministrar en campo en una cantidad de 10 kg/vaca/día y el heno de pasto Guinea Agrosavia Sabanera, 3 a 4 kg/vaca/día. Se sugiere producir el heno de pasto Agrosavia Sabanera en el mismo predio, cosechando el forraje del pasto entre 35 y 47 días después de realizar el corte de uniformización, tiempo en el cual se produce un mejor balance entre la cantidad de heno producido y el contenido de proteína cruda (figura 13).

Figura 13. Producción y proteína cruda en heno de pasto Guinea Agrosavia Sabanera en Agustín Codazzi, Cesar.



Fuente: Ipaz et al. (2023)

Se recomienda utilizar vacas Gyrolando en inicios de lactancia (45 días luego del parto) para optimizar la producción de leche en el ASAD, debido a que se ubican en el periodo de mayor producción dentro de la curva de lactancia (figuras 14a y 14b).

Figura 14. Vacas Gyrolando bajo el arreglo silvopastoril de árboles dispersos (ASAD). a. Vacas en pastoreo; b. Vacas en descanso y rumia.



Fotos: Guillermo Antonio Garay Oyola

Se recomienda ordeñar la leche de tres de los cuatro cuartos mamarios y destinar la leche de la glándula mamaria restante al consumo del ternero para favorecer su crecimiento.

Costos del establecimiento y manejo del ASAD

El costo de establecimiento y manejo del ASAD en el primer año se estima en $3.928.500, el cual se distribuye en los rubros descritos en la tabla 3.

Tabla 3. Costo del establecimiento de una hectárea de un ASAD en el Caribe seco (Agustín Codazzi, Cesar)

Rubro	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Análisis del suelo	Unidad	1	$160.000	$160.000
Preparación del suelo				
Pase de cincel	Unidad	1	$50.000	$50.000
Pase de rastra	Unidad	2	$380.000	$760.000
Pase de pulidor	Unidad	1	$250.000	$250.000
Insumos				
Semilla de pasto	kg	7	$64.000	$448.000
Lorsban	L	1	$60.000	$60.000
Finale	L	3	$80.000	$240.000
Round up	L	2	$45.000	$90.000
Urea	kg	50	$4.800	$240.000
Fosfato diamónico	kg	75	$4.000	$300.000
KCl	kg	50	$3.400	$170.000
Sulpomag	kg	25	$2.800	$70.000
Monibac	L	3	$43.500	$130.500
Manejo forestal				
Podas	Jornal	2	$80.000	$160.000
Medición árboles	Jornal	1	$80.000	$80.000
Mano de obra				
Siembra	Jornal	2	$80.000	$160.000
Control de malezas	Jornal	4	$80.000	$320.000
Control de plagas	Jornal	1	$80.000	$80.000
Fertilización	Jornal	2	$80.000	$160.000
Total				**$3.928.500**

Fuente: Elaboración propia



Foto: Milton Rivera Rojas

Conclusiones

El arreglo silvopastoril con árboles dispersos (ASAD) es una alternativa tecnológica que incrementa la productividad animal y ofrece servicios ecosistémicos como la captura de carbono, la regulación hídrica y el aumento de la biodiversidad, entre otros, al sistema de producción bovino de doble propósito. Su implementación y adopción generaría una restauración del paisaje degradado y contribuiría al desarrollo de una ganadería sostenible en el Caribe seco colombiano.



Foto: Milton Rivera Rojas

Referencias

Arias, J. A., Lombo, D., Caballero, A. R., Rivera, M., & Burbano, E. (2021). Caracterización y diversidad de árboles dispersos en pasturas de un paisaje de bosque seco tropical en el Caribe colombiano. *Livestock Research for Rural Development*, *33*(7), Article #93. http://www.lrrd.org/lrrd33/7/3393jaria.html

Aryal, D. R., Gómez-González, R. R., Hernández-Nuriasmú, R., & Morales-Ruiz, D. E. (2019). Carbon stocks and tree diversity in scattered tree silvopastoral systems in Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems*, *93*, 213-227. https://doi.org/10.1007/s10457-018-0310-y

Bonilla, R., González, L., & Pedraza, R. (2021). *Bacterias promotoras de crecimiento vegetal en Sistemas de Agricultura Sostenible*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7405019

Broom, D. M., Galindo, F. A., & Murgueitio, E. (2013). Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proceedings of the Royal Society B*, *280*(1771), 2013-2025. https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2025

Cajas-Girón, Y. S., & Sinclair, F. L. (2001). Characterization of multist rata silvopastoral systems on seasonally dry pastures in the Caribbean Region of Colombia. *Agroforestry Systems*, *53*(2), 215 225. https://doi.org/10.1023/A:1013384706085

Carvalho, C., Villa, F., Giolo, R., Lemes, É., Junqueira, S., & Macedo, P. G. (2018). Thermal comfort indices assessed in integrated production systems in the Brazilian savannah. *Agroforestry Systems*, *92*, 1659-1672. https://doi.org/10.1007/s10457-017-0114-5

Crespo, G., & Fraga, S. (2006). *Avances en el conocimiento del reciclaje de los nutrientes en sistemas silvopastoriles* [Curso-Taller]. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible, Varadero, Cuba.

Escobar, B., Hernández, B., Giraldo, L. A., & Mahecha, L. (2001). *Efecto de la sombra arbórea sobre los hábitos de pastoreo y el consumo de vacas Cebú en Caucasia, Antioquia* [Ponencia]. VI Encuentro Nacional de Investigadores de las Ciencias Pecuarias, Medellín, Colombia.

Holguín, V. A., & Ibrahim, M. (2005). *Bancos forrajeros de especies leñosas*. CATIE. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/10620/A0861e.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ibrahim, M. A., Chacón, M, Cuartas, C., Ponce, G., Vega, P., Casola, F., & Rojas, J. (2007). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, *45*, 27-36. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7934

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2017). *Tercera comunicación nacional de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*.

Ipaz, C. M., Tauta, J. L., Calvo, A. M., Ouazaa, S., Terán-Chávez, C. A., Brochero, G. A., Mojica, J. E., Gómez, L. F., Burbano, E., Albonis, S. A., Rivera, M., Garay, G. A., Cordero, C. C., Sierra-Baquero, P. V., Fuentes, D. A., Sánchez, T., Rubiano, J. A., & Martínez, A. M. (2023). *Gestión sostenible del agua y del suelo en la producción agropecuaria del departamento del Cesar*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7406870

Lombo, D. F., Arias, J. A., Burbano, E., & Milton, R. R. (2023). Carbon storage in tree biomass dispersed in pastures in the arid Caribbean region of Colombia. *Forest Systems*, *32*(1), e002. https://doi.org/10.5424/fs/2023321-18932

Mahecha, L. (2003). Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, *16*(1), 11-18. https://www.redalyc.org/pdf/2950/295026121002.pdf

Martínez-Atencia, J., Osorio-Vega, N., León-Peláez, J., Cajas-Girón, Y., Contreras-Santos, J., & Berrío-Guzman, E. (2023). Retorno potencial de nutrientes vía hojarasca foliar en sistemas silvopastoriles en el Norte de Colombia. *Agronomía Costarricense*, *47*(1), 9-24. https://dx.doi.org/10.15517/rac.v47i1.53946

Millennium Ecosystem Assessment [MEA]. (2005). *Evaluación de los ecosistemas del milenio. Informe de síntesis (Borrador final). Un informe de la evaluación de los ecosistemas del milenio*. World Resources Institute (WRI); Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). https://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf

Milera-Rodríguez, M. C. (2021). Funciones de los servicios ecosistémicos en los sistemas ganaderos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, *44*, 1-11. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10054133

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT]. (2004). *Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía en Colombia*. UNCCD; UNDP. https://www.unccd.int/sites/default/files/naps/colombia-spa2004.pdf

Mojica, J. E., Castro, E., Silva ZJ, Hanzel, C., & García, L. (2013). *Producción y calidad composicional de la leche en ganaderías doble propósito del departamento del Cesar*. Corpoica.

Mojica-Rodríguez, J. E., & Burbano-Erazo, E. (2020). Efecto de dos cultivares de *Megathyrsus maximus* (Jacq.) en la producción y composición de la leche bovina. *Pastos y forrajes*, *43*(3), 177-183. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10054353

Montagnini, F., Ibrahim, M., & Murgueitio, E. (2013). Systèmes silvopastoraux et atténuation du changement climatique en Amérique latine. *Bois et forêts des tropiques*, *316*(2), 3-16. https://doi.org/10.19182/bft2013.316.a20528

Murgueitio, E., Cuartas, C., & Naranjo, J. (Eds). (2008). *Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo*. Fundación CIPAV.

Nowak, D. J. (2021). *Understanding i-Tree: 2021 summary of programs and methods*. USDA. http://dx.doi.org/10.2737/NRS-GTR-200-2021

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] & Agencia de Desarrollo Rural [ADR]. (2019). *Plan integral de desarrollo agropecuario y rural con enfoque territorial. Departamento del Cesar*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Social. https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2021/07/CESAR-TOMO-1.pdf

Pezo, D., & Ibrahim, M. (1999). *Sistemas silvopastoriles* (2.ª ed.). CATIE. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4025

Ríos, N., Cárdenas, A., Andrade, H., Ibrahim, M., Jiménez, F., Sancho, F., Ramírez, E., Reyes, B., & Woo, A. (2007). Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, *45*, 66-71. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7739

Rolo, V., Rivest, D., Maillard, E., & Moreno, G. (2023). Agroforestry potential for adaptation to climate change: a soil-based perspective. *Soil Useand Management*, *39*(3), 1006-1032. http://doi.org/10.1111/sum.12932

Tapia-Coronado, J. J., Contreras, J. L., Martínez-Atencia, J., López, L., & Rodríguez, J. L. (2023). Producción y descomposición de hojarasca de especies forestales en sistemas silvopastoriles, Valle del Sinú, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, *34*(1), 49781. https://dx.doi.org/10.15517/am.v34i1.49781

Villanueva, C., Casasola, F., & Detlefsen, G. (2018). *Potencial de los sistemas silvopastoriles en la mitigación al cambio climático y en la generación de múltiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica*. CATIE. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8729

Zuluaga, L., Caballero, A. R., Arias, J. A., Rivera, M., Garay, G. A., & Mojica, J. E. (2025). Carbono almacenado en árboles y producción de forraje de dos sistemas silvopastoriles en el Caribe seco colombiano. *Livestock Research for Rural Development*, *37*(1). http://www.lrrd.org/lrrd37/1/3701lzul.html

Autoría

José Edwin Mojica Rodríguez
Correo electrónico: jmojica@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-7751-8631

Investigador PhD del C. I. Motilonia de AGROSAVIA, adscrito a la Red de Innovación de Ganadería y Especies Menores. Médico veterinario zootecnista de la Universidad de Los Llanos, magíster y doctor en Producción Animal con énfasis en nutrición de rumiantes de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Investigador en el área de nutrición, alimentación y rumiantes en las siguientes líneas de investigación: efecto de la alimentación con gramíneas tropicales sobre la producción, la calidad composicional y los ácidos grasos funcionales en la leche bovina; análisis de sistemas de alimentación en ganaderías doble propósito, y selección y conservación de forrajes y su uso en la alimentación de bovinos.

Milton Rivera Rojas
Correo electrónico: mrivera@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-4547-2100

Investigador master del C. I. Motilonia de AGROSAVIA. Ingeniero forestal con maestría en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales. Posee experiencia en investigación en silvicultura de plantaciones forestales, propagación y desarrollo de especies arbóreas nativas y valoración de servicios ambientales de las especies arbóreas nativas en los paisajes agrícolas y ganaderos de la región Caribe colombiana. Tiene especial interés en el área de la hidrología forestal y la adaptación de los sistemas productivos a la variabilidad y el cambio climáticos.

Adelina Rosa Caballero López
Correo electrónico: acaballerol@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-3656-2879

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Córdoba y magíster en Agroforestería y Agricultura Sostenible del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Tiene experiencia en el diseño, planeación y manejo de sistemas agroforestales con cacao, sistemas silvopastoriles con arbóreas nativas y huertos diversificados. Ha trabajado en el desarrollo metodológico y la evaluación de los servicios ecosistémicos asociados a agroecosistemas estratégicos en zona de vida de bosque seco tropical.

Darwin Fabián Lombo Ortiz
Correo electrónico: dlombo@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-5005-4264

Investigador máster en Agroforestería Tropical del C. I. Motilonia de AGROSAVIA, ingeniero forestal y especialista en Prácticas del Desarrollo. Posee experiencia en investigación agroforestal en cacao, sistemas silvopastoriles, forrajeras arbóreas y propagación de especies nativas del Caribe colombiano; elaboración de protocolos, monitoreo y estimación de gases de efecto invernadero (GEI), así como almacenamiento y balance de carbono en predios rurales. Sus intereses de investigación destacan las funciones ecosistémicas desempeñadas por invertebrados, la valoración de servicios ecosistémicos en sistemas agropecuarios y bosque natural, y su relación con la productividad y la conservación de la biodiversidad.

Guillermo Antonio Garay Oyola
Correo electrónico: ggaray@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0009-0007-9033-4977

Zootecnista de la Universidad de Sucre. Ha trabajado en el campo de la investigación en AGROSAVIA, en las áreas de sistemas silvopastoriles, forrajes, ganadería bovina de doble propósito, ganadería ovino-caprina, alimentación y nutrición animal. Asimismo, se ha desempeñado en las áreas de transferencia de tecnología y extensión rural agropecuaria

Terminó de diseñarse en julio de 2026
Bogotá D. C., Colombia

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

El desarrollo de una ganadería bovina sostenible, capaz de mejorar la respuesta animal, contribuir a la seguridad alimentaria, proteger el medio ambiente y mejorar la calidad de vida de los productores, constituye una de las principales demandas de investigación para el sistema bovino de doble propósito en el departamento del Cesar. Entre los diferentes arreglos agroforestales disponibles, el sistema silvopastoril con árboles dispersos en potreros se perfila como la alternativa con mayor potencial de adopción, debido a sus efectos positivos sobre los componentes de sostenibilidad y a los menores tiempos y costos requeridos para su implementación en las ganaderías del Caribe seco colombiano. En este contexto, el presente documento recopila información técnica sobre el establecimiento de este arreglo silvopastoril, generada a partir de los resultados obtenidos por investigadores de las redes de ganadería y cultivos permanentes del Centro de Investigación Motilonia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), ubicado en el municipio de Agustín Codazzi. Su propósito es brindar lineamientos prácticos a los productores para la implementación y manejo de este sistema, con énfasis en los beneficios y las promesas de valor identificadas, con el fin de promover su adopción en las fincas ganaderas y contribuir al fortalecimiento de una ganadería bovina de doble propósito sostenible en el Caribe seco colombiano.

BAC
BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

correo: bac@agrosavia.co
teléfono: (+57) 601 914 4677

www.agrosavia.co
Distribución gratuita
Prohibida su venta