



## ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS SILVOPASTORILES CON MADERABLES DE ALTO VALOR ECONÓMICO

2017



## Autores

Ing. Wilfrido Paniagua Madrigal, M.G.A. (CIDASTH, Agronomía ITCR, San Carlos)

Ing. María Gabriela Mora Mora, M.Sc. (CIDASTH, Agronomía ITCR, San Carlos)

Ing. Yorleny Badilla, M.Sc. (CIIBI, Ing. Forestal, ITCR)

Ing. Olman Murillo Gamboa, Ph.D. (CIIBI, Ing. Forestal, ITCR)

Ing. Augusto Rojas Bourrillon, M.Sc. (CINA, Zootecnia, UCR)

Ing. Carlos Campos Granados, Lic. (CINA, Zootecnia, UCR)

Ing. Eugenio Corea Arias, M.Sc. (INISEFOR, UNA)

Ing. Mónica Ospino Araya (UNA)

Ing. Gerson Lazo Salas (Zootecnia, UCR)

## Introducción

La deforestación ha sido uno de los principales problemas ambientales en Costa Rica y el mundo. A inicios de los años 80 se estimaba que Costa Rica había perdido una gran proporción de sus bosques y poseía una cobertura forestal de alrededor de un 33% de su territorio. Sin embargo, para el 2010 los bosques ya habían aumentado su presencia en el paisaje nacional, hasta superar el 51% del territorio, debido en buena parte a políticas de fomento a la recuperación de bosques (FONAFIFO, 2012). Gran parte de la pérdida de bosques en Latinoamérica fue atribuida a la expansión ganadera, que constituye hoy día el uso de la tierra más extendido del país con una extensión superior al millón de hectáreas (20%) del paisaje rural nacional (Censo Nacional Agropecuario, INEC 2015).

El Gobierno de Costa Rica ha planteado como una de sus políticas nacionales, alcanzar la meta de “Carbono Neutralidad” para el 2021. El sector agropecuario liderado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería y su NAMA Ganadería (Acciones Nacionales de Mitigación Adecuadas), ha iniciado el desarrollo de prácticas pecuarias alternativas que

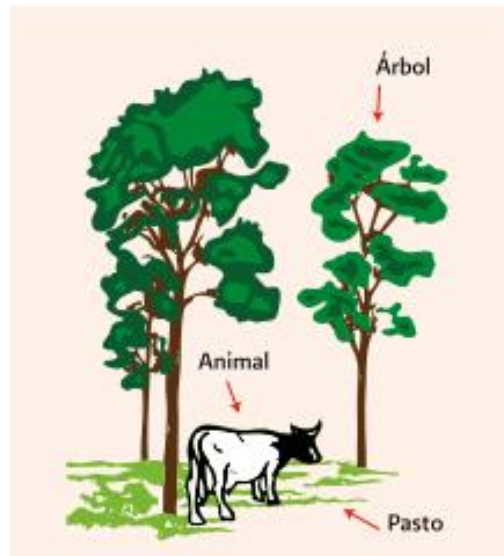
mitiguen, reduzcan y contribuyan a disminuir el impacto ambiental que genera la actividad. Se ha propuesto como estrategia política el fomento al establecimiento de Sistemas Silvopastoriles (SSP), como acción concreta para mitigar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). En la actualidad el sector ganadero ha tomado conciencia de los temas del calentamiento global y sus efectos en el ambiente. Su participación aumenta año con año en los programas del Sistema de Pago por Servicios Ambientales, promocionado por el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO).

Con el fin de contribuir con esta importante causa, el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), la Universidad de Costa Rica (UCR) y la Universidad Nacional (UNA), se unieron para aportar conocimiento en el desarrollo de modelos y diseños de SSP. El objetivo ha sido lograr incorporar el cultivo de maderables de la más alta calidad y valor de mercado posible, en conjunto con el sistema ganadero productivo. Se argumenta que es posible establecer las dos actividades simultáneamente y de manera sostenible. Ambas actividades productivas se complementan y permiten aumentar los ingresos de los ganaderos, así como disminuir el riesgo e impacto de temporadas de precios bajos de la carne, tema recurrente en los últimos años. Las especies forestales pueden ser de ciclo productivo corto (menos de 10 años) y ciclo largo o de más de 10 años para alcanzar su cosecha final. En este manual se incluye la información sobre cómo establecer y manejar el sistema silvopastoril propuesto, con detalles sobre costos e ingresos esperados para el componente ganadero y forestal, basado en las especies maderables teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*) por ser las de mayor inversión y desarrollo forestal en el país.

## ¿Qué es un Sistema Silvopastoril (SSP)?

Un SSP es un modelo productivo donde se combina un negocio de producción ganadera (carne, leche, ambos u otros) con un negocio de producción de madera, donde los árboles brindan adicionalmente otros servicios ambientales (sombra, fijación de carbono, biodiversidad, entre otros). Este modelo silvopastoril mejora el concepto

tradicional basado en una producción ganadera con linderos arbolados, donde los árboles solamente aportan beneficios ambientales y no contribuyen significativamente a la sostenibilidad de la finca (Murillo, y otros, 2015). El componente forestal del sistema puede ser incorporado para que aporte servicios ambientales, sombra, alimento, entre otros, pero también como un negocio de producción de madera de alto valor, con lo que contribuirá a la sostenibilidad y a la calidad de vida del finquero.



**Figura 1.** Sistema silvopastoril básico y sus componentes (Marinidou & Jiménez, 2010)

## ¿Cuáles son los componentes de un SSP?

Los componentes de un SSP son:

**Componente Animal**



**Componente Arbóreo**



**Componente Alimentación**



## **Figura 2. Componentes del modelo SSP establecido en finca La Vega del TEC, Florencia de San Carlos, zona norte.**

### **Componente Animal**

Al integrarse los rumiantes en el SSP se pretende producir proteína animal como primer objetivo, pero también acelerar el ciclaje de nutrientes de la biomasa (pasto) a través de la deposición de heces, para mejorar la productividad del sistema.

Es importante recalcar el papel acelerador del proceso de ciclaje de nutrientes en el sistema, ya que logra reintegrar a la pastura, en forma de heces y orina, hasta un 90% de los nutrientes minerales (incluyendo el nitrógeno) contenidos en el forraje consumido por los animales (Mott & Popenoe, 1977).

### **Componente Arbóreo**

La incorporación de árboles al SSP puede tener beneficios de tipo ambiental y socio económicos. Entre los aportes ambientales se puede mencionar la fijación de carbono, control de viento, aporte de sombra, nitrógeno (cuando se utilizan árboles leguminosos), mejoramiento del suelo, reducción de escorrentía, belleza escénica, alimento de aves, biodiversidad, entre otros. Los beneficios de tipo económico-social son principalmente producción de madera de alto valor comercial y de biomasa que puede utilizarse como energía. Ambos beneficios pueden tener un impacto significativo en la sostenibilidad del SSP y en la calidad de vida de los habitantes. Es importante mencionar que el cultivo de árboles es una de las formas más eficientes de capturar y retener el carbono de la atmósfera, elemento que, al acumularse, contribuye al efecto invernadero (Bastos da Veigaa & Feio da Veiga, 2001).

El mejoramiento del microclima puede también anotarse como otro aporte de la incorporación de árboles en los sistemas pecuarios. Con su sombra contribuyen a reducir la evapotranspiración excesiva del sistema, reducen la temperatura ambiental y

la insolación de los animales, factores que mejoran el desempeño productivo y reproductivo del hato (Bastos da Veiga & Feio da Veiga 2001).

El componente maderable puede establecerse como cerca viva, cerca eléctrica, cortina rompevientos, linderos de apartos y caminos, en franjas angostas entre apartos y caminos, en franjas angostas entre apartos, de manera perimetral, entre otros (Figura 3).



**Figura 3. Establecimiento del componente arboreo en sistemas silvopastoriles a) Cercas vivas, b) Cortina rompevientos, c) Franjas de Acacia en Colombia (Trujillo, Enrique.).**

## Componente Alimentación

Los pastos son un componente esencial del sistema silvopastoril responsable de la producción de biomasa (forraje alimenticio). Sin embargo, su calidad y producción depende de la especie, época del año, manejo (fertilización y sistema de pastoreo) principalmente.

Es recomendable el uso de pasturas mejoradas en sistemas de pastoreo rotacional donde se pueden tener las siguientes ventajas:

1. Permiten una mejor recuperación del pasto entre rotaciones y producen un rebrote vigoroso.
2. Obtienen un mayor crecimiento vegetativo, mayor crecimiento de biomasa de raíces, capturan más nutrientes y fijan más carbono.

3. Disminuyen el pisoteo.
4. Permiten un aumento en el despunte y mayor consumo de materia digestible, que promueven una disminución de la liberación de metano.
5. Reducen la pérdida energética de los animales al mantenerlos en apartos más pequeños, donde realizan recorridos en distancias menores.
6. Disminuyen la selección de plantas, ya que existe una competencia mayor por el área efectiva de pastoreo, que resultará en una oferta de pastura más homogénea y con mayor proporción de hoja digestible (despunte).
7. Disminuyen la aparición de plantas indeseables (arvenses) que no logran competir en tasa de crecimiento con los pastos mejorados, que los suprime en acceso a luz, agua y nutrimentos.
8. Con bovinos de carne se producirá una mayor ganancia en peso diaria (GPD), al consumir hojas más digestibles (despunte) y, por realizar menos recorridos en el día. Esto permite la producción de carne de mejor calidad.
9. Se logra un menor costo de producción kg/área, así como una mayor rentabilidad de la actividad.

Dentro de este componente se incluye los suplementos alimenticios con destilados de maíz, Citropulpa, minerales, sal, urea, melaza y pastos conservados (ensilaje). En caso de suministrarse este tipo de alimentación suplementaria, se debe balancear según la etapa y peso de los animales, para satisfacer sus necesidades nutricionales y lograr una ganancia de 1 kg de peso vivo por animal por día.



## ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de los SSP?

**Cuadro 1.** Ventajas y desventajas de los SSP (adaptado de Oficina Nacional Forestal 2013 y de Villanueva, Ibrahim, & Haensel 2010).

Ventajas	Desventajas
Aumento en la productividad ganadera por el efecto positivo de la sombra en los animales.	<b>Costo mayor de establecimiento del sistema (compra de árboles, establecimiento de cercas para protección de los animales).</b>
Mayor estabilidad y diversidad de ingresos económicos.	<b>Daños en los árboles por ramoneo, desenraizado y torcedura al recostarse o empujar y compactación de raíces al permanecer mayor tiempo bajo sombra).</b>
Reducción de riesgo económico y vulnerabilidad ante cambios en precios y fenómenos como el cambio climático.	<b>Costo mayor de mantenimiento del sistema por el control frecuente de la gramínea en las franjas de producción de madera, así como por la realización de podas en los árboles para el manejo de la sombra excesiva.</b>
Reducción de la dependencia de insumos externos, disminución de costos.	<b>Cuando los árboles en potrero se encuentran mal distribuidos, sin manejo de sombra y una alta carga animal, se tienden a degradar el sitio.</b>
Desarrollo de una restauración ecológica de pasturas degradadas.	<b>Competencia de los árboles con la pastura por luz (exceso de sombra), en particular cuando se permite un desarrollo excesivo de su copa.</b>
Mejor aprovechamiento del área efectiva de producción.	<b>Riesgo de exportación excesiva de nutrimentos después de cada raleo o cosecha final de los árboles.</b>
Aumento de los niveles de materia orgánica y del reciclaje de nutrimentos del suelo.	<b>Competencia de los árboles por nutrimentos y agua.</b>
Mayor captura de dióxido de carbono.	
Mayor conservación de la biodiversidad y del agua.	
Mayor control de arvenses o malezas.	
Mejoramiento del microclima por efecto de los árboles.	
Aumento en la protección de los suelos contra la erosión y la degradación.	
Mayor sostenibilidad del sistema.	
Posibilidad de producción de madera.	



## ¿Cuáles son las limitaciones y retos a considerar al establecer un SSP?

Algunas de las limitaciones y retos que se han reportado (Cipagauta & Andrade, 1997; Bastos da Veigaa & Feio da Veiga, 2001; Clavero & Suárez, 2006) al establecer y manejar un SSP han sido las siguientes:

- La tradición ganadera del productor y resistencia natural al cambio.
- Periodo de espera para el crecimiento de los árboles e inicio de producción de madera (al menos 3 a 4 años).
- Daños a los árboles provocados por los animales.
- Necesidad de capacitación acerca de podas y cosecha de los árboles, así como de posibles enfermedades y plagas que los pueden afectar.
- Creencia de que el pasto es escaso debajo de los árboles.
- Generación de resultados e ingresos económicos a mediano y largo plazo.
- Plan de ordenamiento de uso de la propiedad.
- El control de la gramínea en las zonas donde crecen los árboles, que reducirá en hasta un 30% su crecimiento.

## ¿Cuáles son algunos posibles escenarios para establecer un SSP?

A continuación se explicarán tres posibles escenarios para establecer un SSP, considerando la distribución de los árboles maderables, el sistema de rotación de las pasturas y el tipo de cerca a utilizar. Sin embargo la manera en que estos se combinen, dependerá de las condiciones de la finca y de la disponibilidad de recursos del productor.

El sistema de rotación de los animales ha demostrado el logro de una mayor productividad y eficiencia en la utilización de los recursos. Su mayor beneficio ocurre cuando existe una alta carga animal y un tiempo de ocupación corto (1 día), siempre y cuando no ocurra el sobrepastoreo del repasto. La ocupación puede ser hasta de 3

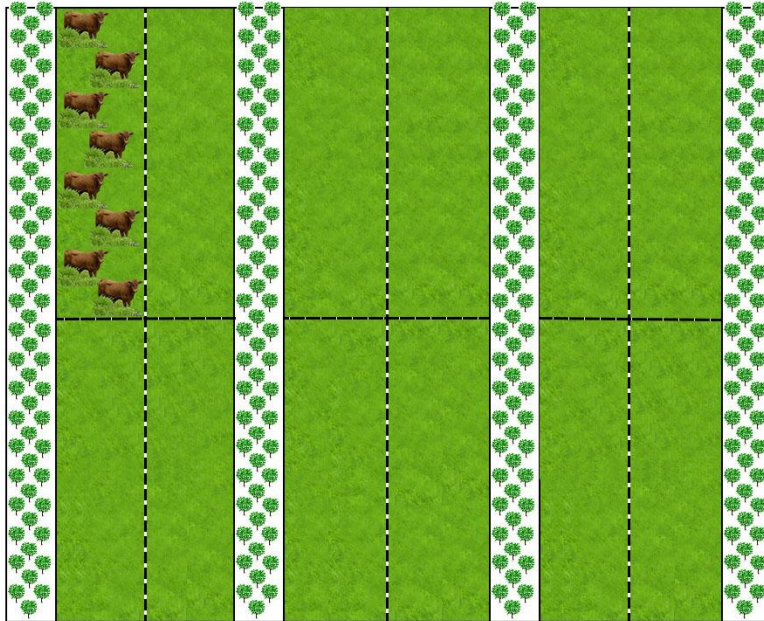
días, pero debe considerarse como principio que cada animal consume cerca de 100 m<sup>2</sup> de pasto al día.

Es importante que los árboles provengan de las mejores fuentes semilleras posibles para garantizar un buen crecimiento y valor comercial del fuste. En el país hay disponibilidad de clones genéticamente superiores en teca (*Tectona grandis*), melina (*Gmelina arborea*), caoba (*Swietenia macrophylla*) y pilón (*Hieronyma alchorneoides*), así como semilla de muy alta calidad en almendro (*Dipteryx panamensis*) y *Acacia mangium*. Las franjas a establecer deben estar cercadas en ambos flancos y, de ser posible establecerlas en dirección Este-Oeste, para disminuir el sombrero y evitar la reducción de la capacidad productiva de la actividad ganadera (Murillo, y otros, 2015).

## Modelo SSP intensivo

El objetivo de este sistema silvopastoril de alta intensidad es maximizar los ingresos para el ganadero. Como principio se busca destinar un máximo de un 15% del área a la silvicultura y un 85% a la ganadería.

En este modelo se establece una franja de árboles de 6 m de ancho, separadas cada 50 m (Figura 4). Esto significa que podemos establecer dos franjas por ha. De manera adicional, se establece una franja de madera de 6m de ancho en cada borde o en la periferia del SSP. Dentro de cada franja se establecen 3 hileras de árboles en distribución pata de gallo o tresbolillo, con el fin de lograr un máximo aprovechamiento del espacio. Entre cada hilera de árboles hay 2,5 m de distancia, por tanto, 5 m entre los dos árboles de las dos hileras que van en los bordes extremos dentro de la franja. Esto deja 50 cm entre estos árboles de borde y la cerca. Sin embargo, esta distancia entre árboles e hileras puede variar según el objetivo de producción forestal (biomasa, tarima, madera gruesa) y la especie. Por ejemplo, con melina es conveniente aumentar a 7m el ancho de la franja, para garantizar una distancia de 1m entre los árboles de las hileras de borde con la cerca, por ser un árbol altamente apetecido por el ganado.

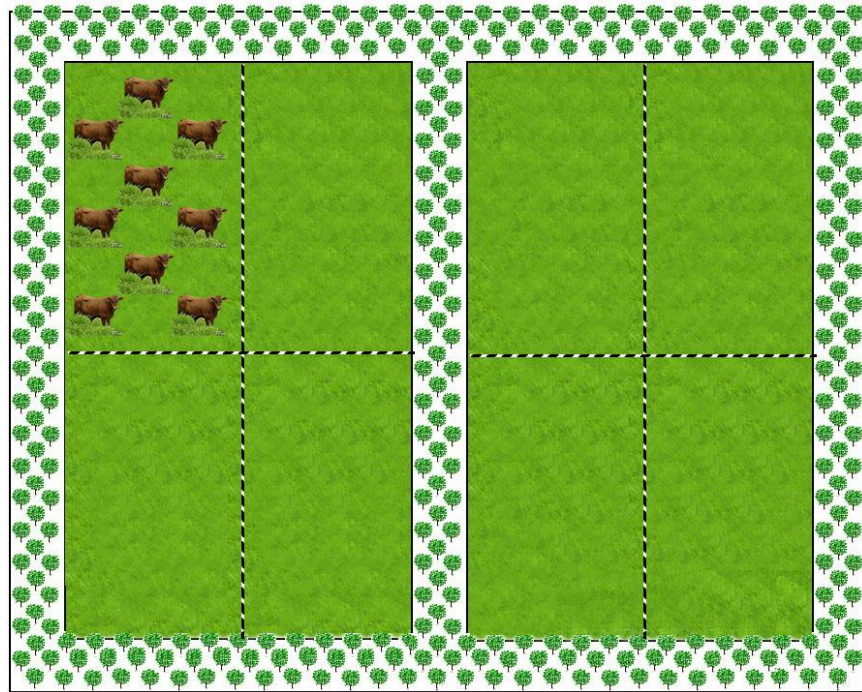


**Figura 4.** Esquema de un modelo SSP intensivo, que incorpora rotación de los animales

### Modelo SSP de mediana intensidad

Para este escenario se destina de un 10 a un 12% a la silvicultura y el 88-90% restante a la ganadería. Se sigue la misma distribución espacial descrita para el escenario “Intensivo”, sin embargo, las franjas se encuentran distanciadas por 100 m (Figura 5) y se establece de ser posible, una franja en la periferia del SSP.

El costo de establecimiento de este modelo es menor al reducirse la cantidad de franjas a una por ha (cada 100 m), la franja en la periferia del potrero requiere solamente la cerca interna.



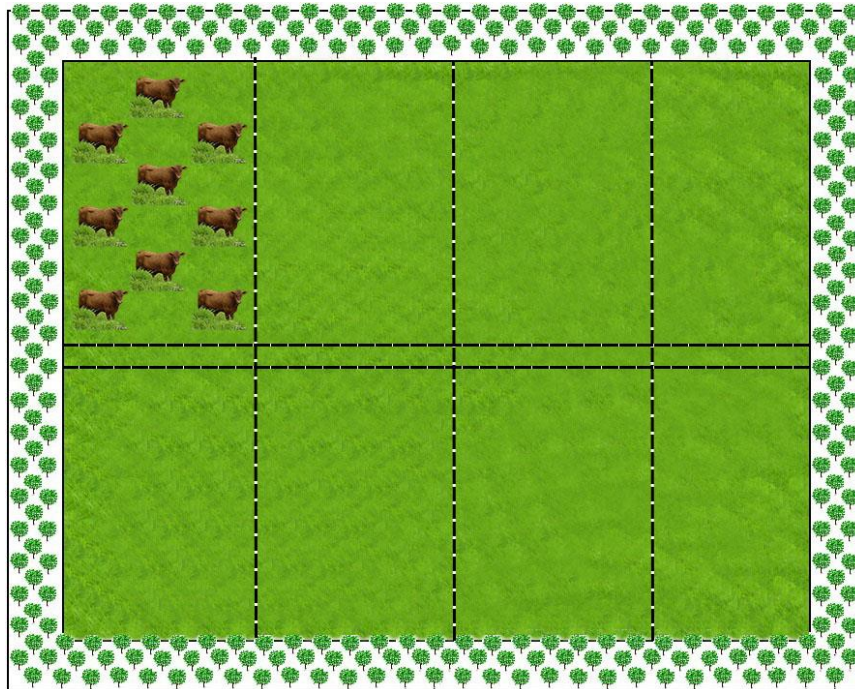
**Figura 5.** Esquema de un modelo SSP de mediana intensidad.

Los árboles pueden también ser establecidos en una sola hilera en vez de franjas de tres hileras. En este caso, el árbol maderable debe ser intercalado con poste muerto o vivo, que son los que recibirán la grapa para sostener el alambre. En esta variante, los árboles podrían ser plantados en las divisorias de los apartos y en muchas otras partes de la finca, si y solo si, no promuevan un sombrío excesivo. Se asume que el ganadero mantendrá la línea de árboles libre de malezas, en una franja de al menos 1m de ancho.

### Modelo SSP conservador o de menor intensidad

El modelo silvopastoril más conservador destina aproximadamente un 7% a la producción de madera (silvicultura), y el 93% restante a la ganadería (Figura 6). En esta modalidad se establecen las franjas de árboles solamente en el perímetro de la finca. Esto permite reducir el costo de la inversión en cercas a la mitad, pues será necesaria solamente la cerca interna.





**Figura 6.** Esquema de un modelo SSP conservador.

En esta modalidad de menor intensidad también aplica la opción de plantar los árboles en una sola hilera, con los cuidados mencionados.

### ¿Cómo funciona la economía en un SSP?

Para analizar económicamente un SSP debemos separar el componente animal del arbóreo. Cada componente tiene un flujo de ingresos y egresos diferente, además, en el componente forestal también podrá variar según sea la especie que se plante. La actividad ganadera genera movimientos económicos en ciclos cortos de uno a dos años dependiendo de la modalidad de producción (leche o carne) o bien del modelo de producción de carne (cría, desarrollo, engorde o ciclo completo). La actividad forestal recibe ingresos a partir del año 3 ó 4 (primer raleo según sea la especie de ciclo corto o ciclo largo de producción), luego cada 3 ó 4 años hasta llegar a cosecha final. El costo de establecimiento de las cercas para proteger los árboles ocurre solamente al inicio del

establecimiento del SSP (Cuadro 4). Sin embargo, debe preverse también un costo de mantenimiento de las cercas en los años siguientes.

En el Cuadro 2 se pueden observar los costos de operación para un hato de 25 animales, así como los rubros de inversión correspondiente con este número de animales. La suplementación alimenticia mencionada corresponde a silo de sorgo, destilados de maíz, Citrocón, Urea, minerales, sal y melaza; la cual se les brindó en un módulo de alimentación, compuesto por una canoa de 11,5 m × 1,3 m. La fertilización a emplear en el forraje es de 90 kg/ha/año de Urea, 3-5 días después de la salida del ganado de cada aparto.

**Cuadro 2.** Costos de operación y alimentación de un hato de 25 animales de engorde, en un SSP intensivo en la zona norte de Costa Rica (1 US \$ = ₡540).

Costos	Hato / periodo	Animal / periodo	Animal / día
<b>Suplemento alimenticio</b>	<b>₡3 898 786,30</b>	<b>₡155 951,45</b>	<b>₡415,87</b>
<b>Sanidad</b>	<b>₡146 241,00</b>	<b>₡5 849,64</b>	<b>₡15,60</b>
<b>Mano de Obra</b>	<b>₡579 150,00</b>	<b>₡23 166,00</b>	<b>₡61,78</b>
<b>Fertilización</b>	<b>₡781 250,00</b>	<b>₡31 250,00</b>	<b>₡83,33</b>
<b>Galerón (infraestructura)</b>	<b>₡184 921,88</b>	<b>₡7 396,88</b>	<b>₡19,73</b>
<b>Sub-Total</b>	<b>₡5 444 108,18</b>	<b>₡223 613,97</b>	<b>₡596,31</b>
<b>Total + interés (8%)</b>	<b>₡5 879 636,83</b>	<b>₡241 503,09</b>	<b>₡644,01</b>

En el Cuadro 3 se puede observar los ingresos bruto y neto del componente animal, tanto por hato, como por animal, por kilogramo y por hectárea. Con estos datos se obtuvo un punto de equilibrio con 20,75 animales y una rentabilidad de 16,32%.

**Cuadro 3.** Proyección de ingresos y egresos por periodo del componente animal, con un hato de 25 animales de engorde, en un sistema SSP intensivo en la zona norte de Costa Rica (1 US \$ = ₡540).

	Ingreso Bruto	Egreso	Ingreso Neto
<b>Hato</b>	<b>₡16 640 000,00</b>	<b>₡13 811 749,81</b>	<b>₡2 828 250,19</b>
<b>Animal</b>	<b>₡665 600,00</b>	<b>₡552 469,99</b>	<b>₡113 130,01</b>
<b>kg</b>			<b>₡377,10</b>
<b>ha/periodo</b>	<b>₡2 189 473,68</b>	<b>₡1 817 335,50</b>	<b>₡372 138,18</b>
<b>ha/día</b>	<b>₡5 838,60</b>	<b>₡4 846,23</b>	<b>₡992,37</b>
<b>animal/ha</b>	<b>₡87 578,95</b>	<b>₡72 693,42</b>	<b>₡14 885,53</b>
<b>Cantidad de animales para lograr punto de equilibrio</b>	<b>20,75</b>		
<b>% Rentabilidad</b>	<b>16,32%</b>		

En el Cuadro 4 se muestra los costos de establecimiento, mantenimiento, manejo y cosecha final por ha del componente arbóreo en un SSP intensivo, así como el respectivo ingreso neto esperado. La información se presenta para un modelo de alta inversión (con mayor inversión tecnológica que incluye preparación del suelo, encalado, fertilización, entre otros) y baja inversión (silvicultura mínima), para las especies teca y melina por ser las de mayor reforestación en el país. Los modelos de costos e ingresos consideran las actividades de poda y raleos periódicos, que deben realizarse oportunamente. Las estimaciones utilizan como base el establecimiento de dos franjas de madera por ha, distanciadas cada 50 m, con 75 árboles/franja, para un total de 150 árboles/ha. El componente forestal permite la plantación de especies de ciclo corto (como la melina o *Acacia mangium*, que requiere 7 a 8 años para su cosecha) con



ingresos por raleos a los años 3 y 5. Así también para especies de ciclo largo como la teca, pilón (*Hieronyma alchorneoides*), almendro (*Dipteryx panamensis*), laurel (*Cordia alliodora*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), caoba, cedro (*Cedrela odorata*) y cenízaro (*Samanea saman*), cuyos ingresos por raleo se proyectan en los años 4 ó 5, año 8 y año 12, con una cosecha final entre los 15 y 18 años. Debe mencionarse que estas son las especies con mayor valor en el mercado de la madera local, algunas incluso en el mercado internacional como la teca, el cedro y la caoba.

**Cuadro 4.** Costos e ingresos esperados del componente arbóreo (teca y melina) en un SSP intensivo en la zona norte de Costa Rica (1 US \$ = ₡540).

Descripción	Sistema de alta inversión		Sistema de baja inversión	
	Melina (8 años)	Teca (18 años)	Melina (8 años)	Teca (18 años)
150 árboles/ha en 2 franjas	Volumen esperado en los raleos y cosecha final			
Volumen Raleos	23,4 m <sup>3</sup> /ha	11 m <sup>3</sup> /ha	12 m <sup>3</sup> /ha	5,8 m <sup>3</sup> /ha
Volumen Cosecha	39,4 m <sup>3</sup> /ha	27,9 m <sup>3</sup> /ha	28,3 m <sup>3</sup> /ha	14,3 m <sup>3</sup> /ha
Volumen TOTAL	62,9 m <sup>3</sup> /ha	38,8 m <sup>3</sup> /ha	40,3 m <sup>3</sup> /ha	20,1 m <sup>3</sup> /ha
	Costos			
Establecimiento	₡ 359 275	₡ 359 275	₡ 199 205	₡ 199 205
Mantenimiento y manejo	₡ 268 275	₡ 410 543	₡ 236 523	₡ 341 832
Cosecha final	₡ 80 000	₡ 144 000	₡ 80 000	₡ 144 000
Costo TOTAL	₡ 707 550	₡ 913 818	₡ 515 728	₡ 685 037
	Ingreso estimado			

<b>Ingreso Bruto TOTAL/ha</b>	<b>¢ 2 678 059</b>	<b>¢ 4 319 506</b>	<b>¢ 1 871 905</b>	<b>¢ 2 358 840</b>
<b>Ingreso Neto Total/ha</b>	<b>¢ 1 970 508</b>	<b>¢ 3 405 688</b>	<b>¢ 1 356 177</b>	<b>¢ 1 673 803</b>
<b>Análisis financiero</b>				
<b>Relación Costo/Beneficio</b>	<b>2,75</b>	<b>2,5</b>	<b>2,66</b>	<b>1,8</b>
<b>VPN</b>	<b>¢1 148 928</b>	<b>¢920 869</b>	<b>¢1 188 159</b>	<b>¢407 236</b>
<b>TIR</b>	<b>28,82</b>	<b>14,91</b>	<b>29,51</b>	<b>12,84</b>

En el cuadro 5 se puede observar el aporte económico para cuatro especies forestales, en términos de madera comercial/ha, biomasa y en la tasa de fijación de carbono esperada del sistema. En el cuadro se muestra también el plan de manejo para cada especie. Se asume que los árboles tendrán una competencia menor por el efecto de borde hacia el repasto y que el régimen de raleos podrá ser más pausado.

**Cuadro 5:** Aporte económico y de fijación de carbono de cuatro especies forestales en sistema silvopastoril en la zona norte de Costa Rica.

Especie	I Raleo		II Raleo		Cosecha Final		Volumen total/ha	Ingresos (\$/ha)	Carbono (Ton/ha)	Ton/ha/año			
	Edad	N	Vol/ha	Edad	N	Vol/ha					Edad	N	Vol/ha
<b>Feca (<i>T. grandis</i>)</b>	Año 5,	50	1,61	Año 9,	40	5,23	Año 18,	60	32,08	38,93	<b>8005</b>	14,13	0,79
<b>Melina (<i>G. arborea</i>)</b>	Año 4,	60	3,74	-----	-----		Año 7,	90	59,20	62,94	<b>4955</b>	17,45	2,49
<b>Almendra (<i>D. panamensis</i>)</b>	Año 5,	50	0,68	Año 10,	40	2,58	Año 20,	60	17,93	21,19	<b>4046</b>	11,19	0,56
<b>Aliso (<i>H. alchorneoides</i>)</b>	Año 6,	50	0,62	Año 10,	40	3,33	Año 20,	60	23,65	27,60	<b>2152</b>	10,93	0,55

## Bibliografía

- Bastos da Veigaa, J., & Feio da Veiga, D. (2001). *Sistemas silvopastoriles en la Amazonia Oriental*. Obtenido de FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations): <http://www.fao.org/wairdocs/lead/x6343s/x6343s00.htm>
- Clavero, T., & Suárez, J. (2006). Limitaciones en la adopción de los sistemas silvopastoriles en Latinoamérica. *Pastos y Forrajes*, 29 (3), 307-312.
- Cipagauta, M., & Andrade, H. (1997). *Sistemas silvopastoriles: una alternativa para el manejo sostenible de la ganadería en la Amazonia*. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, CR). (2012). *Estudio de cobertura forestal de Costa Rica 2009-2010*. San José: FONAFIFO.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, CR). (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario*. San José: INEC.
- Marinidou, E., & Jiménez, G. (2010). *Paquete Tecnológico: Sistemas silvopastoriles. Uso de árboles en potreros de Chiapas*. Zapopan, Jalisco, México: Comisión Nacional Forestal.
- Mott, G. O., & Popenoe, H. L. (1977). Grasslands. En P. Alvim, & T. Kozlowski, *Ecophysiology of tropical crops*. New York, Estados Unidos: Academic Press.
- Murillo, O., Leitón, M., Ospino, M., Badilla, Y., Paniagua, W., Valverde, A., y otros. (2015). *Hacia un nuevo sistema silvopastoril* (Vol. 17). San José, Costa Rica: Colegio de Ingenieros Agrónomos.
- Oficina Nacional Forestal. (2013). *Guía Técnica SAF para la implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables*. San José, Costa Rica: EuroDigital Comunicación.
- Ojeda, P. A., Restrepo, J. M., Villada, D. E., & Gallego, J. C. (2003). *Sistemas Silvopastoriles, Una Opción para el Manejo Sustentable de la Ganadería*. Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia: Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola.
- Villanueva, C., Ibrahim, M., & Haensel, G. (2010). *Producción y rentabilidad de sistemas silvopastoriles: Estudios de caso en América Central*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.