



## REPORT

**FUNCI TREE is a research cooperation project  
funded by the EU 7FP – KBBE**

Issue No. 7



**Establecimiento de parcelas demostrativas de  
sistemas silvopastoriles biodiversos en fincas  
ganaderas de Belén, Rivas, Nicaragua**

**Cristóbal Villanueva  
Dalia Sánchez  
Muhammad Ibrahim  
Graciela M. Rusch  
David N. Barton**

REFERENCE:

Villanueva, C., Sánchez, D., Ibrahim, M., Rusch, G. M. y Barton, D. N. 2012. Establecimiento de parcelas demostrativas de sistemas silvopastoriles biodiversos en fincas ganaderas de Belén, Rivas, Nicaragua FUNCITREE Report no. 7. 26 pp.

ORGANIZATION:

Centro de Agricultura Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)  
Norwegian Institute for Nature Resesarch (NINA)

DATE:

Turrialba, Costa Rica, May 2012

COPYRIGHT:

© FUNCITREE

COVER PICTURE:

Dalia Sánchez

KEYWORDS:

Rasgos funcionales, diversidad funcional, producción ganadera, diseño de agroecosistemas, modelaje participativo

Functional traits, functional diversity, husbandry, agroecosystem design, participatory modelling

CONTACT INFORMATION

Cristóbal Villanueva [cvillanu@catie.ac.cr](mailto:cvillanu@catie.ac.cr)  
Dalia Sánchez [dsanchez@catie.ac.cr](mailto:dsanchez@catie.ac.cr)

# **Establecimiento de parcelas demostrativas de sistemas silvopastoriles biodiversos en fincas ganaderas de Belén, Rivas, Nicaragua**

**Cristóbal Villanueva  
Dalia Sánchez  
Muhammad Ibrahim  
Graciela M. Rusch  
David N. Barton**

## Contents

<b>Contents .....</b>	<b>2</b>
<b>1 Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>2 Objetivos .....</b>	<b>4</b>
<b>3 Marco teórico.....</b>	<b>5</b>
3.1 Árboles en potreros.....	5
3.2 Estudios del proyecto FUNCITREE que soportan las parcelas demostrativas .....	5
<b>4 Sitio de estudio .....</b>	<b>8</b>
<b>5 Metodología.....</b>	<b>9</b>
5.1 Sistemas silvopastoriles.....	9
5.2 Red bayesiana y combinaciones multifuncionales de árboles (RB-CMA) .....	9
<b>6 Establecimiento de las parcelas.....</b>	<b>11</b>
6.1 Primera finca (Señor Martín Mena) .....	11
6.2 Segunda finca (Escuela de Agricultura de Rivas) .....	17
<b>7 Validación de recomendaciones de la RB-CMA para la fincas seleccionadas.....</b>	<b>20</b>
<b>8 Difusión de la experiencia .....</b>	<b>21</b>
<b>9 Implementación de las prácticas demostradas en las fincas .....</b>	<b>22</b>
9.1 Incentivos y mecanismos que contribuyen con la adopción de innovaciones en fincas .....	22
<b>10 Plan de actividades.....</b>	<b>24</b>
<b>11 Bibliografía.....</b>	<b>25</b>
<b>12 Anexos .....</b>	<b>27</b>
12.1 Anexo 1.....	27
12.2 Anexo 2.....	28

## 1 Introducción

En Centroamérica las explotaciones ganaderas (sistemas de carne y doble propósito), en general presentan bajos indicadores de productividad y rentabilidad; esto está asociado a varios factores como nutrición, genética y salud. Un factor prevaleciente es la deficiencia nutricional en términos de proteína, energía, minerales y agua que se torna crítica en la época seca y reduce el rendimiento según el potencial genético del hato.

En la época seca tanto la vegetación herbácea seminatural como las pasturas cesan su crecimiento, por lo cual no hay oferta de forraje fresco en este período (Ospina et al. 2012). Por otro lado, existen pocos casos de fincas con estrategias planificadas para mitigar los efectos de la sequía, lo cual se podría deber a la falta de pruebas de campo, de disponibilidad de capital, baja rentabilidad o la simple cultura de hacer ganadería tradicional.

Sin embargo, las fincas de Rivas como de otras zonas secas de Nicaragua o Centroamérica existen varias especies de leñosas que mantienen crecimiento en la época seca con potencial para proveer alimento (hojas y frutos) y mejorar la productividad y rentabilidad de las fincas. El proyecto FUNCITREE ha explorado por medio de estudios específicos las distintas capacidades de varias especies leñosas como la estacionalidad de crecimiento, la calidad del forraje, la preferencia por parte del ganado, la capacidad de rebrote después de podas y provisión de otras fuentes de alimento para el ganado (por ejemplo frutos). También, es necesario mejorar el diseño y manejo de potreros, lo que implica usos de especies herbáceas forrajeras (gramíneas y leguminosas) adaptadas y de alta productividad, sistema de pastoreo rotacional y el acceso a fuentes de agua permanentes y con disponibilidad según la demanda del ganado.

Por lo tanto, el proyecto FUNCITREE cuya meta es desarrollar sistemas agroforestales modernos que mejoren la productividad, que sean resilientes al cambio climático (el riesgo más alto de incidencia de sequías) y que contribuyan con la provisión de servicios ecosistémicos ha establecido parcelas demostrativas de sistemas silvopastoriles biodiversos en las cuales se puedan implementar las lecciones de las investigaciones realizadas en fincas ganaderas de la zona de Belén, Rivas, Nicaragua.

## 2 Objetivos

**Objetivo 1.** Establecer parcelas demostrativas de un potrero multifuncional donde las especies de leñosas introducidas en el sistema silvopastoril (forrajeras y frutales) complementen las funciones ya existentes de las leñosas en las cercas vivas y árboles dispersos en potreros. La primera parcela con *Gliricidia sepium* y *Cratylia argentea* y la segunda de *Leucaena leucocephala* asociada con el pasto *Panicum maximum* cv Tanzania.

**Objetivo 2.** Construir en forma participativa, modelos silvopastoriles en las fincas a partir de las preferencias de los productores en las comunidades de Mata de Caña, Cantimplora, y La Chocolatea, Belén, Rivas.

**Objetivo 3.** Validar las preferencias de los productores sobre las características de las especies de árboles y sobre sus funciones en el sistema silvopastoril de la finca.

### 3 Marco teórico

#### 3.1 Árboles en potreros

La mayoría de especies leñosas que los productores deciden retener y manejar en los potreros proceden de la regeneración natural. Ésta suele ser mayor en áreas que son abandonadas y utilizadas en menor grado por la ganadería. En las cercas vivas, es donde los productores deciden establecer árboles de especies que se propagan por medio de estacones (ej. *Cordia dentata*, *Spondias purpurea*, *Bursera simaruba* como las principales). Ellos no tienen gran preferencia o cultura por establecer árboles por medio de plántulas, porque significa protección para evitar que sean dañados por el ganado e implica un costo para el productor. Además, en general, los productores en áreas de la finca que se pueden mecanizar y que tienen potencial para otros usos agropecuarios, prefieren aumentar la cobertura y diversidad arbórea en las cercas vivas en lugar de árboles dispersos. De hecho, esta es una razón que explica la baja densidad de árboles dispersos en potreros en sitios de la finca con estas condiciones.

El objetivo general de la demostración es, en base a los resultados de los estudios conducidos en el proyecto, concientizar al productor para aumentar riqueza de especies y abundancia de árboles para lograr mayores beneficios de las funciones de los árboles a lo largo del año. Esto es un reto importante debido a la cultura del productor de retener pocas especies que se han adaptado a las condiciones de manejo y prácticas que benefician su dominancia. Por ejemplo, los estudios del proyecto FRAGMENT en zonas de trópico seco y trópico sub húmedo de Costa Rica y Nicaragua, encontraron que el control de malezas (químico y manual en Costa Rica y manual en Nicaragua), es una de las prácticas donde el productor selecciona las especies arbóreas de mayor preferencia. Éstas concuerdan con aquéllas que predominan en los inventarios en potreros (Villanueva et al. 2003; Lopez et al. 2007). El resultado de estas prácticas se refleja en el estado de la cobertura arbórea en Costa Rica y Nicaragua, en donde menos de 10 especies representan más del 70% de los árboles dispersos en potreros inventariados (Harvey et al. 2010); mientras, en el caso de cercas vivas ese mismo número de especies representa más del 90% del inventario de árboles (Harvey et al. 2005).

#### 3.2 Estudios del proyecto FUNCITREE que soportan las parcelas demostrativas

Las especies forrajeras *G. sepium* y *L. leucocephala* utilizadas en los sistemas silvopastoriles biodiversos fueron parte de los estudios de Mosquera (2010), Pérez (2011) y Lombo (2012), sobre los cuales se presenta un resumen en los siguientes párrafos. Por otro lado, la especie forrajera *C. argentea*, es una especie que presenta una buena adaptación en zonas secas, presenta capacidad de rebrote y producción de forraje en época seca después de la poda. CATIE, CIAT y CIPAV han realizado estudios en el pacífico seco de América Central para evaluar producción de biomasa, consumo por el ganado y producción de leche. En el caso de Nicaragua, CATIE por medio de los proyectos Pasturas Degradadas y MESOTERRA han establecido varias parcelas en fincas de productores en Muy Muy, Matiguás y Río Blanco.

Conocimiento local de bienes y servicios de especies arbóreas y arbustivas en sistemas de producción ganadera (Mosquera 2010). Aplicó la herramienta AKT5 para sistematizar el conocimiento que tienen los productores de los árboles en potreros e implementó una metodología de ranqueo participativo que considera los rasgos funcionales utilizados por los productores para priorizar la importancia de árboles en la provisión de bienes y servicios como la producción de leña, la nutrición bovina, la protección de fuentes de agua, la conservación de suelos, la resistencia a sequía y la sombra para ganado. Dentro de los resultados los productores señalan el uso y bondades de las *G. sepium* y *L. leucocephala* en la alimentación animal.

**Rasgos funcionales que determinan la calidad nutricional y preferencia de leñosas forrajeras para su inclusión en sistemas de alimentación ganadera en zonas secas** (Pérez 2011). En este estudio fueron seleccionadas en base al conocimiento local y la frecuencia en los inventarios de árboles en potreros las especies *Albizia saman*, *L. leucocephala*, *Albizia niopoides*, *C. dentata*, *Moringa oleifera*, *Guazuma*

*ulmifolia*, *G. sepium*, *Brosimum alicastrum*, *Mimosa pigra* y *Acacia farnesiana*. Todas las especies, por medio de ramas delgadas menores a 1 cm de diámetro, fueron sometidas en pares a pruebas de cafetería con vacas en producción para medir preferencia en el consumo y tamaño de bocado. También, se llevaron a cabo ensayos en tres fincas para evaluar el efecto de la suplementación combinada de follaje de leñosas (*A. saman* + *C. dentata*, *L. leucocephala* + *C. dentata*, *A. niopoides* + *C. dentata*) en la producción de leche. El orden de la preferencia por las vacas en producción fue *A. saman*, *L. leucocephala*, *A. niopoides*, *M. oleifera*, *C. dentata*, *G. ulmifolia*, *G. sepium*, *B. alicastrum*, *M. pigra* y *A. farnesiana*. Los follajes combinados de pares de especies leñosas presentaron una producción de leche por vaca similar y en casos ligeramente superior que la dieta control de la finca. En la primera finca varió entre 8.16 y 8.74, en la segunda entre 6.14 y 6.32, y en la tercera entre 5.66 y 6.29 kg de leche /vaca/día. Las variaciones entre fincas se deben a la calidad de la dieta basal y la genética de las vacas principalmente. Los resultados reflejan la influencia de rasgos físicos y nutricionales de leñosas contrastantes que favorecen o limitan el grado de preferencia. Los rasgos foliares como el contenido de fósforo, nitrógeno y la Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca (DIVMS) en las leñosas se muestran como indicadores de la calidad del forraje; en este sentido, destacar que en algunas especies de leñosas la DIVMS y palatabilidad se reducen por efecto de altos niveles de fibra (FDN y FAD) o taninos.

**Evaluación de la disponibilidad de biomasa y capacidad de rebrote de leñosas forrajeras en potreros** (Lombo 2012). De acuerdo a los criterios de frecuencia en potreros, conocimiento y utilización por los productores, y pruebas de preferencia por el ganado fueron seleccionadas las especies leñosas forrajeras *Albizia saman*, *Albizia niopoides*, *Cordia dentata*, *G. sepium*, *G. ulmifolia* y *Pithecellobium dulce*. En estas especies fue evaluado el rendimiento de biomasa total, biomasa comestible y capacidad de rebrote después de la poda. Todas las especies mostraron capacidad de rebrote, pero sobresalen *C. dentata* y *P. dulce*. Con respecto al rendimientos de biomasa comestible (kg MS/árbol) el orden fue el siguiente: *C. dentata* (5.95), *P. dulce* (3.2), *A. saman* (2.02), *G. sepium* (1.99), *G. ulmifolia* (1.94) y *A. niopoides* (0.53). Sin embargo, *G. sepium* es una especie de alta preferencia por los productores, lo cual fue demostrado en el estudio de conocimiento local; además, de la calidad nutricional, la distribución en el paisaje y experiencia en bancos forrajeros de corte y acarreo fueron atributos que influyeron para su consideración en los sistemas silvopastoriles biodiversos.

**Análisis (ex ante) de adopción de árboles en el trópico seco de Nicaragua** (Salazar 2012). En esta investigación fue seleccionado un potrero típico de las fincas ganaderas, en el cual de manera participativa se desarrolló un potrero ideal para el productor con una mayor cobertura arbórea y diversidad de especies distribuidas en cercas vivas y árboles dispersos en potreros. Posteriormente, utilizando el lenguaje informático del programa Hugin Expert (basado en probabilidades condicionales) se creó una herramienta de aplicación para el diseño de combinaciones multifuncionales de árboles (CMA) ideales en sistemas silvopastoriles desde la perspectiva del productor y de especialistas en ecología funcional. La RB-CMA permite identificar 1) CMA en un potrero ideal de acuerdo a los objetivos productivos en la finca del productor, 2) las funciones de los árboles de forma individual y en combinaciones, 3) los rasgos funcionales por especie leñosa o en combinaciones desde la perspectiva del productor o del científico, 4) beneficios monetarios de las especies leñosas de forma individual o en combinaciones. En base a lo anterior la herramienta de RB-CMA permite comparar los potreros actuales versus los ideales en términos de beneficios financieros y ecológicos e identificar en conjunto con el productor la combinación de especies leñosas que ofrece la mejor opción en la generación de bienes y servicios para la finca con implicaciones en los ingresos. En Anexo 1 se presenta la lista de especies retenidas e incluidas en cercas vivas y árboles dispersos en el potrero ideal por los productores en el marco del estudio de Salazar (2012).

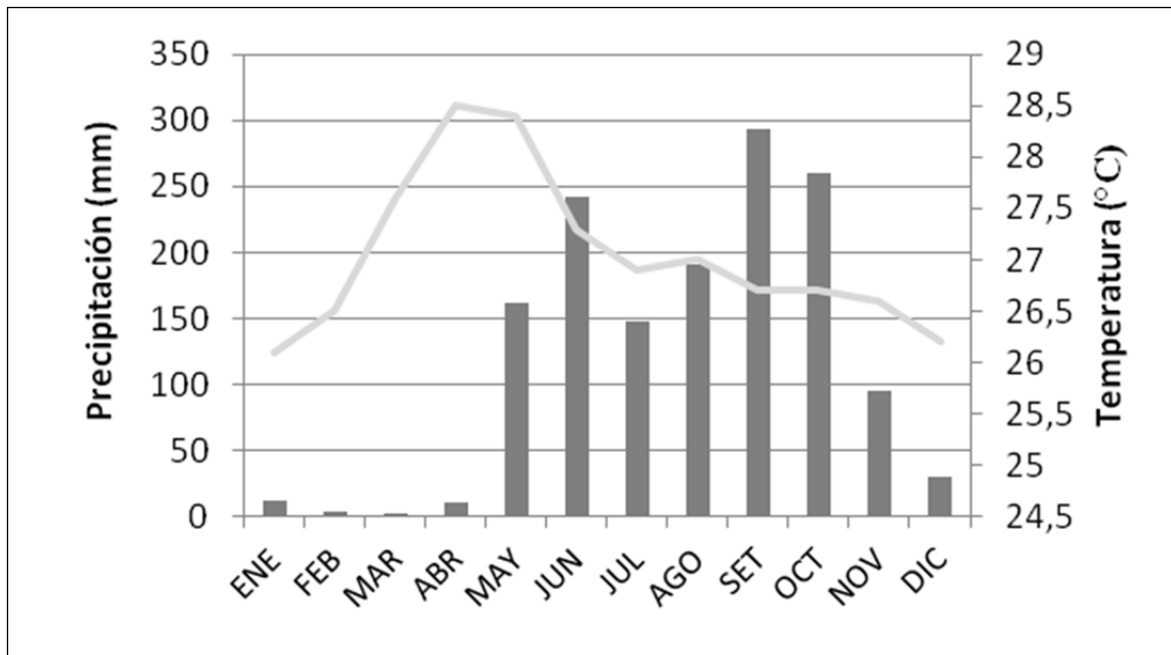
Por otro lado, en el Anexo 2 se describen para las especies los rasgos funcionales, funciones en finca y los estudios (dentro o fuera de FUNCITREE) que han generado información sobre las distintas especies incluidas en las parcelas demostrativas.





## 4 Sitio de estudio

Las parcelas demostrativas se han implementado en la zona del proyecto FUNCITREE, en el municipio de Belén, Rivas, Nicaragua. El sitio se ubica entre las coordenadas 11°30' Norte y 85°53' Oeste, pertenece a una zona de vida de bosque seco tropical (Holdridge 2000), con una precipitación promedio de 1400 mm, temperatura media anual superior a los 27°C y una altitud que varía entre 100 y 200 msnm. Esta región se caracteriza por la presencia de dos épocas climáticas bien marcadas, la primera una época seca que inicia en el mes de Diciembre hasta finalizar el mes de Abril; y una segunda época, que corresponde a la de lluvias que inician en Mayo y se prolongan con algunas fluctuaciones hasta el mes de Noviembre (Figura 1).



**Figura 1.** Distribución de precipitaciones y temperaturas anuales para el periodo 1971-2000, Región de Rivas, Nicaragua. Fuente: INETER 2000.

La ganadería bovina en la zona está dominada por sistemas de producción de doble propósito (leche + carne) y en menor grado sistemas de carne para cría + engorde y solo engorde. La alimentación está basada en pasturas naturalizadas como jaragua (*Hiparrhenia rufa*) y gramíneas nativas (predominantemente, *Paspalum spp* y *Axonopus compressus*), las cuales en la época seca tienden a detener el crecimiento, como la mayoría de plantas herbáceas y la cobertura se reduce significativamente. De tal manera que, sin fuentes alternativas de forraje en la época seca, la mayoría del ganado tiende a perder peso vivo y la producción de leche se reduce al menos al 50% de la producción lograda en el período de lluvias. La reducción de la respuesta animal depende del nivel de suplementación y disponibilidad de agua permanente en la finca. En la zona, existen ciertas experiencias aisladas sobre el uso de alternativas de alimentación para la época seca como el uso de bancos forrajeros de gramíneas (*Saccharum officinarum*) y de leñosas bajo corte y acarreo (*G. sepium* y *C. argentea*), melaza, ensilado, heno, concentrado y uso de subproductos agroindustriales (semolina de arroz, afrecho de trigo, etc.).

## 5 Metodología

### 5.1 Sistemas silvopastoriles

Para alcanzar los dos objetivos primeros se establecerán parcelas demostrativas. Para este fin se identificaron dos fincas que cumplieran ciertos requisitos tales como: i) finca representativa de los sistemas ganaderos de la zona; ii) disponibilidad del productor en brindar un espacio de tierra de la finca y aportar mano de obra para algunas labores de establecimiento y mantenimiento de la parcelas; iii) fácil acceso para que la puedan visitar y observar otros productores; iv) productor comunicativo y decidido a colaborar con otros proyectos y grupos de productores, v) productores interesados en incluir prácticas silvopastoriles en las fincas para mitigar el efecto de la sequía.

Bajo las condiciones anteriores fueron seleccionadas las fincas del señor Martín Mena y la finca de la Escuela de Agricultura de Rivas. En la primera se han establecido los sistemas silvopastoriles biodiversos siguientes: i) 0.7 ha de bancos forrajeros de corte y acarreo de madero negro (*G. sepium*) y cratilia (*C. argentea*) con diversidad de especies leñosas (Cuadro 1); y ii) 1.75 ha de sistema silvopastoril con pastura mejorada (*Panicum maximum* cv Tanzania) asociada con leucaena (*Leucaena leucocephala*) y especies leñosas diversificadas (Cuadro 3). En la segunda finca se establecerá un módulo de 3.16 ha con el sistema silvopastoril pastura mejorada (*Panicum máximo* cv Tanzania) asociada *L. leucocephala* y otras especies leñosas de regeneración natural (Cuadro 5). En ambos tipos de sistemas silvopastoriles se retendrán árboles establecidos por regeneración natural y se establecerán otros de una variedad de especies para asegurar la provisión variada y complementaria de funciones en la finca. Las especies leñosas retenidas en las parcela se presentan en los Cuadros 1, 3 y 5; mientras, las plantadas se localizan en las cercas vivas y corresponde a las especies como tigüilote (*Cordia dentata*), jocote (*Spondias sp*), limón (*Citrus limon*) y naranja (*Citrus sinensis*). Las primeras dos propagadas por medio de estacas cuya longitud varía entre 2.3-2.5 m y las restantes usando plantines.

### 5.2 Red bayesiana y combinaciones multifuncionales de árboles (RB-CMA)

Se plantean dos ejercicios, el primero consistirá en una modelación y validación participativa de la provisión de servicios ecosistémicos provistos por las distintas especies de árboles en las tres parcelas demostrativas. La modelación permitirá resaltar las funciones de los árboles del sistema silvopastoril a las que los productores dan prioridad y también visualizar las consecuencias de ciertas elecciones sobre otras funciones productivas y ecológicas. El segundo ejercicio será el diseño de sistemas silvopastoriles multifuncionales en el potrero ideal, para ello se realizarán preguntas directas a tres productores sobre su condición socioeconómica y de la finca usando encuesta con maqueta (información ex ante el productor), posteriormente se usará el modelo RB-CMA para recomendar combinaciones multifuncionales de árboles.

Los modelos silvopastoriles serán elaborados teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- 1) El tipo o tipos de servicio ecosistémicos que desee potencializar el productor en la finca.
- 2) Por tipo o tipos de rasgos funcionales deseados por el productor o sugerido por especialista.
- 3) Por la cantidad de ingresos financieros que el productor desee obtener de las CMA.
- 4) Por el tamaño de copa promedio de los árboles (grande, mediana, pequeña).
- 5) La densidad de árboles que desee el productor en su finca o en los potreros.
- 6) Por tipo de especie leñosa deseadas en el potrero ideal.

La adopción de árboles en la finca del productor presenta algunos desafíos asociados a variables socio-económicas como la capacidad de mano de obra del productor, las necesidades más

inmediatas en la finca, o la densidad actual de árboles en las fincas (si es la deseada o superior a la deseada por los productores). Ante esto Somarriba (2009) plantea una metodología en donde se plantea un diagnóstico biofísico, agroforestal, social, económico y financiero previo. Posteriormente se plantean una serie de alternativas desde la perspectiva del técnico o especialista que el productor evalúa teniendo en cuenta la visión sobre su finca. Esta dinámica propuesta para planificación de fincas agroforestales se estima en 33 horas.

Para el desarrollo de la mejora tecnológica propuesta en esta investigación se espera disminuir el costo en tiempo invertido en la asesoría al productor para determinar el nivel de intensificación con combinaciones de árboles multifuncionales. Esto debido a que la fase de diagnóstico y la propuesta de mejoras y la sistematización del conocimiento ecológico y financiero de la RB-CMA facilitan al técnico en presentarle las alternativas de combinaciones de especies leñosas y discusiones de beneficios para el productor. Esto reduce el tiempo de asesoría para determinar estudios de pre-factibilidad en adopción de sistemas silvopastoriles por tanto se reducen costos operativos. De igual misma forma es un indicador indirecto de la disminución del nivel de preparación técnica que necesitaría un asesor de un productor para una finca lo que aplicado a una mayor escala reduce los costos en mano de obra de un proyecto. Otro argumento a favor en disminuir el tiempo en la adopción ex ante de una mejora tecnológica consiste en que en la medida en que la mejora tecnológica sea familiar a la cultura y necesidades del productor menor riesgo y resistencia experimentará lo que reduce el tiempo de decisión de adopción o no adopción y mejorará el proceso de difusión de una mejora tecnológica en el tiempo. Alonso 2000 manifiesta que los productores son prudentes al momento de realizar cambios ante una versión riesgosa de la mejora tecnológica, ante esto el productor preferirá la tradicional. Es por tanto que las innovaciones exitosas son aquellas que son: acorde a las necesidades de los productores, respetuosas con su tradición y cultura, que los beneficios esperados sean superiores a otras alternativas propuesta para el uso de la tierra, su mano de obra y capital invertido. Reducir el riesgo que enfrenta el productor se contrarresta con un adecuado conocimiento de la mejora tecnológica propuesta (Salazar 2012, Alonso 2000, Mercer 1998).

Se sugiere en todos los casos diseñar en hojas de cálculo un modelo de sensibilidad que permita identificar los beneficios de las CMA modelados en el potrero ideal basados en las investigaciones de Pérez (2011), Lombo (2012) y otros estudios del proyecto. También, que se utilicen técnicas demostrativas sencillas y gráficas (ej. con fotografías de árboles adheridos a un tablero acrílico borrable) en donde se expliquen las cantidades de árboles por especie que el productor sugiera por tipo de uso del suelo o por potrero identificado y en qué cantidades estaría interesado a incrementar su cobertura arbóreas con el pleno conocimiento de la información sobre la funcionalidad de los árboles.

## 6 Establecimiento de las parcelas

### 6.1 Primera finca (Señor Martín Mena)

#### 6.1.1 Banco forrajero de Madero negro (*Gliricidia sepium*) y Cratylia (*Cratylia argentea*)

Esta parcela fue ubicada cercana al corral de manejo y alimentación del ganado, lugar indicado para lograr eficiencia de la mano de obra para corte, acarreo, transporte, picado y ofrecimiento del alimento al ganado. La proximidad de la parcela al corral, facilita además el flujo del estiércol del corral hacia el banco. El área destinada es de 0.7 ha (7000 m<sup>2</sup>), la cual fue distribuida equitativamente para madero y cratylia o sea 3500 m<sup>2</sup> c/u. El objetivo de este banco forrajero es la producción de forraje de alta calidad (proteína y digestibilidad in vitro de la materia seca) como suplemento alimenticio para el ganado en la época seca, especialmente las vacas en producción de leche. La dieta base consiste en pasturas y forraje de gramíneas bajo corte y acarreo que ya existe en la finca. Las especies usadas para el banco de proteína, tienen atributos de adaptación para zonas de trópico seco. En el caso de madero negro ya existen experiencias aisladas en la zona del proyecto y con cratylia, en sitios similares en países de América Central. En los párrafos siguientes se explican los pasos a seguir para el establecimiento, mantenimiento y utilización del banco forrajero.

**A. Preparación del terreno:** El área seleccionada fue un potrero con una presencia importante de malezas leñosas y herbáceas, por lo tanto éste se limpió de manera manual y posteriormente se llevaron a cabo dos pasadas de rastra. También, se podaron ramas bajas de los árboles retenidos en la parcela (árboles dispersos y en las cercas vivas).

**B. Establecimiento de leñosas forrajeras:** la siembra se realizó directamente en el suelo con una distancia de 1 m entre surcos y 0.5 m entre plantas, esto aplica para las dos especies que tendrá el sistemas silvopastoril (3500 plantas por especie o un total de 7000 en las 0.7 ha). En cada postura se colocaron dos o tres semillas para asegurar la germinación y el establecimiento de al menos una planta.

Dentro del banco, posterior al establecimiento de las plantas forrajeras se establecieron 20 plantas de papaya (*Carica papaya*) pero éstas murieron. El productor lo atribuyó a exceso de fertilización en el vivero donde fueron compradas. De todos modos la idea es mostrarle al productor que mientras se establece el banco (8-12 meses), cierta área se puede utilizar para otros cultivos como granos básicos, frutales de ciclo corto como papaya, alternativas que está documentado ayudan a reducir o compensar el costo de establecimiento de este tipo de sistemas silvopastoriles<sup>1</sup>.

**C. Manejo del componente leñoso de la parcela:** La parcela presenta una riqueza de 12 especies, una densidad de árboles dispersos de 37 árboles/ha y 22.65 árboles/100 metros lineales (Cuadro 1). La mayoría de especies leñosas en ambos arreglos proceden de la regeneración natural; sin embargo, en las cercas vivas existen especies que han sido establecidas por medio de estacones tales como *C. dentata* y *S. purpurea*. Aparte fueron establecidas 10 plantines de limón (*Citrus limon*) y 10 de naranja (*Citrus sinensis*), 10 estacones de *C. dentata* y 10 de *S. purpurea* para aumentar la cobertura arbórea del banco forrajero de leñosas.

<sup>1</sup> Este modelo de establecimiento fue presentado y discutido con el productor pero en ninguno de los dos módulos (bancos de corte y acarreo y pasto mejorado con leucaena) él se decidió a la siembra de un cultivo agrícola mientras se lograba el establecimiento del sistema silvopastoril.

**Cuadro 1.** Árboles dispersos y en cercas vivas en la parcela (0.7 ha) de banco forrajero de leñosas (*G. sepium* y *C. argentea*).

Especie	Árboles dispersos	Cercas vivas	Principales usos
<i>Acacia collinsii</i>	1		Leña y forraje
<i>Acrocomia mexicana</i>			Frutos consumo humano y ganado
<i>Albizianiopoides</i>	1		Forraje
<i>Annonasp</i>		1	Frutos consumo humano
<i>Caseariacorymbosa</i>		4	Leña
<i>Cordiadentata</i>	1	11	Leña y forraje
<i>Delonix regia</i>		1	Provisión de habitat
<i>Guazumaulmifolia</i>	1		Frutos, forraje, leña y sombra para ganado
<i>Spondias purpurea</i>	4	55	Frutos para humanos, ganado y vida silvestre
<i>Swieteniahumilis</i>		3	Madera
<i>Tabebuia rosea</i>	18	1	Madera, leña, postes
X1 (no identificada)		1	
Total	26	77	

En la presente parcela de banco forrajero de leñosas, las especies que se encuentran como árboles dispersos y las cercas vivas cumplen funciones para la producción de productos maderables (madera y postes para construcción), leña, sombra, frutos y forraje para el ganado. Éstas son las principales razones por lo cual el productor las retiene y establece en finca. Por ejemplo entre los árboles dispersos sobresale *T. rosea* para fines maderables; mientras que en cercas vivas *S. purpurea* y *C. dentata* son muy usadas. La primera produce frutos para consumo humano, para el ganado y la vida silvestre; y la segunda, leña y forraje para el ganado en la época seca. En el Anexo 2 se presenta información detallada sobre rasgos funcionales, las funciones en finca y los estudios hechos dentro y fuera del proyecto FUNCITREE, de las especies arbóreas.

**D. Control de malezas y resiembra:** Éste fue manual y químico dirigido. También, se realizó de manera oportuna la resiembra para sustituir las plantas muertas. El consumo de semilla en el establecimiento del módulo fue de 2.39 kg de madero negro y de 3 kg de cratylia. El consumo de semilla para ambas especies casi se duplicó según lo recomendado para dicha área, debido a que en la primera siembra las lluvias fueron muy fuertes y enterraron las semillas, lo que afectó la germinación y emergencia.

**E. Control de plagas:** se utilizaron productos en polvo y líquidos para controlar hormigas y gusanos cortadores.

**F. Fertilización:** Se aplicaron 45 kg de fertilizante químico 12-30-10 cuando las plantas alcanzaron aproximadamente 30 cm de altura. En los siguientes años se hará una fertilización química similar a la primera y se aplicará el abono del corral de manejo del ganado. La fertilización de mantenimiento anual debería de ser según la fertilidad del suelo y la extracción de nutrientes por medio de la biomasa que se cosecha para el ganado. Sin embargo, eso es difícil que lo apliquen los productores, por lo cual será sugerido que al menos fertilicen el banco con el estiércol del corral y se tratará de acordar con los productores de manejar la mitad de la parcela sin fertilizante. Este experimento permitirá a los

productores (propietarios y visitantes) conocer el aporte de los árboles en el reciclaje de nutrientes. Este experimento se diseñará y aplicará en las tres parcelas demostrativas en consenso con los propietarios de las fincas.

**G. Manejo de poda y aprovechamiento de la especie forrajera:** La primera poda de uniformización se realizará a la edad de entre 8-10 meses cuando la planta tenga una altura superior a los 2.5 m. El follaje del material podado se podría utilizar para la alimentación del ganado porque coincide con la época seca o se aplica al suelo junto con la parte leñosa. Posteriormente a la poda de uniformización, se pueden presentar dos escenarios: primero que el productor decida aprovechar el banco cada tres o cuatro meses durante todo el año, el cual sería el más deseado; y segundo que el banco sea podado en el mes de septiembre u octubre, se aplica el material como abono para el suelo, para aprovechar el forraje en alimentación del ganado a inicios de la época seca. Incluso en dicha época se podrían hacer dos cortes.

*Cuadro 2. Costo de establecimiento (US\$) de un banco forrajero de leñosas (Cratylia argentea y Gliricidia sepium) en un área de 0.7 hectáreas (7000 m<sup>2</sup>).*

Actividad	Unidad	Cantidad	Costo unitario (US)	Costo total (US)
<i>Preparación del terreno para la siembra</i>				
Cercado de la parcela (2.5 rollos alambre y 2.5 lb de grapas)				107.87
Mano de obra para reparación y poda de cercas	jornal	7	4.46	31.24
Mecanización (dos pasadas de rastra)	ha	0.7	76.91	53.84
Surqueado	ha	0.7	48	33.6
<i>Siembra</i>				
Semilla cratilia	kg	3	8.94	26.82
Semilla madero negro	kg	2.39	9.79	23.4
Mano de obra para siembra	jornal	9	3.56	32.06
Plantas de frutales (limón, naranja y papaya)	plantas	40	0.54	21.66
Mano de obra para siembra frutales	jornal	2	3.56	7.12
Estacas de postes vivos (pochote)	estacas	10	1.34	13.43
Estacas de postes vivos (tiguilote)	estacas	10	2.24	22.39
<i>Agroinsumos</i>				
Insecticida (cada bolsa 50 g)	bolsas	3		8.07
Insecticida (cipermetina)	lt	1		6.5
Herbicida (glifosato)	lt	3	3.81	11.44
Fertilizante 12-30-10	kg	45	0.23	10.46
Fertilizante foliar	kg	1	6.5	6.5
Equipo protección operarios				1.88
<i>Control de malezas</i>				
Mano de obra	jornal	102	3.29	336.06
<i>Gastos varios</i>				
Costo total establecimiento				756.36

\* un jornal equivale a 6 horas-día. Tipo de cambio Agosto 2011 fue de 1 US\$ = \$22.58 córdobas.

En los primeros cortes de aprovechamiento se realizará un monitoreo de la producción de biomasa (kg materia seca por planta y por hectárea), para determinar la disponibilidad de forraje y con ello calcular la cantidad de forraje que se ofrecerá a cada animal sujeto a dicha suplementación. Al mismo tiempo, dicho ejercicio servirá para ajustar el área del banco en caso de que la disponibilidad no cubra la demanda de la finca.

**H. Costo de establecimiento:** El costo de establecimiento fue de 756.36 US por 0.7 ha (1080.51 US/ha; Cuadro 2), del cual un 88% lo aportó el proyecto FUNCITREE y el 12% el productor.

### **6.1.2 Sistema silvopastoril biodiverso de pastura mejorada (*Panicum maximum* cv Tanzania) asociado con *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*)**

El establecimiento de este módulo se llevó a cabo en un área de 1.75 ha. Este tipo de sistema silvopastoril (SSP) biodiverso contará con varios estratos como el bajo conformado por pasturas, el medio con la leucaena y el alto con los árboles dispersos en la parcela y en las cercas vivas. En esta modalidad de SSP el ganado se alimenta del pasto por medio del pastoreo y complementa la dieta con el ramoneo de follaje de alto valor proteico de la leucaena. Las fases del establecimiento son las siguientes:

B. Preparación del terreno: El procedimiento fue similar a la sección de preparación del terreno de la sección del banco forrajero de corte y acarreo (5.1.1 punto A). Excepto que en este módulo se realizaron cuatro pasadas de rastra, las primeras dos al inicio de las lluvias, pero por la abundancia de semillas de malezas presentes se decidió dejar un período de tiempo como de tres semanas para la emergencia de malezas y posteriormente realizar otras dos pasadas de rastra.

C. Establecimiento de la leucaena: La leucaena fue establecida en franjas de doble surco, las franjas separadas cada 2 m, el doble surco separado a 1 m y las plantas en promedio cada 0.5 m. La semilla fue sembrada a chorro corrido en el fondo del surco, algo similar a la práctica utilizada para la siembra del arroz.

D. Manejo del componente leñoso de la parcela: Este sistema cuenta con una riqueza de 19 especies de árboles, con una densidad de árboles dispersos de 6 árboles/ha y en las cercas vivas 20 árboles/100 metros lineales. Tal como en el sistema anterior, sobresalen las especies *T. rosea* en los árboles dispersos y *S. purpurea* y *C. dentata* en las cercas vivas (Cuadro 3). También, los individuos proceden de la regeneración natural y en las cercas vivas ciertas especies como *C. dentata* y *S. purpurea* han sido plantadas usando estacones. Para aumentar la densidad de árboles dispersos el productor pretende dejar a libre crecimiento algunos individuos de leucaena para cumplir con funciones de sombra, productos maderables y producción de semilla para comercializar y uso propio. En el caso de cercas vivas se plantaron estacones de *S. purpurea*.

Como se nota en las dos parcelas (banco forrajero y pastura mejorada + leucaena), el productor prefiere incrementar la diversidad de especies leñosas en las cercas vivas con plántulas de frutales o con estacones de especies con capacidad de establecimiento vegetativo. El productor generalmente no realiza plantaciones dentro de la parcela porque implica gastos de protección de los individuos para evitar daños causados por el ganado. Prefiere manejar la regeneración para aumentar cobertura arbórea por medio de limpiezas y raleos y no aplica ningún sistema de protección. Sin embargo, las experiencias en campo indican que los árboles producto de la regeneración natural, en potreros sin presencia del ganado (clausura de 2-3 años) presentan un mayor crecimiento y calidad. Algo similar se practica en algunas comunidades de Belén, Rivas, Nicaragua, donde se implementa un sistema de uso rotacional de la tierra (agricultura – barbecho – ganadería) para favorecer la recuperación de la fertilidad de los suelos y la cobertura de leñosas.



**Cuadro 3.** Árboles dispersos y en cercas vivas en la parcela (1.75 ha) del sistema silvopastoril pastura mejorada + leucaena.

Especie	Árboles dispersos	Cercas vivas	Principales usos
<i>Acacia collinsii</i>		4	Leña y forraje
<i>Annonasp</i>		2	Frutos consumo humano
<i>Bursera simaruba</i>		8	Cercas vivas y leña
<i>Caesalpinia exostemma</i>		1	Leña
<i>Casearia corymbosa</i>		17	Leña
<i>Cassia grandis</i>	1		Leña y forraje
<i>Coccoloba sp</i>	1		Sombra para el ganado
<i>Cordia dentata</i>		23	Leña y forraje
<i>Diphysa americana</i>		1	Madera, postes y leña
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>		1	Frutos y sombra para ganado, madera
<i>Guazuma ulmifolia</i>		2	Frutos, forraje, leña y sombra para ganado
<i>Karwinskia calderonii</i>		1	Madera y leña
<i>Myrospermum frutescens</i>		4	Leña
<i>Simarouba amara</i>	1	4	Frutos para humanos, sombra ganado
<i>Spondias purpurea</i>		29	Frutos para humanos, ganado y vida silvestre
<i>Stemmadenia obovata</i>	1	2	
<i>Tabebuia rosea</i>	5	5	Madera, leña, postes
<i>Thouinidium decandrum</i>	1		Leña, madera y sombra para ganado
<i>Zanthoxylum sp</i>	1		Madera construcciones rurales
Total	11	104	

**D. Control de malezas y resiembra:** Se realizó un control manual de malezas. Se llevaron a cabo dos resiembras de leucaena. En la primera las fuertes lluvias posiblemente enterraron y arrastraron semillas lo que afectó la población de plantas. La segunda siembra se realizó para reponer plantas dañadas por herbivoría de plagas. La cantidad de semilla utilizada en esta parcela fue de 7 kg de semilla de leucaena.

De todos modos, en esta parcela como en la del banco forrajero de corte y acarreo, las malezas fueron un serio problema en todo el periodo de establecimiento. Esto se pudo deber a que dichas áreas fueron pasturas con gran cantidad de malezas lo que posiblemente ha dado lugar a un banco de semillas de malezas importante.

En este sistema silvopastoril las plantas de leucaena alcanzaron para diciembre 2011 una altura entre 0.2 y 1.5 m (4-5 meses de edad, la siembra y resiembra se realizó entre julio y agosto del 2011). El régimen de lluvias durante este año fue muy errático (junio - octubre) lo que sumado al problema de las malezas pudo haber afectado el crecimiento de las plantas de leucaena.

**E. Establecimiento del componente herbáceo:** por las condiciones de lluvias antes mencionadas y el crecimiento de la leucaena fue imposible sembrar la pastura, ya que los árboles deben tener en promedio de al menos 1.5 m para establecer la pastura y con ello evitar problemas de competencia. Se espera sembrar el pasto al inicio de las lluvias del año 2012. Previo a la siembra, el terreno será preparado por medio de chapias y herbicida (las calles entre callejones de leucaena). La densidad de siembra a utilizar será de 7 kg/ha de pasto *P. maximum* cv Tanzania, o sea un total aproximado de 12.5 kg para la parcela de 1.75 ha.

**Cuadro 4.** Costos de establecimiento (US) del sistema silvopastoril de pasto *Panicum maximum* cv. Tanzania asociado con *Leucaena leucocephala* y especies de árboles multifuncionales (\$US por 1.75 hectáreas).

Actividad	Unidad	Cantidad	Costo unitario (US)	Costo total (US)
<i>Preparación del terreno para la siembra</i>				
Cercado de la parcela (2.5 rollos alambre y 2.5 lb de grapas)				107.87
Mano de obra para poda de cercas	Jornal	2	4.46	8.92
Mecanización (dos pasadas de rastra en 1.75 ha)	Ha	1.75	76.79	134.39
Surqueado	Ha	1.75	31.81	55.66
<i>Siembra</i>				
Semilla leucaena	Kg	7	10	70
Mano de obra para siembra	Jornal	32	4.19	134.15
Plantas de limón criollo	plantas	10	1.11	11.14
<i>Agroinsumos</i>				
papel /secado semilla	Unidad	1	0.36	0.36
Insecticida (cada bolsa 50 g)	bolsas	5	3.73	18.67
Insecticida (cipermetina)	lt	1	6.5	6.5
Herbicida (3 lt glifosato y 5 lt de 2-4D)	lt			33.17
Fertilizante 12-30-10	kg	45	0.23	10.46
Fertilizante foliar	kg	1	6.5	6.5
Equipo protección operarios				1.02
<i>Control de malezas</i>				
Mano de obra	jornal	112.3	3.24	363.42
<i>Gastos varios</i>				
Costo total establecimiento				966.71

\* un jornal equivale a 6 horas/día. Tipo de cambio 10 de mayo 2011 del Banco Central de Nicaragua: 1 córdoba = \$22.62

**F. Fertilización:** La leucaena fue fertilizada con 45 kg de la fórmula 12-30-10 y un kg de fertilizante foliar.

**G. Primer ingreso del ganado:** el ganado podrá ingresar cuando la pasturas tenga 4 meses de establecida. Los posteriores pastoreos serán realizados según el ciclo definido que tendrá un período de descanso entre 40-45 días (época lluviosa; Mahecha et al. 2001) y un período de ocupación que asegure que una misma planta no sea cortada dos veces en dicho período (Sorio 2004), para esta parcela se diseñará entre 4-6 días. En la época seca el período de descanso se extenderá y la carga animal será reducida según la disponibilidad de pasto. Cuando la leucaena tenga un altura que dificulte el consumos por el ganado (más de 2 m) se hará una poda de uniformización para reducir altura (1.0-1.2 m), renovación de tejido envejecido y estimular mayor producción y calidad de forraje.

**H. Costo del establecimiento.** El costo del componente leucaena solamente alcanza los 966.71 US en 1.75 ha (552.41 US/ha). El cuadro 4 presenta con detalle los costos del establecimiento. Del costo anterior, el 96% corresponde a recursos del proyecto y el 4% al productor. El costo total de la parcela considerando el pasto que será establecido en el 2012 podría alcanzar los 1335 US por 1.75 (763 US/ha).

## 6.2 Segunda finca (Escuela de Agricultura de Rivas)

### 6.2.1. Sistema silvopastoril biodiverso de pastura mejorada (*Panicum maximum* cv Tanzania) asociado con Leucaena (*Leucaena leucocephala*)

**A. Avances en el establecimiento:** Esta parcela tiene un área de 3.16 ha y se espera establecer al inicio del período de lluvias del año 2012. El proceso del establecimiento será similar a lo descrito en la sección 5.1.2 para la primera finca. En el Anexo 3 se presenta un resumen del cronograma de actividades que se realizarán como parte del establecimiento de la parcela demostrativa.

En esta parcela demostrativa el uso del suelo anterior fue un charral con parches de pastos como grama (*Paspalum* spp y *Axonopus* spp) y jaragua (*H. rufa*) que mantenía ganado algunas veces en el año. Esto significa que fue un área con una alta riqueza y cobertura de la vegetación leñosa. En la preparación del área se eliminaron árboles y arbustos que se encontraban en grupos, el criterio de eliminación fue para aquellos individuos enfermos y deformes; también se tuvo cuidado de no eliminar ejemplares de especies poco abundantes, la idea fue lograr una cobertura de árboles con buena distribución en la parcela. Las decisiones fueron en conjunto con los administradores de la finca.

**B. Estado de la cobertura arbórea:** El sistema presenta una riqueza de 33 especies, una densidad de árboles dispersos de 109 individuos /ha y en cercas vivas de 9 /100 metros lineales (Cuadro 5). La densidad es alta porque la mayoría de árboles son jóvenes, pero a futuro se tendrá que diseñar un plan de manejo silvicultural (de podas y raleos) para mantener un nivel de sombra que no afecté las pasturas, lo cual podría estar en una cobertura arbórea entre el 30-40% dependiendo de las características de la copa de los árboles. Asimismo, como se ha mencionado en las otras parcelas, se fortalecerán las cercas que tienen pocos individuos con especies que se propagan por estacones como *C. dentata* y *S. purpurea*.

Como se comentó antes, debido al uso anterior, esta parcela cuenta con una diversidad importante de árboles dispersos, donde sobresalen *M. frutescens* y *T. rosea*, cuyos usos principales son leña y madera respectivamente. Las cercas vivas están siendo dominadas por *C. dentata*, cuyo uso principal es leña y forraje para alimentación del ganado. Las cercas necesitarán ser fortalecidas con las especies a definir con la administración de la finca (decisiones basadas en las preferencias de los productores de la zona).

**Cuadro 5.** Árboles dispersos y en cercas vivas en la parcela (3.16 ha) del sistema silvopastoril pastura mejorada + leucaena en la Escuela de Agricultura de Rivas.

Espece	Árboles dispersos	Cercas vivas	Principales usos
<i>Acacia collinsii</i>	2		Leña y forraje
<i>Acrocomia mexicana</i>	8		Frutos consumo humano y ganado
<i>Andira inermis</i>	1		Madera y sombra
<i>Annona sp</i>		2	Frutos consumo humano
<i>Azadirachta indica</i>	4	1	
<i>Caesalpinia exostemma</i>	2	1	Leña
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	1		Leña
<i>Casearia corymbosa</i>		1	Leña
<i>Cassia grandis</i>	1		Leña y forraje
<i>Cedrela odorata</i>	15		Madera
<i>Ceiba pentandra</i>		1	Madera y sombra para ganado
<i>Chomelia spinosa</i>	3		Frutos fauna silvestre
<i>Coccoloba sp</i>	4		Sombra para ganado
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	1		Frutos fauna silvestre
<i>Cordia alliodora</i>	11	3	Madera
<i>Cordia collococca</i>	1		Madera, Frutos fauna silvestre
<i>Cordia dentata</i>	11	57	Leña y forraje
<i>Crescentia alata</i>		2	Frutos para ganado, leña
<i>Diospyros salicifolia</i>	2	1	Frutos para humanos y vida silvestre
<i>Gliricidia sepium</i>	8	1	Forraje, leña, abono verde y postes para construcciones rurales
<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	4	Frutos, forraje, leña y sombra para ganado
<i>Karwinskia calderonii</i>	16		Madera y leña
<i>Lonchocarpus sp</i>		1	
<i>Maclura tinctoria</i>	1		Madera, sombra para ganado, frutos para vida silvestre
<i>Myrospermum frutescens</i>	147	2	Leña
<i>Randia armata</i>	1		
<i>Simarouba amara</i>	3		Frutos para humanos, sombra ganado
<i>Spondias mombin</i>		1	Frutos para humanos, ganado y vida silvestre
<i>Spondias purpurea</i>		1	Frutos para humanos, ganado y vida silvestre
<i>Stemmadenia obovata</i>	3	3	
<i>Tabebuia ochracea</i>	3		Madera
<i>Tabebuia rosea</i>	91		Madera, leña, postes
X2*		1	
Total	345	83	

\* Espece no identificada.

La mayoría de la especies cumplen varias funciones y existen algunas que tienen una función principal, patrón similar a lo que sucede en las parcelas ya antes descritas. En general las funciones de los árboles en la finca son para producción leña, madera, productos maderables (postes y vigas para construcciones rurales), alimento (frutos y follajes) y sombra para el ganado, frutos para consumo humano. Varias especies producen además frutos para la vida silvestre.

## **7 Validación de recomendaciones de la RB-CMA para la fincas seleccionadas**

En la zona del proyecto (Municipio de Belén, Rivas, Nicaragua) Chica (2011) propone una clasificación de fincas ganaderas según el grado de tecnificación que presentan, tales como alta (8% de las fincas), mediana (49%) y baja tecnificación (43%). Las diferencias fueron principalmente por tamaño de la finca, número de potreros, carga animal, área de pasto de corte y suplementación alimenticia.

Para la validación de la RB-CMA se sugiere seleccionar tres fincas (una por tipología) que no hayan tenido participación en el estudio de conocimiento local de la cobertura arbórea en fincas ganaderas conducido por Mosquera (2010). Posteriormente se verificará si el nivel de tecnificación identificado por Chica (2011) concuerda con la clasificación socioeconómica sugerida por el estudio de Marie (2010) y que es usado en el funcionamiento de la RB-CMA para identificar tipos de productores.

En cada una de las fincas se desarrollarán los pasos siguientes: (i) comparar las recomendaciones del modelo con las respuestas directas del productor (validación). En este momento es importante percibir las dificultades que expresa el productor en el proceso de reforestación de la finca (edad, cantidad de mano de obra masculina, alta o baja cobertura arbórea, aspectos culturales etc.). Es posible que algunos productores puedan estar interesados en reforestar diferentes secciones de su finca con diferentes sistemas. Por ejemplo, reforestar frutales cerca del hogar, maderables en lugares donde es deseable altas densidades o identificar por uso del suelo la distancia máxima de inclusión entre árboles deseados, iii) analizar las diferencias de los resultados del modelo entre fincas, iii) luego serán seleccionados 5-10 productores vecinos a las tres fincas mencionadas anteriormente para conducir un ejercicio de validación extendida. iv) plantear limitantes, potencialidades y mejoras a la metodología con base en el uso de RB para planificación agroforestal con CMA en fincas ganaderas.

## 8 Difusión de la experiencia

Se prepararán brochures técnicos para productores y para las unidades de extensión de la zona como la Asociación de Municipalidades de Rivas (AMUR), la Escuela de Agricultura de Rivas y la Comisión Nacional Ganadera (CONAGAN). También, se llevarán a cabo días de campo con grupos de productores de la zona en coordinación con las instituciones anteriores. En el día de campo la idea es que el productor, propietario de la finca, explique a los productores invitados las pautas para el establecimiento, manejo y funciones en finca de los sistemas silvopastoriles biodiversos.

Además, lo anterior se complementará con un documento resumen para productores sobre los principales resultados y lecciones de las investigaciones de los estudiantes.

Con respecto a la RB-CMA, después de una revisión del modelo descrito arriba, el modelo validado podría ser subido al sitio web de Hugin Expert A/S, con un diseño de "interfaz" sencillo para entrar las características del productor y su perfil de acuerdo a sus preferencias sobre los servicios ecosistémicos que considera prioritarios. El link al modelo con documentación podría ser enviado a expertos científicos en el tema para una validación adicional. Recomendaciones del modelo con las respuestas directas del productor (validación). En este momento es importante percibir las

## 9 Implementación de las prácticas demostradas en las fincas

A pesar de los muchos beneficios que brindan los sistemas silvopastoriles y las buenas prácticas en las fincas ganaderas, existe también una cantidad de factores que constituyen una barrera a la adopción y la difusión de dichos sistemas en América Central y en otras regiones del mundo. Para reducir estas barreras, es importante que se promuevan tecnologías que han sido generadas y validadas de manera participativa con los principales usuarios y que se ajustan a las condiciones socioeconómicas y ecológicas de cada lugar.

Un riesgo conocido en la adopción de sistemas silvopastoriles lo constituye la inversión en términos de capital, mano de obra y el relativo largo tiempo de espera durante el establecimiento. El costo de establecimiento en las parcelas demostrativas del proyecto fue de 1080 y 763 US/ha para el banco forrajero de *C. argentea* + *G. sepium* y el sistema silvopastoril con *L. leucocephala* respectivamente. Los sistemas donde se establecen árboles en potreros o bancos forrajeros de ramoneo requieren evitar el uso de la pastura durante el establecimiento del sistema. Esto puede tener impactos negativos sobre la producción animal—y consecuentemente sobre el ingreso de la finca—si el productor no cuenta con alternativas alimenticias, lo que crea un desincentivo de implementar estas tecnologías (Dagang y Nair 2003). Muchas opciones forrajeras tienden a ser más rentables en fincas pequeñas donde existe abundante mano de obra familiar con un bajo costo de oportunidad (Holmann 2002).

El problema de la falta de recursos económicos está agravado por la carencia de conocimiento de los finqueros sobre los beneficios locales ofrecidos por los sistemas silvopastoriles, tales como la reducción en la dependencia de los fertilizantes químicos y pesticidas, la protección del suelo y el aumento de la fertilidad, y el potencial de ingresos adicionales provenientes de la cosecha de frutas, leña y madera (Pagiola et al. 2004). Otros factores identificados como limitantes en la adopción de sistemas silvopastoriles son la composición genética de los animales que limita la producción, la falta de servicios de asistencia técnica, la poca experiencia en ganadería, bajos índices de escolaridad y falta de incentivos para inversión en ganadería amigable con el ambiente (Alonzo et al. 2001, López et al. 2007). Además, la disponibilidad de fuentes de agua permanentes y abundantes es otro factor que podría estar influyendo en la adopción de sistemas silvopastoriles, en muchos casos el abastecimiento de agua será la mayor prioridad en la lista de innovaciones de las fincas. La literatura señala que el consumo de agua diario por el ganado varía entre 8-12% de su peso vivo y un ligero mayor consumo para vacas en producción de leche en comparación a vacas secas.

Existen una serie de factores a tomar en cuenta para aumentar el nivel de adopción de los sistemas silvopastoriles: 1) los objetivos del productor y el acceso a los recursos; 2) identificación y manejo de un portafolio de especies que ofrezcan múltiples productos que se ajusten a los objetivos de producción de la finca; 3) uso de cultivos acompañantes durante el establecimiento de árboles; 4) selección de prácticas a incorporar dependiendo de la condición de la pastura o pastizal. Adicionalmente, es importante que el productor asuma que el problema principal no es la baja productividad de los pastizales, sino la consecuencia de un manejo ineficiente de los recursos (Dagang y Nair 2003). También, reconocer que en la época seca el crecimiento de la pastura se detiene casi completamente. No es posible contar con este recurso en esta época y es donde los árboles pueden constituirse una opción de manejo forrajero y de ingresos alternativos para la finca.

### 9.1 Incentivos y mecanismos que contribuyen con la adopción de innovaciones en fincas

Existen experiencias sobre herramientas que han motivado la adopción de sistemas silvopastoriles tales como pago por servicios ambientales, los créditos verdes y la capacitación participativa de productores por medio de la metodología de escuelas de campo. Cada una de las herramientas tiene un nicho específico de acción: por ejemplo, los créditos verdes cumplen un rol para fomentar el



sistema silvopastoril rentable, con pasturas mejoradas con alta densidad de árboles y que además contribuyen en la provisión de servicios ecosistémicos de carácter público (ver experiencia del proyecto CAMBIO en Nicaragua)

Para lograr una mayor replicación de los sistemas silvopastoriles y de buenas prácticas, se debe pensar en estrategias de desarrollo integral que busquen la complementariedad de distintas medidas, ya que una por sí sola no cumplirá dicho cometido. En este sentido, es importante, por ejemplo, la capacitación y la asistencia técnica como un eje transversal en el sistema de pagos por servicios ambientales y el crédito, con el fin de asegurar la mayor cantidad y calidad de cambios adoptados por los productores.

En Nicaragua, actualmente existen mecanismos que están promoviendo la innovación en fincas ganaderas por medio del sistema de crédito blando (tasa de interés del 11%) del Banco Produzcamos. Este tipo de crédito está bajo el marco de la legislación de Nicaragua, que recientemente aprobó la norma para el desarrollo de modelos de producción agroecológicos basados en sistemas silvopastoriles y de prácticas que protegen la calidad del medio ambiente y de los recursos. Dicha norma toma en cuenta resultados y lecciones de los proyectos que CATIE y sus socios nacionales e internacionales han desarrollado en el país.

También, CATIE en conjunto con el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) diseñó el proyecto CAMBIO, el cual se ha ejecutado en los últimos tres años por medio de la empresa micro financiera FDL (Fondo de Desarrollo Local). Este proyecto ofrece un crédito verde a las fincas que implementan sistemas agroforestales y buenas prácticas que favorecen la conservación de la biodiversidad. A partir de esta experiencia el BCIE pretende establecer para la región centroamericana una cartera de créditos verdes para contribuir al mejoramiento de la producción en fincas y a la conservación de la biodiversidad.

## 10 Plan de actividades

El Cuadro 6 muestra el plan de actividades del período junio 2012 hasta abril del 2013 para cumplir con el establecimiento de las parcelas demostrativas, entrenamiento de técnicos y productores, y validación de la herramienta de RB-CMA.

*Cuadro 6. Plan de actividades dentro del marco de las parcelas demostrativas, componente siete del proyecto FUNCITREE.*

<b>Actividad</b>	<b>Jun-Ago</b>	<b>Sep-Nov</b>	<b>Dic-Feb</b>	<b>Mar-abr</b>
Aprobación de protocolo de parcelas demostrativas	x			
Establecimiento de parcelas demostrativas pendientes	x	x		
Modelación de las parcelas demostrativas con uso de la RB-CMA		x		
Validación de la RB-CMA en diferentes tipologías de fincas		x	x	
Días de campo con productores	x	x	x	x
Eventos teórico prácticos con técnicos			x	x
Publicaciones para técnicos y productores				x

## 11 Bibliografía

- Alonso, M. 2000. Potential of silvopastoral systems for economic dairy production in Cayo, Belize and constraints for their adoption. Potencial de los sistemas silvopastoriles para la producción económica de leche en Cayo, Belice y limitaciones para la adopción. CATIE. Magister science. 75-79p.
- \_\_\_\_\_; Ibrahim, M; Gómez, M; Prins, K. 2001. Potencial y limitaciones para la adopción de sistemas silvopastoriles para la producción de leche en Cayo, Belice. *Agroforestería en las Américas* 8(30):21–27.
- Chica, D. Análisis de la relación entre cobertura y composición arbórea, factores de manejo y productividad ganadera en fincas doble propósito del departamento de Rivas, Nicaragua. Tesis MSc. CATIE, Turriabla, CR. 94 p.
- Dagang, ABK; Nair, PKR. 2003. Silvopastoral Research and Adoption in Central America: Recent Findings and Recommendations for Future Directions. *Agroforestry Systems* 59:149–155.
- Harvey, C; Villanueva, C; Esquivel, H; Gómez, R; Ibrahim, M; Martínez, J; Muñoz, D; Restrepo, C; Villacís, J; Sáenz, J; Sinclair, F. 2010. Conservation value of dispersed tree cover threatened by pasture management. *Forest Ecology and Management* 261(10):1664-1674.
- Harvey, C.A.; C. Villanueva; J. Villacís; M. Chacón; D. Muñoz; M. López; M. Ibrahim; R. Taylor; J. L. Martínez; A. Navas; J. Sáenz; D. Sánchez; A. Medina; S. Vilchez; B. Hernández; A. Pérez; F. Ruiz; F. López; I. Lang; S. Kunth; F. L. Sinclair. 2005. Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes in Central América. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 111: 200-230.
- INETER (Instituto nicaragüense de estudios territoriales) 2000. Zonificación de la III y IV región. Informe de Campo. INETER, Managua, Nicaragua, En prensa. 18 p. Disponible en Internet en [http://www.inifom.gob.ni/docs/caracterizaciones/Matiguás .pdf](http://www.inifom.gob.ni/docs/caracterizaciones/Matiguás.pdf)
- Holdridge, L. R. 2000. *Ecología basada en zonas de vida*. 5th edition. IICA, San José, Costa Rica.
- Holmann, F. 2002. El uso de modelos de simulacion como herramienta para latoma de decisiones en la promocion de nuevas alternativas forrajeras: el casode Costa Rica y Peru. *Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal*10(1):35.45.
- Lombo, F. Evaluación de la disponibilidad de biomasa y capacidad de rebrote de leñosas forrajeras en potreros del trópico seco de Nicaragua. Tesis MSc. CATIE, Turriabla, CR. 86 p.
- López, F; Gómez, R; Harvey, C; López, M; Sinclair, F. 2007. Toma de decisiones de productores ganaderos sobre el manejo de los árboles en potreros en Matiguás, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 45:93-100.
- López, M; Pezo, D; Mora, J. Prins, C. 2007. El proceso de toma de decisiones en la adopción de bancos de proteína de *Gliricidia sepium* por productores de doble propósito en Rivas, Nicaragua. *Pastos y Forrajes* 30(1):177–185.
- Mercer, D. 2004. Adoption of agroforestry innovations in the tropics: A review. *Agroforestry Systems*. 61(1): 311–328.
- Mhecha, L; Duran, CV; Rosales, M; Molina, CH; Molina, E. s.f. Consumo de pasto estrella africana (*Cynodon plestostachyus*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) en un sistema silvopastoril (en línea). *Pasturas Tropicales* 22(1). Consultado 6 de jun. 2012. Disponible en [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/PAST2215.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/PAST2215.pdf)
- Mosquera, D. Conocimiento local sobre bienes y servicios de especies arbóreas y arbustivas en sistemas de producción ganadera de Rivas, Nicaragua. Tesis MSc. CATIE, Turrialba, CR. 128 p.
- Ospina S; Rusch GM; Pezo D; Casanoves F; Sinclair FL. 2012. More Stable Productivity of Semi Natural Grasslands than Sown Pastures in a Seasonally Dry Climate. *PLoS ONE* 7(5): e35555. doi:10.1371/journal.pone.0035555
- Pérez, N. 2011. Rasgos funcionales que determinan la calidad nutricional y preferencia de leñosas forrajeras para su inclusión en sistemas de alimentación ganadera en zonas secas. Tesis MSc. CATIE, Turriabla, CR. 98 p.

- Pagiola, S; Agostini, P; Gobbi, J; de Haan, C; Ibrahim, M; Murgueitio, E; Ramírez, E; Rosales, M; Ruiz, JP. 2004. Paying for Biodiversity Conservation Services in Agricultural Landscapes. Environment Department Paper No. 96, World Bank, Washington.
- Salazar, A. 2012. Análisis (ex ante) de la adopción de árboles en el trópico seco de Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. (en preparación).
- Sorio, H. 2003. PastoreioVoisin: Teorias – Praticas – Vivencias. Passo Fundo – RS, Editora da UPF. 400 p.
- Villanueva, C., M. Ibrahim. C. A. Harvey. F. Sinclair; D. Muñoz. 2003. Estudio de las decisiones claves que influyen sobre la cobertura arbórea en fincas ganaderas de Cañas, Costa Rica. Agroforestería en las Américas 10(39-40):69-77.

## 12 Anexos

### 12.1 Anexo 1.

Especies retenidas e incluidas en cercas vivas y árboles dispersos en el potrero ideal diseñado por productores en Rivas, Nicaragua.

Espece	Cercas vivas	Árboles dispersos
<i>Gliricidia sepium</i>	X	X
<i>Cordia dentata</i>	X	X
<i>Pachira quinata</i>	X	X
<i>Leucaena leucocephala</i>	X	X
<i>Bursera simaruba</i>	X	X
<i>Swietenia macrophylla</i>	X	X
<i>Tabebuia rosea</i>	X	X
<i>Cordia alliodora</i>	X	X
<i>Spondias purpurea</i>	X	X
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	X	X
<i>Guazuma ulmifolia</i>	X	X
<i>Diphysaro binioides</i>	X	X
<i>Byrsonima crasifolia</i>	X	X
<i>Simarouba amara</i>	X	X
<i>Myrospermun frutescens</i>	X	X
<i>Samanea saman</i>	X	X
<i>Crescentia alata</i>	X	X
<i>Cedrela odorata</i>	X	X
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	X	X
<i>Acacia collinsii</i>	X	X
<i>Cassia grandis</i>	X	X

Fuente: Salazar (2012)

## 12.2 Anexo 2.

Descripción de rasgos funcionales y funciones en la finca de las especies leñosas incluidas en las parcelas demostrativas, Rivas, Nicaragua.

Especie	Rasgo funcional	Función en la finca	Fuente
<i>Acacia collinsii</i>	Alta densidad específica del tallo, digestibilidad del forraje	Leña, forraje y frutos para el ganado, conservación biodiversidad	Cornelissen et al. 2003, Mosquera 2010
<i>Acrocomia mexicana</i>	Producción de frutos	Frutos para humano y ganado	Joya 2004
<i>Albizia niopoides</i>	Digestibilidad del forraje, producción de rebrote	Forraje, conservación biodiversidad	Cornelissen et al. 2003, Pérez 2010, Lombo 2011,
<i>Andira inermis</i>	Alta densidad específica del tallo, producción de flores y olor, copa ancha	Madera dura, flores visitadas por abejas, pájaros y mariposas, refugio para murciélagos	Cordero et ál.2003
<i>Annona sp</i>	Contenido de azúcar, producción de hojas,	Frutos humanos, conservación de biodiversidad, control de la erosión	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003
<i>Azadirachta indica</i>			
<i>Bursera simaruba</i>	Baja densidad específica del tallo, producción de forraje, capacidad de rebrote	Leña, carbón, forraje, conservación de biodiversidad	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003, López et al. 2004
<i>Caesalpinia exostemma</i>	Baja densidad específica del tallo, tamaño de las flores	Leña, conservación de biodiversidad	López et al. 2004
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Alta densidad específica del tallo, producción de flores	Excelente para leña y carbón, muy visitadas por abejas en época de floración	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003, Mosquera 2010
<i>Casearia corymbosa</i>	baja densidad específica del tallo, frutos de tamaño grandes	Leña, conservación de biodiversidad	Cornelissen et al. 2003, López et al 2004
<i>Cassia grandis</i>	Contenido de proteína, producción de frutos, alta densidad específica del tallo	Producción de forraje, leña, carbón	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003, Mosquera 2010
<i>Cedrela odorata</i>	Alta densidad específica del tallo, caducifolio	Madera preciosa, resistente a la sequía	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003
<i>Ceiba pentandra</i>	Baja densidad específica del tallo, palatable, copa ancha	Madera suave, producción de forraje, sombra	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003
<i>Chomelia spinosa</i>	Tamaño de frutos	Alimento para fauna silvestre, especialmente monos	Cornelissen et al. 2003, Morera-Avila 1996

<i>Coccoloba sp</i>	Copa densa, perennifolio, producción de frutos dulces	Conservación de biodiversidad, sombra para el ganado	Cornelissen et al. 2003, Mosquera 2010, Olivero 2010
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Tamaño y color de las flores	Ornamental, conservación de biodiversidad	Cornelissen et al. 2003
<i>Cordia alliodora</i>	Alta densidad específica del tallo, producción de flores, copa rala y abierta, caducifolio	Alto valor de la madera en mercado nacional, flores como fuente de néctar, sombra para pasto	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003
<i>Cordia collococca</i>	Baja densidad específica del tallo, color del fruto	Madera suave, frutos rojos cuando están maduros y comidos por aves, monos, murciélagos, pizotes e iguanas	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003
<i>Cordia dentata</i>	baja densidad específica del tallo, digestibilidad del forraje, concentración de nitrógeno y minerales, producción de rebrote	Leña, forraje, árbol mejorador del suelo, conservación de biodiversidad	Cornelissen et al. 2003, Martínez 2003, Joya 2004, Mosquera 2010, Lombo 2011
<i>Crescentia alata</i>	Producción de frutos, sabor dulce, hojas suaves, palatabilidad, copa rala, caducifolio	Frutos alimentación animal, producción forraje, sombra pasto, soporte de epifitas (orquídeas y bromelias)	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003, Mosquera 2010, Olivero 2010, Rodriguez 2010
<i>Delonix regia</i>	Copa ancha	Conservación de biodiversidad, Flores comestibles para el ganado	Cornelissen et al. 2003, Mosquera 2010
<i>Diospyros salicifolia</i>	Contenido de azúcar, tamaño de frutos	frutos para humano y vida silvestre	Cornelissen et al. 2003, www.inbio.ac.cr
<i>Diphysa americana</i>	Alta densidad específica del tallo, bajo contenido de humedad, contenido de proteína, capacidad de rebrote, densidad de flores	Madera, leña, producción de forraje, usado en cercas vivas, cortinas rompe vientos, belleza escénica, conservación de biodiversidad	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003, Mosquera 2010,
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Raíces profundas, caducifolio, copa ancha, contenido de agua en el tallo, producción de semillas, contenido de azúcar	Resistente a la sequía, control de erosión, sombra para ganado, leña, madera blanda, sabor dulce en los frutos	Cornelissen et al. 2003, Martínez 2003, Joya 2004, Mosquera 2010, Olivero 2010, DeClerck et al. 2010,
<i>Gliricidia sepium</i>	Palatabilidad, contenido de proteína, poca fuerza física de la hoja, alta relación C/N, contenido de azúcar, alta densidad específica del tallo,	Producción de forraje, flores excelente fuente de néctar para las abejas, hojas de rápida descomposición, leña, madera	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003, Mosquera 2010

<i>Guazuma ulmifolia</i>	baja densidad especifica del tallo, producción de rebrote, concentración de nitrógeno y minerales, copa rala, caducifolio, raíces profundas	Leña, producción de frutos y follaje para el ganado, árboles mejoradores del suelo, sombra para pasto, resistente a la sequía y fuego, conservación biodiversidad	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003, Joya 2004, Sandoval 2006, Romero 2009, Mosquera 2010, Pérez 2010, Zapata 2010, Lombo 2011
<i>Karwinskia calderonii</i>	Alta densidad especifica del tallo	Madera, leña, conservación de biodiversidad	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003, Joya 2004, Mosquera 2010
<i>Lonchocarpus sp</i>			
<i>Maclura tinctoria</i>	Alta densidad especifica del tallo, capacidad de rebrote, copa abierta e irregular, producción de frutos	Madera de excelente calidad, usado en cercas vivas por su facilidad de rebrote, sombra para el ganado, frutos comestibles y dispersados por pájaros, murciélagos y otros mamíferos	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003
<i>Myrospermum frutescens</i>	Alta densidad especifica del tallo	Leña, conservación de biodiversidad	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003, Joya 2004, Mosquera 2010
<i>Randia armata</i>			
<i>Simarouba amara</i>	Copa densa, perennifolio, producción de frutos dulces	Conservación de biodiversidad, sombra para el ganado, frutos humanos	Cornelissen et al. 2003, Martínez 2003, Joya 2004
<i>Spondias mombin</i>	Raíces profundas, contenido de agua en el tallo, producción de frutos	Frutos para animales y humanos, resistente a la sequía	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003, Joya 2004, Mosquera 2010
<i>Spondias purpurea</i>	Contenido de azúcar, baja densidad especifica del tallo, caducifolio	Alternativa alimentaria, Vitamina C, leña, resistente a la sequía, conservación biodiversidad	Cornelissen et al. 2003, Joya 2004, Mosquera 2010
<i>Stemmadenia obovata</i>			
<i>Swietenia humilis</i>	Madera dura, crecimiento lento, alta densidad	Madera preciosa, conservación biodiversidad	Mosquera 2010
<i>Tabebuia ochracea</i>	Alta densidad especifica del tallo, tamaño y color de las flores	Madera de alta resistencia mecánica y durabilidad, ornamental	Cornelissen et al. 2003, www.inbio.ac.cr
<i>Tabebuia rosea</i>	baja densidad especifica del tallo, concentración de nitrógeno	Leña, flores comestibles para el ganado, árboles mejoradores del suelo, conservación biodiversidad	Cornelissen et al. 2003, Joya 2004, Mosquera 2010, Zapata 2010
<i>Thouinidium decandrum</i>	baja densidad especifica del tallo, madera blanda, Copa ancha, perennifolio	Leña, sombra, madera suave, conservación de biodiversidad	Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003



*Zanthoxylum sp*

Madera blanda

Construcciones rurales

Cornelissen et al. 2003, Cordero et ál.2003





### **Functional Diversity:**

**An ecological framework for sustainable and adaptable agro-forestry systems in landscapes of semi-arid ecoregions.**

Based on the principles of functional ecology, FUNCITREE addresses the provision of multiple services of silvopastoral systems (SPS) in semi-arid regions in Africa and Central America. FUNCITREE aims to provide farmers in the regions with a portfolio of regionally suitable tree species that are capable of providing multiple services. The project integrates theories and concepts from agroforestry and ecological science and will provide a scientifically based model for the design of modernized SPS.

**NINA (Norway):** The leading research center in Norway on applied ecology, emphasizing the interaction between human society, natural resources and biodiversity

**CATIE (Costa Rica):** A regional research and education centre about agricultural sustainability, environmental protection and poverty eradication

**WUR (The Netherlands):** Internationally leading university in agricultural Almeria has a focus on organism responses to drought, ecological interactions, biodiversity conservation, desertification, and soil science

**CIRAD (France):** Research on agro-ecosystems for international sustainable development, environmental, and climate research

**CSIC (Spain):** Research at the Arid Zones Research Station,

**ISRA (Senegal):** Priority areas relate to agronomic, animal and forest production, and rural economy

**IER (Mali):** The leading research centre in Mali on agriculture and agro-ecosystems.