

# Análisis financiero y de escenarios de financiamiento del componente forestal en sistemas silvopastoriles

## Financial analysis and financing scenarios of the forest component in silvopastoral systems

Mónica Ospino<sup>1</sup>  • Olman Murillo<sup>2</sup>  • Marielos Alfaro<sup>3</sup> 

Recibido: 19/1/2021 Aceptado: 4/2/2022

### Abstract

This research aimed the determination of the forest component profitability in a new silvopastoral design system (SSP), along with financial scenarios analysis. The SSP model allowed the conciliation of both forest production tree species with livestock cycles. Operative financial analysis was based on teak and melina clonal cultivation, the most planted trees in the country. The new SSP design consisted in the establishment of wood production in 6m wide stripes, where the trees are planted in a 2.5 by 4m distance, in an irregular spatial distribution. It allows the establishment of 75 trees in 100 m of longitude. A high profitability in all financial indicators was determined for both species, based on a 6 % interest rate. High Investment Model in melina obtained a PNV of ¢ 1, 131,349 (US\$ 1 780), with a B/C relation of ¢ 2,68, and a IRR of 28,46 %. With teak PVN was ¢ 889,628 (US\$ 1 400), a B/C of ¢ 2,41 and an IRR of 14,9 %. In the Low Investment Model with melina, it was obtained a PNV of ¢ 400,000 (US\$ 630), a B/C of ¢ 2,51, and an IRR of 27 %. In teak it was obtained a NPV of ¢ 378,495 (US\$ 600), with a B/C of ¢ 1,70, and an IRR of ¢ 12,18 %. The best financial scenario was a credit at 6% interest with a ESP.

**Keywords:** Financial analysis, economy, Environmental Services Payment, teak, melina, clonal forestry.

1. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, [ospinomoa@gmail.com](mailto:ospinomoa@gmail.com)

2. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal, [olmuga@yahoo.es](mailto:olmuga@yahoo.es)

3. Universidad Nacional de Costa Rica. Escuela de Ciencias Ambientales. [marielos.alfaro@gmail.com](mailto:marielos.alfaro@gmail.com)

## Resumen

La investigación tuvo como objetivo determinar la rentabilidad del componente forestal en un nuevo diseño silvopastoril (SSP), junto con el análisis del mejor escenario de financiamiento. El modelo SSP permitió conciliar los ciclos de producción forestal de ambas especies con la actividad ganadera. El análisis financiero operativo se basó en el cultivo clonal de teca y melina, las dos especies de mayor plantación y desarrollo en el país. El SSP diseñado consistió en el establecimiento de franjas de producción de madera de 6m de ancho, donde se plantan tres hileras de árboles a 2,5 m x 4 m, con 75 individuos/franja en 100m de longitud. Se determinó una alta rentabilidad en todos los indicadores financieros para teca y melina con una tasa de crédito del 6 %. El Modelo de Alta Inversión de melina obtuvo un VAN de ₡ 1, 131,349 (US\$ 1 780), con una relación B/C de ₡ 2,68 y una TIR de 28,46 %. Con teca el VAN fue de ₡ 889,628 (US\$ 1 400), con una relación B/C de ₡ 2,41 y una TIR de 14,9 %. En el Modelo de Baja Inversión con melina, se obtuvo un VAN de ₡ 400,000 (US\$ 630) con una B/C de ₡ 2,51 y una TIR de 27 %. En teca se obtuvo un VAN de ₡ 378,495 (US\$ 600), con una B/C de ₡ 1,70 y una TIR de ₡ 12,18 %. El mejor escenario de financiamiento fue el de crédito al 6% junto con el pago del PSA.

**Palabras clave:** Análisis financiero, economía, Pago de servicios ambientales, teca, melina, silvicultura clonal, SAF.

## Introducción

La ganadería es la actividad de mayor uso del suelo en el país, presente en más de 1,8 millones de ha (35% del país), con más de 45 mil fincas y en una extensión de más del 60% del territorio en uso agropecuario [1]. El ganado cárnico contribuye aproximadamente en un 1,5% del PIB, es la actividad económica que genera mayor empleo en el país con cerca de 100 mil empleos directos, que superaron industrias como la bananera o la cafetalera. Es sin duda uno de los principales motores del desarrollo rural de Costa Rica [2]. Sin embargo, varios factores afectan la actividad que explican su vulnerabilidad, asociada a la pobreza y al bajo desarrollo humano. Esta actividad es por sí sola la que más emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) emite a la atmósfera. Esto ha motivado que los países en la región busquen desarrollar estrategias bajo en carbono, mejorar su capacidad de gestión y manejo de riesgos en el sector ganadero [3]. En Costa Rica se desarrolla la estrategia NAMA ganadería (Medidas de Mitigación Nacionalmente Apropiadas por sus siglas en inglés), la cual busca transformar a este sector en una actividad neutral o baja en carbono, que incorpore el uso de prácticas, dirigidas a un desarrollo sostenible [2].

Recientemente, el MINAE establece como su nueva política del sector forestal productivo, fomentar el establecimiento de al menos 5000 ha cada año y plantar al menos 500 mil árboles en SAF [4]. El concepto de SSP consiste en la asociación de la producción ganadera con la producción forestal, y no simplemente fincas ganaderas arboladas, donde los árboles prácticamente no contribuyen a la economía de la finca, tal y como fue concebido en el pasado [5], [6], [7]. Los SSP pueden contribuir significativamente a la conservación de la biodiversidad y pueden proporcionar tanto mitigación climática [6], como beneficios de adaptación. Por lo tanto, los SSP pueden ser vistos como agroecosistemas eco-intensificados con la capacidad de proporcionar altos niveles de servicios ecosistémicos.

Según el diseño y manejo estos SSP tienen potencial en términos de productividad y ambiente, que permiten mejorar los indicadores socioeconómicos de las fincas ganaderas [8], [9], [10]. Sin embargo, su adopción ha sido baja debido a la falta de capital de financiamiento y al bajo conocimiento técnico para su establecimiento y manejo [11], [12], [13], [14], [15].

En esta investigación se realizó un análisis financiero del componente forestal del SSP, basado en un nuevo diseño SSP de cultivo de madera en franjas, que se desarrolla en la zona norte del país desde hace poco más de 5 años [9], [16]. Su objetivo fue evaluar su rentabilidad por medio de los indicadores financieros valor actual neto (VAN), relación beneficio costo (B/C) y la tasa interna de retorno (TIR). Así como determinar el mejor escenario de financiamiento, para su puesta en marcha por parte del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal.

## Materiales y métodos

El estudio base se desarrolló en la finca del Instituto Tecnológico de Costa Rica, localizada en La Vega, distrito de Florencia, San Carlos, zona norte del país. Se estableció un SSP en donde el componente forestal tenía como principal objetivo la producción de madera con carácter comercial. Se establecieron franjas con árboles de varias especies, de 6 m de ancho cada una y separadas cada 50m entre sí. El componente ganadero se desarrolló con un hato de 25 animales que rotaron durante ciclos de 2 años de engorde, en un sistema de rotación en 10 ha [9].

Para la construcción del análisis financiero se utilizó la información de teca y melina, por ser las dos especies de mayor tasa de plantación en el país y las que mantienen el paquete tecnológico de mayor evolución y desarrollo, basadas en el uso de clones de alto rendimiento. Dentro de cada franja se plantaron tres hileras de árboles en distribución “tresbolillo o pata de gallo”, separadas por

2,5 m entre hileras y, dentro de cada hilera, los árboles se plantaron cada 4 m. Esto dio como resultado el cultivo de 75 árboles en 100 m de longitud de franja. En su versión más intensiva se pueden establecer dos franjas ha<sup>-1</sup> (cada 50m), con lo que se lograría cultivar 150 árboles maderables por ha<sup>-1</sup> [9].

En lo posible, las franjas se deben establecer en una dirección este-oeste para reducir sombrío hacia la zona de pasto. Con esto es posible establecer hasta dos franjas de 600 m<sup>2</sup> cada una (1200 m<sup>2</sup>, 12 % en una hectárea) bajo producción de madera [10].

Basado en el modelo de costos del SSP [16], se estableció una proyección de ingreso esperados, estimado a partir del modelo de crecimiento y rendimiento de plantaciones clonales de melina y teca en el país [17], [18]. Con base en esta estimación se construyó cuadros de volumen comercial esperado (m<sup>3</sup>/ha) y flujo de ingreso producto del raleo y cosecha final, como se muestra en los cuadros 1 y 4.

Se construyó el flujo de caja para un modelo de alta inversión (MAI), basado en dos franjas de madera ha<sup>-1</sup>, así como para un modelo de baja inversión (MBI) más afín para pequeños y medianos ganaderos. El ciclo de producción de madera se fijó en ocho años para melina y 16 años para teca.

Para el modelo de baja inversión se estimó un ingreso menor, basado en una tasa menor de crecimiento esperado (20 %) del DAP, la altura comercial y del volumen comercial. Las investigaciones muestran que el uso anterior del suelo y la preparación mecanizada, son elementos que explican una mayor productividad de la plantación forestal [19]. Característico de sitios

con sobreexplotación ganadera, con prácticas de quema frecuentes, mal manejo de pastos en general. Con la preparación mecanizada del terreno se busca un mejor control de la vegetación existente (principalmente gramínea) y mejorar las propiedades físicas del suelo (compactación y drenaje), que aseguren el crecimiento adecuado según los requerimientos por especie [20].

Los precios promedio para la venta de la madera en pie utilizados se tomaron del reporte anual de la Oficina Nacional Forestal (ONF), según categoría diamétrica [21].

Por lo general se utiliza un valor de 362 pulgas madereras ticas (PMT) como conversión por metro cúbico. Sin embargo, dado que no toda la madera en plantación tiene características de valor comercial (Murillo, Badilla, Rojas 2011), se aplicó una penalización por la presencia de nudos o por rajaduras, médula o "corcho interno" y mala rectitud del fuste, tal y como lo sugiere la metodología de calidad de plantaciones [22]. Por tanto, se utilizó una relación de conversión de 320 PMT m<sup>-3</sup> [23], con el propósito de evitar sobreestimar los ingresos esperados en la cosecha final.

Para realizar el análisis financiero, el ingreso esperado fue proyectado a valor futuro con base en una tasa de interés del 6 %, tasa actual de préstamos del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal de Costa Rica (FONAFIFO [www.fonafifo.go.cr](http://www.fonafifo.go.cr)).

Para evaluar la rentabilidad en plantaciones forestales de largo plazo, es necesario utilizar indicadores basados en el costo-beneficio actualizado, para controlar cambios que pueden ocurrir en el tiempo [24]. Por tanto, se calculó el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio costo (B/C).

**Cuadro 1.** Ingreso esperado por la madera de melina (*Gmelina arborea*) y teca (*Tectona grandis*) en un sistema silvopastoril de alta inversión, basado en dos franjas de madera/ha [10].

**Table 1.** Expected income from melina (*Gmelina arborea*) and teak (*Tectona grandis*) wood in a high-investment silvopastoral system, based on two strips of wood/ha.

	I raleo	II Raleo	III Raleo	Cosecha Final	Total
<b>Melina</b>					
Año	3	5		8	
N	75	38		37	150
m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	5,75	17,7		39,5	63
¢ ha <sup>-1</sup>	206 850	679 460		1 791 760	2 678 060
<b>Teca</b>					
Año	4	8	12	16	
N	60	36	27	27	150
m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	2,0	4,0	7,3	24,8	38,0
¢ ha <sup>-1</sup>	50 250	252 560	752 470	3 264 230	4 319 500

\*Ingresos sin actualizar, N = Número de árboles en 2 franjas / ha

**Cuadro 2.** Flujo de caja de la producción de madera en dos franjas de melina (*Gmelina arborea*) ha<sup>-1</sup>, en sistemas silvopastoriles de alta inversión (MAI), en la zona norte de Costa Rica.

**Table 2.** Cash flow of wood production in two strips of melina (*Gmelina arborea*) ha<sup>-1</sup>, in high investment silvopastoral systems (MAI), in the north of Costa Rica

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Total (cha <sup>-1</sup> )	Total (US\$)
Costos	372,987	84,616	34,168	53,976	28,509	80,058	15,544	12,714	69,908	752,480	1 185
Costo actualizado	372,987	79,827	30,409	45,319	22,582	59,824	10,958	8,456	43,861	674,222	1 060
Ingreso				206,850		679,460			1,791,760	2,678,060	4 220
Ingreso actualizado				173,671		507,729			1,124,171	1,805,572	2 845
Ingreso neto	-372,987	-84,616	-34,168	152,870	-28,509	599,398	-15,544	-12,714	1,721,850	2,474,117	3 900
Ing. Neto actualizado	-372,987	-79,827	-30,409	128,352	-22,582	447,905	-10,958	-8,456	1,080,310	1,656,567	2 600
Indicador financiero		VAN	¢1,131,349		R B/C	¢ 2,68		TIR	28,46 %		
			US\$ 1 780								

Con el propósito de mejorar el diseño de los sistemas de financiamiento que ofrece el FONAFIFO, se evaluaron cuatro posibles escenarios de fomento de SSP, dirigidos principalmente a medianos y pequeños productores. En el primer escenario se analizó la utilización de la tasa básica pasiva; la cual es un promedio ponderado de las tasas de interés de captación brutas en colones, negociadas por los intermediarios financieros residentes en el país [25].

Para los escenarios dos y tres se utilizó como tasa el 6 % y 8 %, que corresponde con las tasas de interés a las cuales presta actualmente el FONAFIFO en sus sistemas de crédito forestal [26].

Finalmente, en el cuarto escenario se utilizó una combinación del sistema de crédito asociado con el denominado Pago por Servicios Ambientales por Resultados (PSAR). En esta modalidad se evalúa una tasa de interés del 6 %, con la posibilidad de cancelar el préstamo en un plazo máximo de diez años. El crédito financia el establecimiento de los 150 árboles ha<sup>-1</sup> en el año cero y durante los primeros tres años de mantenimiento [26]. En el escenario IV el monto por árbol que paga el FONAFIFO en la modalidad de sistema agroforestal es de ¢3 500 (US\$ 5,5) [27]. Mientras que el crédito que se otorga en el año tres es de ¢528 542/ha (US\$ 830), que cubre los costos de establecimiento y mantenimiento de este período. El dinero del PSAR junto con el ingreso de los raleos y cosecha, son utilizados para pagar los intereses del crédito.

El PSAR ingresa financieramente en tres desembolsos, el primer tracto del 65 % para la preparación inicial, establecimiento, mantenimiento y poda en el primer año; el segundo del 20 % para el mantenimiento y poda de los árboles durante el segundo año; y el último del 15 % para el mantenimiento y manejo de los árboles durante el tercer año.

## Resultados

La información financiera generada se organizó por separado para teca y melina, así como para el modelo SSP de alta y baja inversión. Debe entenderse que el componente forestal sigue un comportamiento cíclico de producción, en turnos de 8 años (melina) y 16 años (teca). Que una vez concluidos, se repiten en el tiempo indefinidamente.

### Modelo de alta inversión (MAI)

Para el análisis del SSP de alta inversión con franjas de melina, los costos se mantuvieron constantes durante todo el ciclo de producción. Mientras que los ingresos se registraron en los años tres y cinco, conforme se ejecutan los raleos (cuadro 1).

Con las franjas de melina los dos primeros raleos registran costos menores que los ingresos, por lo que el ingreso neto esperado del primer raleo es de ¢152 870 (US\$ 240) y ¢599 398 (US\$ 940) del segundo raleo. Se estima que el ingreso neto total esperado en un ciclo de ocho años será de ¢2 474 117 (US\$ 3 895). En cuanto al VAN y la R B/C estos fueron positivos en todos los casos, mientras que la TIR es mayor a la tasa de descuento evaluada del 6 % (Cuadro 2).

En teca los ingresos netos son negativos debido a que el primer raleo efectuado en el año cuatro no cubre los costos totales. Para los siguientes raleos los ingresos netos son positivos, por lo que se estima recibir una ganancia neta de ¢171,229 (US\$ 270) al año ocho y ¢664 776 (US\$ 1 045) en el año doce. Mientras que en la cosecha final se espera obtener un ingreso neto de ¢3 196 115 (US\$ 5 035). Los indicadores financieros respectivos de teca se muestran en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Flujo de caja de la producción de madera en dos franjas de teca (*Tectona grandis*) ha<sup>-1</sup>, en sistemas silvopastoriles de alta inversión (MAI), en la zona norte de Costa Rica.

**Table 3.** Cash flow of wood production in two strips of teak (*Tectona grandis*) ha<sup>-1</sup>, in high investment silvopastoral systems (MAI), in the north of Costa Rica.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total (cha <sup>-1</sup> )	Total (US\$)
Costos	372,987	101,330	34,027	36,149	56,664	21,524	18,694	14,450	81,332	11,143	11,143	9,487	107,694	6,658	6,658	9,487	68,111	967,539	1 525
Costo actualizado	372,987	95,594	30,284	30,351	44,884	16,084	13,179	9,610	51,029	6,596	6,222	4,998	53,520	3,121	2,945	3,959	26,812	772,174	1 215
Ingreso					50,249				252,561				752,470				3,264,227	4,319,506	6 800
Ingreso actualizado					39,802				158,460				373,955				1,284,951	1,857,167	2 925
Ingreso neto	-372,987	-101,330	-34,027	-36,149	-6,416	-21,524	-18,694	-14,450	171,229	-11,143	-11,143	-9,487	644,776	-6,658	-6,658	-9,487	3,196,115	4,012,121	6 320
Ingr. neto actualizado	-372,987	-95,594	-30,284	-30,351	-5,082	-16,084	-13,179	-9,610	107,431	-6,596	-6,222	-4,998	320,434	-3,121	-2,945	-3,959	1,258,139	1,686,004	2 655
Indicador financiero		VAN	¢889,628 US\$ 1 400		R B/C	2,41	TIR	14,49%											

**Cuadro 4.** Ingresos esperados por venta de madera en franjas de melina (*Gmelina arborea*) y teca (*Tectona grandis*) en sistemas silvopastoriles en Costa Rica, para el modelo de baja inversión [10].

**Table 4.** Expected income from wood sale in melina (*Gmelina arborea*) and teak (*Tectona grandis*) strips in silvopastoral systems in Costa Rica, for the low investment model.

	I raleo	II Raleo	III Raleo	Cosecha Final	Total
<b>Melina</b>					
Año	3	5		8	
N	75	38		37	150
m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	2,94	9,06		28,3	40,3
¢ ha <sup>-1</sup>	101,490	333,385		1 437,030	1 871,900
<b>Teca</b>					
Año	60	36	27	27	150
N	4	8	12	16	
m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	0,53	1,99	3,29	14,260	20,07
¢ ha <sup>-1</sup>	13,430	125,910	338,870	1 880,630	2 358,840

\*Ingresos sin actualizar, N = Número de árboles en 2 franjas / ha

## Modelo de Baja Inversión

En el cuadro 4 se muestra el modelo de ingreso esperado en franjas de teca y melina en SSP para un MBI.

Los resultados del flujo de caja para el MBI con melina se muestran en el cuadro 5. El ingreso neto esperado del primer raleo (año tres) es de ¢ 55 459/ha (US\$ 87). Mientras que con el segundo raleo (año cinco) se estima en ¢ 260 285 (US\$ 410). Para la cosecha final se estima que la ganancia neta total será de ¢1 372 713 (US\$ 2 160). Por lo que se espera recibir un total neto de ¢1 688 457/ha (US\$ 2 660) en un ciclo de producción de ocho años. Los indicadores financieros VAN y RB/C también registraron valores positivos para este modelo, así como la TIR, con un valor superior a la tasa de descuento evaluada del 6 % (Cuadro 5).

Con teca el resultado del flujo de ingreso neto es similar al del modelo de alta inversión, donde los costos del primer raleo (año cuatro) es mayor que la ganancia esperada. Mientras que para el segundo (año ocho) y tercer raleo (año doce) se estima un ingreso neto de ¢51 673 (US\$ 81) y de ¢239,339 (US\$ 377) respectivamente. Para la cosecha final se estima un ingreso total de ¢1 817 128 (US\$ 2 860) por tanto, el ingreso neto total durante el ciclo de producción de 16 años será de ¢2 108 140/ha (US\$ 3 320). Los indicadores financieros respectivos se pueden observar en detalle en el cuadro 6.

En el cuadro 7 se muestran los resultados del análisis financiero de los cuatro escenarios de financiamiento propuestos. Se puede observar que el escenario IV es el que obtiene mejores resultados al combinar el PSAR por resultados con el sistema de financiamiento de crédito. Al comparar el escenario II con el III, el crédito con una tasa de interés del 6 % es la que genera un VAN y una R B/C más atractiva. Lo que indica que ambos escenarios son capaces de devolver la inversión inicial, pagar el 6 % o el 8 % de la tasa de interés y generar una ganancia al productor.

En cuanto a la TIR los resultados indican que en los escenarios II, III y IV los valores registrados superan ampliamente las tasas de referencia del 6 y 8 %. Se observa también que con melina, la tasa máxima de financiamiento (24 %) duplica a la de teca (12 %).

## Discusión

En este tema hay poca literatura reportada sobre análisis financieros o de producción de SSP. En la zona norte de Costa Rica, [8] se reporta una investigación sobre la rentabilidad de un SSP, basado en árboles dispersos en potreros, con las especies *Cedrela Odorata* y *Cordia alliodora*. Los indicadores financieros dan como resultado valores del VAN de ¢ 55 860/ha (US\$ 88), con

una relación B/C de US\$ 1,09 [8]. Sin embargo, estos resultados no son comparables, debido al análisis basado en modalidades diferentes de SSP (árboles dispersos en potrero vs plantados en franjas). Además, en esta investigación se trabajó con especies exóticas de alta productividad (teca y melina), con un paquete tecnológico sumamente elaborado y basado en clones de alto rendimiento en campo.

Un estudio realizado por el INTA de Argentina (Instituto Nacional de Tecnología Agraria) se reporta una comparación de resultados financieros y económicos de proyectos forestales, ganaderos y silvopastoriles en la región de Misiones [14]. Los principales resultados obtenidos del SSP mixto con base en *Pinus tadea*, reportan una rentabilidad con una tasa interna de retorno de 17 %. Concluyeron también que el acompañamiento de la actividad forestal con la ganadería genera mayores ingresos al productor, al combinar la actividad ganadera y orientar la producción forestal para obtener árboles de mayor calidad [28].

Al compararse los resultados del MAI y el MBI la melina duplica los valores registrados por la teca (27 y 28 % vs 12 y 14 %). Estas diferencias se explican por la mayor tasa de crecimiento y productividad de la melina [17] así como por el menor ciclo de producción de la melina (dos raleos y cosecha en ocho años, vs tres raleos y cosecha al año 16 en teca).

A pesar de que el precio de la teca es mayor en el mercado nacional e internacional, la mayor productividad de la melina y su ciclo más corto, repercuten en los indicadores financieros. Al actualizar los ingresos esperados e incrementar los años en la función de valor presente (VAN), su valor disminuye los ingresos al reducir el factor de actualización. Sin embargo, la rentabilidad analizada para las dos especies, tanto en su modelo de Baja Inversión como en el de Alta Inversión, es positiva y genera ingresos al productor. No obstante, es esencial considerar cuales especies son las más adecuadas y de mayor aceptación por parte de los productores ganaderos.

La resistencia del productor para el desarrollo de SSP está relacionada con el elevado costo inicial para su establecimiento, el costo de oportunidad asociado con periodos largos, en que el ciclo de producción comienza a generar productividad y también, la rentabilidad limitada que presentan en su mayoría [6]. Estudios preliminares sobre la rentabilidad de la incorporación de SSP en Costa Rica, muestran, que dependiendo de la tecnología se requiere una inversión inicial de entre US\$ 215 y US\$ 660 por hectárea, y se obtiene un retorno de entre 8 y 17 % [12]. A estas restricciones se agrega la limitante del productor para obtener crédito destinado a incorporar SSP, generalmente disponible para propósitos específicos (incorporación de pastura mejorada, compra

**Cuadro 5.** Flujo de caja para el financiamiento de franjas de melina (*Gmelina arborea*) clonal en SSP de baja inversión (MBI) en la zona norte de Costa Rica.

**Table 5.** Cash flow for the financing of clonal melina strips (*Gmelina arborea*) in low-investment SSP (LMI) in the northern zone of Costa Rica.

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Total (cha <sup>-1</sup> )	Total (US\$)
Costos	215,633	57,269	40,910	46,034	23,263	73,101	13,746	11,469	64,314	545,739	860
Costo actualizado	215,633	54,027	36,410	38,651	18,426	54,625	9,690	7,627	40,351	475,442	750
Ingreso				101,492		333,386			1,437,027	1,871,906	2 950
Ingreso actualizado				85,215		249,126			901,609	1,235,949	1 950
Ingreso neto	-215,633	-57,269	-40,910	55,459	-23,263	260,285	-13,746	-11,469	1,372,713	1,688,457	2 660
Ingr. Neto actualizado	215,633	-54,027	-36,410	46,564	-18,426	194,500	-9,690	-7,627	861,257	1,102,322	1 736
Indicador financiero		VAN	¢400,00		R B/C	2,51		TIR	27,55		
			US\$ 630								

**Cuadro 6.** Flujo de caja para el financiamiento de franjas de teca (*Tectona grandis*) clonal en SSP de baja inversión (MBI) en la zona norte de Costa Rica.

**Table 6.** Cash flow for the financing of clonal teak strips (*Tectona grandis*) in low-investment SSP (LMI) in the northern zone of Costa Rica.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total (cha <sup>-1</sup> )	Total (US\$)
Costos	215,633	57,269	40,910	46,034	23,263	73,101	13,746	11,469	64,314	545,739	860	9,487	107,694	6,658	6,658	9,487	68,111	967,539	1 525
Costo actualizado	215,633	54,027	36,410	38,651	18,426	54,625	9,690	7,627	40,351	475,442	750	4,998	53,520	3,121	2,945	3,959	26,812	772,174	1 215
Ingreso				101,492		333,386			1,437,027	1,871,906	2 950		752,470				3,264,227	4,319,506	6 800
Ingreso actualizado				85,215		249,126			901,609	1,235,949	1 950		373,955				1,284,951	1,857,167	2 925
Ingreso neto	-215,633	-57,269	-40,910	55,459	-23,263	260,285	-13,746	-11,469	1,372,713	1,688,457	2 660	-9,487	644,776	-6,658	-6,658	-9,487	3,196,115	4,012,121	6 320
Ingr. neto actualizado	215,633	-54,027	-36,410	46,564	-18,426	194,500	-9,690	-7,627	861,257	1,102,322	1 736	-4,998	320,434	-3,121	-2,945	-3,959	1,258,139	1,686,004	2 655
Indicador financiero		VAN	¢889,628		R B/C	2,41	TIR	14,49%											
			US\$ 1 400																

**Tabla 7.** Escenarios de financiamiento para el establecimiento de franjas de madera con melina y teca en sistemas silvopastoriles de alta inversión, zona norte de Costa Rica.**Table 7:** Financing scenarios for the establishment of wood strips with melina and teak in high-investment silvopastoral systems, northern Costa Rica

Escenarios		I	II	III	IV
Parámetro		Tasa básica pasiva	Crédito I FONAFIFO	Crédito II FONAFIFO	Crédito III FONAFIFO + PSA por resultados
Tasa de interés (%)			6	8	6
Desembolsos (años)			3	4	3-4
Pago del capital (años)		-	1-10	1-10	7-12
Melina	VAN (¢)	-	945,000	833,313	1 186 619
	US (\$)	-	1 490	1 312	1 870
	R B/C	-	1,5	1,9	1,9
	TIR	-	23%	16%	25%
Teca	VAN (¢)	-	1 036 048	972,626	1 221 689
	US (\$)	-	1 630	1 532	1 925
	R B/C	-	1,4	1,1	1,07
	TIR	-	7 %	6 %	20 %

de equipo) y se pide requisitos difíciles de cumplir por el finquero [6].

La falta de mecanismos de financiamiento y de análisis financieros que demuestren la rentabilidad de los SSP limita su adopción [15]. Esto motivó la realización de esta investigación, que incluyera análisis de sensibilidad y de evaluación de cuatro posibles escenarios de financiamiento, en donde el escenario IV, que combina el crédito con un PSA por resultados, fue el que registró los valores más altos en todos los indicadores financieros.

Es esencial desarrollar un sistema que se adapte al ciclo de producción forestal, donde el ingreso se obtiene en un largo plazo. El uso del mejor paquete tecnológico debe ser uno de los elementos de mayor relevancia para garantizar los resultados obtenidos en este estudio. El uso de clones de alto rendimiento debe ser uno de los criterios base para el desarrollo de estos SSP.

Es importante también generar estrategias de financiamiento que estimulen la participación del sector ganadero en estas opciones de producción forestal. El componente arbóreo dentro de una finca ganadera puede ofrecer múltiples servicios ambientales, adicionales a la madera. Una adecuada cantidad de árboles ha<sup>-1</sup> en distintas modalidades SSP, permitiría que la ganadería en el país se situara en la corriente de actividad económica carbono neutral.

## Conclusiones

El diseño de SSP en franjas de producción de madera, registró una alta rentabilidad en todos los indicadores financieros para teca y melina (tasa de crédito del 6 %), que generó en melina un VAN de ¢ 1 131 349 (US\$ 1 780) con una relación B/C de ¢ 2,68 y una TIR de 28,46 %. Mientras que para teca, el VAN fue de ¢ 889 628 (US\$ 1 400) con una relación B/C de ¢ 2,41 y una TIR de 14,9 % para el MAI.

En cuanto al MBI (crédito al 6 %) se obtuvo un VAN para melina de ¢ 400 000 (US\$ 630) con una R B/C de ¢ 2,51 y una TIR de 27 %. Mientras que para teca se obtuvo un VAN de ¢ 378 495 (US\$ 600) con una R B/C de ¢ 1,70 y una TIR de ¢ 12,18 %.

El resultado del análisis financiero muestra que el VAN es positivo y mayor que cero en los dos modelos evaluados, la relación B/C es mayor a uno y la TIR es superior a la tasa de interés evaluada en todos los escenarios.

El mejor escenario de financiamiento de los SSP fue el de la modalidad de PSAR por resultados, unido con un sistema de crédito al 6 %.

## Agradecimientos

Esta investigación formó parte del proyecto interuniversitario (FEES), “Modelo silvopastoril orientado a la reducción de la huella de carbono y al aumento de la productividad económica”. Contó también con la colaboración de la Corporación Ganadera (CORFOGA), con apoyo del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) y del Dr. William Corrales.

## Referencias

- [1] INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, CR). VI Censo Nacional Agropecuario. San José Costa Rica: INEC, 2015.
- [2] MAG, CORFOGA, INTA, CNPL, PNUD. Manual Operativo del piloto Nacional del NAMA Ganadería. Segunda edición. San José, Costa Rica. 2017
- [3] Anker P. “Producción animal”. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). [Online]. Recuperado de <http://www.fao.org/animal-production/es/>. Fecha de acceso: 25.May, 2017 ]
- [4] MINAE 2019. Decreto No 41772. Sobre los principios rectores del sector forestal productivo. Junio 5, 2019. San José, Costa Rica.
- [5] Pezo D. & Ibrahim M. Colección de módulos de enseñanza agroforestal No 2: Sistemas silvopastoriles. Proyecto agroforestal CATIE/GTZ. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1998.
- [6] Ibrahim, M; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, J; Ponce, G; Vega, P; Casasola & F; Rojas, J. “Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa aérea en sistemas de uso de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua”. *Agroforestería en las Américas*, vol. 45, pp. 27–36, 2007.
- [7] Casasola, F., M. Ibrahim, C. Sepúlveda, N. Ríos & D. Tobar. “Implementación de sistemas silvopastoriles y el pago de servicios ambientales en Esparza, Costa Rica: una herramienta para la adaptación al cambio climático en fincas ganaderas”, en M. Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central, Ibrahim & C. Sepúlveda (Eds). Centro Agronómico Tropical (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 2009, pp. 169-188.
- [8] Souza de Abreu M.H. “Contribution of trees to the control of heats stress in dairy cows and the financial viability of livestock farms in the humid tropics”, Tesis de doctorado. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 2002.
- [9] Murillo O., Leitón M., Ospino M., Badilla Y., Paniagua W. & Valverde A. “Hacia un nuevo sistema silvopastoril”, *Revista Germinar*, vol 17, no 5, pp. 16-17, 2015.
- [10] Paniagua W., Mora G., Badilla Y., Murillo O., Rojas A., Campos C., Corea E., Ospino M. & Lazo G. Manual para el establecimiento de un Sistema Silvopastoril utilizando arboles maderables de alto valor económico. Proyecto FEES/CONARE. San Carlos, Costa Rica, 2015.
- [11] Alonzo Y., Ibrahim M., Gómez M. & Prins K. “Potencial y limitaciones para la adopción de sistemas silvopastoriles para la producción de leche en Cayo, Belice”, *Agroforestería de las Américas*, vol. 8, no. 30, pp.21-27, 2001.
- [12] Gobi J.A. & Casasola F. “Comportamiento financiero de la inversión en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica”, *Agroforestería de las Américas*, vol. 10, pp. 39-40, 2004.
- [13] Clavero, T., & Suárez, J. “Limitaciones en la adopción de los sistemas silvopastoriles en Latinoamérica”. *Pastos y Forrajes*, vol. 29, no. 3, Feb., pp. 307-312, 2006.
- [14] Colcombet I., Crechi E., Keller A., Pachas N., Fassola H., Lacorte S. & Esquivel J. “Comparación preliminar de resultados financieros y económicos de proyectos forestales, ganaderos y silvopastoriles en Misiones”, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. [Online]. Recuperado de <https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-resultados-financieros-economicos.pdf>. [Fecha de acceso: Nov. 23, 2017].
- [15] Villanueva C., Ibrahim M. & Murgueito E. Producción y rentabilidad de sistemas silvopastoriles: Estudios de caso en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 2010.
- [16] Ospino-Araya M., Badilla-Valverde Y., Paniagua-Madrigal W., Campos-Granados C. & Murillo-Gamboa O. “Costos de producción de teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*) en sistemas silvopastoriles de la zona norte de Costa Rica”. *Agronomía Costarricense*, vol. 44, no. 2, Jul., pp. 155-173, 2020.
- [17] Quirós S. Modelos de crecimiento y rendimiento para plantaciones clonales de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en Costa Rica. Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica, 2015.
- [18] Fallas, J.L. Funciones alométricas, de volumen y de crecimiento para clones de teca (*Tectona grandis* L.f) en Costa Rica. Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 2017.
- [19] Teca (*Tectona grandis* L. f.): condiciones para su cultivo “Fomento de la reforestación comercial para la mejora y conservación de las reservas de carbono”. Banco Mundial, Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) y Oficina Nacional Forestal (ONF). Moravia, San José.2015.
- [20] Alvarado A. & Mata R. “Condiciones de sitio y la silvicultura de la teca”, en Las plantaciones de teca en América Latina: mitos y realidades, De Camino R., Morales J. P. (eds.). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Serie Técnica, Informe Técnico No. 397, 2013, pp. 54-87.
- [21] Oficina Nacional Forestal, “Nueva modalidad de pago por servicios ambientales”, Oficina Nacional Forestal, [Online]. Recuperado de <http://onfcr.org/articulo/nueva-modalidad-de-pago-por-servicios-ambientales/> [Fecha de acceso:19. Abr,2015].
- [22] Murillo, O. & Badilla, Y. Programa para la estimación de la calidad y valor de la plantación forestal. [Software]. Instituto

Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2014.

- [23] Alfaro M. "Los sistemas de medición de madera. Desde el bosque". Cámara costarricense forestal. Tech.Report. 11-13 p. 1 May,2002.
- [24] González, E. "Determinación del momento óptimo de cosecha final en una plantación de *Tectona grandis* de la zona norte de Costa Rica", Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 2014.
- [25] Banco Central de Costa Rica. "Metodología para el cálculo de la tasa básica pasiva", Banco Central de Costa Rica, [Online]. Recuperado de: <http://indicadoreseconomicos.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Documentos/DocumentosMetodologiasNotasTecnicas/Metodolog%C3%ADa%20de%20c%C3%A1lculo%20Tasa%20B%C3%A1sica.HTM>. [Fecha de acceso: 8.Jun, 2017]
- [26] Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. "Presentan nueva modalidad de pago por servicios ambientales". Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, [Online]. Recuperado de [http://www.fonafifo.go.cr/actualidad/noticias/ultimasnoticias/Modalidad\\_PPSA.pdf](http://www.fonafifo.go.cr/actualidad/noticias/ultimasnoticias/Modalidad_PPSA.pdf) [Fecha de acceso: 24. Ene,2017]
- [27] Oficina Nacional Forestal. "Precios de la madera en Costa Rica para el primer semestre del 2016 y tendencias de las principales especies comercializadas". Oficina Nacional Forestal, [Online]. Recuperado de <http://www.onfcr.org/media/uploads/documents/precios-de-la-madera-en-costa-rica-2016.pdf> [Fecha de acceso: 10. Feb, 2017].
- [28] Argentina Forestal. "Los-sistemas silvopastoriles logran mayor rentabilidad que la ganadería o forestaciones puras". Argentina Forestal. [Online] Recuperado de <http://www.argentinaforestal.com/actualidad/politica-y-economia/24-general/5673-los-sistemas-silvopastoriles-logran-mayor-rentabilidad-que-la-ganaderia-o-forestaciones-puras>. [Fecha de acceso: 1. Oct,2017].