

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

**PROGRAMA DE MAESTRÍA ACADÉMICA EN CIENCIAS
FORESTALES**

**MODELO DE COSTOS Y ANÁLISIS FINANCIERO PARA CULTIVO DE
TECA (*Tectona grandis* Linn f.) EN SISTEMA SILVOPASTORIL,
COSTA RICA.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIAS FORESTALES CON EL
GRADO ACADÉMICO DE MAESTRÍA**

JOSHUA JESÚS JIMÉNEZ JIMÉNEZ

CARTAGO COSTA RICA

MARZO 2023

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

**PROGRAMA DE MAESTRÍA ACADÉMICA EN CIENCIAS
FORESTALES**

**MODELO DE COSTOS Y ANÁLISIS FINANCIERO PARA CULTIVO DE
TECA (*Tectona grandis* Linn f.) EN SISTEMA SILVOPASTORIL,
COSTA RICA.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIAS FORESTALES CON EL
GRADO ACADÉMICO DE MAESTRÍA**

JOSHUA JESÚS JIMÉNEZ JIMÉNEZ

CARTAGO COSTA RICA

MARZO 2022

MODELO DE COSTOS Y ANÁLISIS FINANCIERO PARA CULTIVO DE TECA (*Tectona grandis* Linn f.) EN SISTEMA SILVOPASTORIL, COSTA RICA.

Joshua Jesús Jiménez Jiménez¹

RESUMEN GENERAL

La actividad ganadera a nivel mundial representa una de las actividades con mayor impacto en la sostenibilidad del sector alimenticio, dada su importancia se han creado diferentes iniciativas que impulsan las prácticas de una ganadería sostenible. En América Latina la ganadería es la actividad de mayor uso de la tierra, en Costa Rica con más de un 37%, en regiones con los indicadores más bajos de desarrollo humano y con serias limitaciones para su sostenibilidad. La ganadería en Costa Rica se conforma mayoritariamente por pequeños y medianos productores, que hoy día se encuentra ante grandes desafíos económicos y ambientales, que convergen en una demanda de soluciones y alternativas. Se requiere adoptar estrategias para reconvertir la actividad en una ganadería baja en carbono, requisito esencial para lograr el acceso de nuevos mercados. Los sistemas silvopastoriles (SSP) ofrecen la oportunidad de integrar la actividad ganadera con la actividad forestal, con el fin de contribuir a lograr la carbono neutralidad de la ganadería y a generar nuevos ingresos en las fincas para maximizar su sostenibilidad.

Este estudio busca solventar vacíos de información en temas económicos y financieros para el cultivo de teca en sistemas silvopastoriles en franjas compactas. Esta investigación formó parte del proyecto “Optimización del componente forestal del programa nacional de fomento de sistemas silvopastoriles carbono-neutral”, en donde se determinó el modelo de costo por árbol para el cultivo teca en dos diseños de

¹J. Jiménez-Jiménez, “Modelo de Costos y Análisis Financiero para Cultivo de Teca (*Tectona grandis* Linn f.) en Sistema Silvopastoril, Costa Rica”, Tesis, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 2023.



siembra; así como, análisis financiero y de sensibilidad para los diseños de siembra en diferentes escenarios.

Para la determinación del modelo de costos se desarrollaron dos alternativas de diseño de franja; el primer diseño tiene una capacidad de plantar 91 árboles por cada 100 m lineales de franja. El segundo diseño tiene una capacidad de plantar 125 árboles por cada 100 m lineales de franja. El estudio evaluó las actividades como preparación, establecimiento, mantenimiento y cosecha, así como, los rubros: insumos, asistencia técnica, mano de obra, cercas eléctricas, servicios contratados y equipos y herramientas. El costo por árbol alcanzó ₡3 178 (\$5,16) para el diseño 1 y ₡2 990 (\$4,82) para diseño 2. Los tres primeros años representan alrededor del 47% de los costos globales donde las actividades de mantenimiento representan más del 52%, la cerca eléctrica representa entre el 6% y el 8% del costo total, mientras que la asistencia técnica y regencia representan aproximadamente el 10% del costo global.

Como parte del análisis financiero y de sensibilidad se contemplaron seis escenarios, de los cuales hubo dos alternativas de financiamiento, dos alternativas de mercado para venta de madera y la adopción del PSA (Pago por Servicio Ambiental). El estudio evaluó la rentabilidad financiera mediante los indicadores VAN, TIRM y R(B/C), Para el análisis de sensibilidad se simulaban incrementos y disminuciones en las variables *Costo* y *Beneficio*. El cultivo de madera en franjas para el diseño evaluado es altamente rentable en cualquier escenario de inversión. El mercado mixto es la mejor alternativa de venta de madera. Capital de inversión propia representa una excelente alternativa de financiamiento para escenarios con el mismo mercado de venta de madera. La mejor alternativa se obtuvo con el Escenario I (capital propio + mercado de madera mixto) que determinó un VAN de \$22 031, una R(B/C) de 3,81 y una TIRM de 18,5%. El análisis de sensibilidad mostró que las variables *Costo* y *Beneficio* son sensibles a los cambios en el intervalo entre -50% y +50%. Los escenarios IV (capital propio + mercado de madera nacional) y VI (crédito + mercado de madera nacional + PSA) dejan de ser rentables si el beneficio disminuye -50% o -42% respectivamente.

Palabras clave: carbono neutro, economía forestal, financiamiento forestal, análisis beneficio-costo, agroforestería

GENERAL ABSTRACT

Livestock farming worldwide represents one of the activities with the greatest impact on the sustainability of the food sector. Given its importance, different initiatives have been created to promote sustainable livestock farming practices. In Latin America, livestock farming is the activity with the highest land use, with more than 33% in Costa Rica, in regions with the lowest human development indicators and with serious limitations for its sustainability. Livestock farming in Costa Rica is mostly conformed by small and medium-sized producers, who today face great economic and environmental challenges, which converge in a demand for solutions and alternatives. It is necessary to adopt strategies to convert the activity into a low-carbon livestock farming, an essential requirement to gain access to new markets. Silvopastoral systems (SSP) offer the opportunity to integrate livestock and forestry activities in order to contribute to achieving carbon neutrality in livestock farming and to generate new income on farms to maximize their sustainability.

This study seeks to fill information gaps in economic and financial issues for the cultivation of teak in silvopastoral systems in compact strips. This research was part of the project "Optimization of the forestry component of the national program for the promotion of carbon-neutral silvopastoral systems", where the cost model per tree for teak cultivation in two planting designs was determined, as well as financial and sensitivity analysis for one of the planting designs in different scenarios.

For the determination of the cost model, two alternative strip planting designs were implemented; the first design presented a capacity of planting 91 trees per 100 linear meters of strip. The second design presented a planting capacity of 125 trees per 100 linear meters of strip. The study evaluated activities like preparation, establishment, maintenance and harvesting, as well as the following items: inputs, technical

assistance, labor, electric fences, contracted services, equipment and tools. The cost per tree reaches ₡3 178 (\$5.16) for design 1 and ₡2 990 (\$4.82) for design 2. The first three years account for about 47% of the overall costs. Maintenance activities account for more than 52% of the overall cost. Electric fence accounts for 6% to 8% of the overall cost. Technical assistance and regency represent approximately 10% of the overall cost.

Financial and sensitivity analysis was performed on a total of six scenarios, which included two financing alternatives, two market alternatives for timber sales, and the adoption of PES (Payment for Environmental Services). The study evaluated the financial profitability through the VAN, TIRM and R(B/C) indicators. For the sensitivity analysis, increases and decreases in the Cost and Benefit variables were simulated. Strip timber cultivation for the evaluated design is highly profitable in any investment scenario. The international market is the best alternative for timber sales. Own investment capital represents an excellent financing alternative for scenarios with the same timber sales market. The best alternative is represented by Scenario I (own capital + international timber market + absence of PSA) with an NPV of \$22 031, an R(B/C) of 3.81 and an IRRM of 18.5%. Sensitivity analysis showed that the *Cost* and *Benefit* variables are sensitive to changes between -50% and +50%. Scenarios IV (own capital + domestic timber market) and VI (credit + domestic timber market + PSA) are no longer profitable if the profit decreases -50% or -42% respectively.

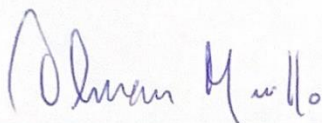
Key words: carbon neutral, forest economics, forest financing, benefit-cost analysis, agroforestry.

CONSTANCIA DE DEFENSA PUBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Esta tesis de graduación ha sido aceptada por el Tribunal Evaluador de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y aprobada por el mismo como requisito para optar por el grado de Magister en Ciencias Forestales.

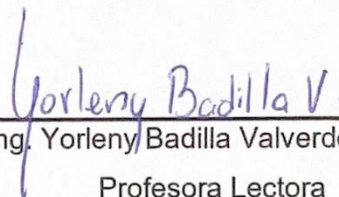
MODELO DE COSTOS Y ANÁLISIS FINANCIERO PARA CULTIVO DE TECA (*Tectona grandis* Linn f.) EN SISTEMA SILVOPASTORIL, COSTA RICA.

Miembros del Tribunal Evaluador



Ing. Olman Murillo Gamboa, Ph.D.

Director de tesis



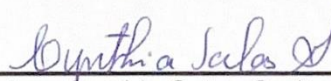
Ing. Yorleny Badilla Valverde, Ph.D.

Profesora Lectora



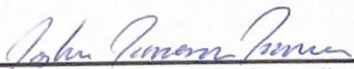
Ing. Mario Guevara Bonilla, M. Sc.

Profesor Lector



Ing. Cynthia Salas Garita, Ph.D.

Profesora Lectora



Ing. Joshua Jesús Jiménez Jiménez, Lic.

Estudiante



Ing. Alexander Berrocal Jiménez, Ph.D.

Coordinador del programa de Maestría

DEDICATORIA

Para Ana María Jiménez Vargas y Eddier Jesús Jiménez Moscoso, por ser la fuente
de motivación e inspiración de mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

Olman Murillo y Yorleny Badilla por ser mentores clave en el desarrollo profesional y académico, al mismo tiempo por brindar la confianza para formar parte del equipo de investigación en el proyecto *“Optimización del componente forestal del programa nacional de fomento de sistemas silvopastoriles carbono-neutral”*.

Al personal docente, administrativo y de investigación que asesoró y colaboró en las etapas de desarrollo de este trabajo.

Cynthia Salas Garita por el apoyo y la orientación en algunos elementos de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN GENERAL	i
GENERAL ABSTRACT	iii
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
CAPÍTULO 1	1
Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Metodología	4
El árbol como unidad de referencia	7
Cerca eléctrica	8
Costos de mano de obra	8
Estimación de costo por jornal en concepto de uso de equipos y herramientas	10
Resultados	11
Discusión	18
Conclusiones	22
Referencias	23
CAPÍTULO 2	27
Resumen	27
Abstract	28

Introducción.....	29
Metodología	30
Resultados	36
Análisis Financiero.....	36
Indicadores Financieros	42
Análisis de Sensibilidad	42
Discusión.....	44
Análisis financiero	44
Análisis de Sensibilidad	47
Conclusiones.....	48
Referencias	50
Anexos.....	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cargas Sociales del sistema costarricense de seguridad social correspondientes con el costo del jornal, Costa Rica, 2023.	9
Cuadro 2. Costos de los componentes para el establecimiento de la cerca eléctrica en un sistema silvopastoril de franjas de 6m de ancho, Costa Rica, 2023. (1US\$ = ₡620)	11
Cuadro 3. Costo de la asistencia técnica, regencia e informes técnicos a emitir, para el establecimiento y manejo del componente forestal en un sistema silvopastoril en franjas, Costa Rica, 2023. (1US\$ = ₡620)	13
Cuadro 4. Costo de depreciación de equipos y herramientas para la ejecución de labores establecimiento, mantenimiento y manejo, del componente forestal en un sistema silvopastoril en franjas, Costa Rica, 2023. (1US\$ = ₡620).....	13
Cuadro 5. Costo de insumos para la preparación, establecimiento, mantenimiento y manejo del componente forestal en un sistema silvopastoril en franjas, Costa Rica, 2023. (1US\$ = ₡620).....	14
Cuadro 6. Estructura de costos para dos alternativas de sistema silvopastoril en franja con teca, Costa Rica, 2023. (US\$ = ₡620)	15
Cuadro 7. Parámetros y estimación del rendimiento para raleos y cosecha final de árboles de teca (<i>Tectona grandis</i> L.f) en una hectárea equivalente de sistemas silvopastoril con N = 2083 árboles, producto del diseño en franjas [14], Costa Rica, 2023.....	32
Cuadro 8 Ingreso esperado por venta de madera de teca (<i>Tectona grandis</i> L.f) en mercado nacional para una hectárea equivalente en sistemas silvopastoril en franjas con N = 2083 árboles [14], Costa Rica, 2023.....	33
Cuadro 9. Ingreso esperado por venta de madera de teca (<i>Tectona grandis</i> L.f) en mercado mixto para una hectárea equivalente en sistemas silvopastoril en franjas con N = 2083 árboles [14], Costa Rica, 2023.....	33

Cuadro 10. Flujo de caja para el escenario 1 de financiamiento para la producción de madera de <i>Tectona grandis</i> (L.f) (teca) en sistemas silvopastoril en franjas equivalente a una hectárea (N = 2083), Costa Rica, 2023.	36
Cuadro 11. Flujo de caja para el escenario 2 de financiamiento para la producción de madera de <i>Tectona grandis</i> (L.f) (teca) en sistemas silvopastoril en franjas equivalente a una hectárea (N = 2083), Costa Rica, 2023.	37
Cuadro 12. Flujo de caja para el escenario 3 de financiamiento para la producción de madera de <i>Tectona grandis</i> (L.f) (teca) en sistema silvopastoril en franjas equivalente a una hectárea (N = 2083), Costa Rica, 2023.	38
Cuadro 13. Flujo de caja para el escenario 4 de financiamiento para la producción de madera de <i>Tectona grandis</i> (L.f) (teca) en sistemas silvopastoril en franjas equivalente a una hectárea (N = 2083), Costa Rica, 2023.	39
Cuadro 14. Flujo de caja para el escenario 5 de financiamiento para la producción de madera de <i>Tectona grandis</i> (L.f) (teca) en sistema silvopastoril en franjas equivalente a una hectárea (N = 2083), Costa Rica, 2023.	40
Cuadro 15. Flujo de caja para el escenario 6 de financiamiento para la producción de madera de <i>Tectona grandis</i> (L.f) (teca) en sistemas silvopastoril en franjas equivalente a una hectárea (N = 2083), Costa Rica, 2023.	41
Cuadro 16. Indicadores financieros para los 6 escenarios de financiamiento para producción de madera de <i>Tectona grandis</i> (L.f) (teca) en sistemas silvopastoril en franjas, Costa Rica, 2023.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño 1 de franjas del sistema silvopastoril (N en 100 m = 91), Costa Rica, 2023.....	5
Figura 2. Diseño 2 de franjas del sistema silvopastoril (N en 100 m = 125), Costa Rica, 2023.....	5
Figura 3. Distribución del costo anual (a y b) y total en función de la actividad (c y d) y del rubro (e y f), para labores de establecimiento, manejo y cosecha del componente forestal en Sistema Silvopastoril en franjas de teca (diseño 1 izquierda y diseño 2 derecha), Costa Rica, 2023.	16
Figura 4. Diseño de árboles en franjas en el sistema silvopastoril (N en 100m = 125), Costa Rica, 2023.	31
Figura 5. Curvas de sensibilidad ajustadas en las variables costo o beneficio, para seis esenarios de análisis financiero en la producción de madera de <i>Tectona grandis</i> (L.f) (teca) en sistemas silvopastoril en franjas, Costa Rica, 2023.....	43

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Modelo de costos para cultivo de teca (<i>Tectona grandis</i> Linn f.) en diseño 1 de sistema silvopastoril en franja, Costa Rica, 2023.	53
Anexo 2. Modelo de costos para cultivo de teca (<i>Tectona grandis</i> Linn f.) en diseño 2 de sistema silvopastoril en franja, Costa Rica, 2023.	64

CAPÍTULO 1

Modelo de costos por árbol para el cultivo de madera de teca (*Tectona grandis* Linn f.) en sistemas silvopastoriles, Costa Rica.

Joshua Jiménez-Jiménez¹⁻², Olman Murillo-Gamboa³, Yorleny Badilla-Valverde⁴

Resumen

El sector ganadero a nivel mundial representa una de las actividades con mayor impacto en la sostenibilidad del sector alimenticio, dada su importancia se han creado diferentes iniciativas que impulsan las prácticas de una ganadería sostenible. En América Latina la ganadería es la actividad de mayor uso de la tierra, con más de un 33% en Costa Rica, en regiones con los indicadores más bajos de desarrollo humano y con serias limitaciones para su sostenibilidad. Los sistemas silvopastoriles (SSP) ofrecen la oportunidad de integrar la actividad ganadera con la actividad forestal, con el fin de contribuir a lograr la carbono neutralidad de la ganadería y a generar nuevos ingresos en las fincas. Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar un modelo de costos por árbol, para dos diseños de cultivo de madera de teca en franjas de SSP. Los tres primeros años representan el periodo de mayor inversión (56%), donde las actividades de mantenimiento acumulan la mayor cantidad de costo totales (52%). La inclusión de cerca eléctrica es rentable y representa el rubro de menor costo (7%). La producción de teca durante el ciclo completo de 16 años tiene un costo asociado por árbol de ₡3 178 (\$5,16) para el diseño 1 y ₡2 990 (\$4,82) para diseño 2.

Palabras claves: Ganadería, carbono neutro, sistemas agroforestales, economía forestal, flujo de costos.

¹Este trabajo formó parte de la tesis de maestría en Ciencias Forestales, Escuela de Ing. Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica del primer autor, financiado parcialmente por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión y el Sistema de Posgrado del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

²Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, joshuajimenez0098@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3573-1105>.

³Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, omurillo@itcr.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0003-3213-8867>.

⁴Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, ybadilla@itcr.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0002-6743-9734>.

Abstract

The livestock sector worldwide represents one of the activities with the greatest impact on the sustainability of the food sector; given its importance, different initiatives have been created to promote sustainable livestock practices. In Latin America, livestock farming is the activity with the highest land use, with more than 33% in Costa Rica, in regions with the lowest human development indicators and with serious limitations for its sustainability. Silvopastoral systems (SSP) offer the opportunity to integrate livestock and forestry activities in order to contribute to achieving carbon neutrality in livestock farming and to generate new income on farms. The objective of this research was to develop a cost-per-tree model for two designs of teak wood cultivation in SSP strips. The first three years represent the period of greatest investment (56%), where maintenance activities accumulate the greatest amount of total costs (52%). The inclusion of electric fencing is profitable and represents the lowest cost item (7%). Teak production over the full 16-year cycle has an associated cost per tree of ₡3 178 (\$5.13) for design 1 and ₡2 990 (\$4.82) for design 2.

Key words: Livestock, carbon neutral, agroforestry systems, forest economics, cost flow.

Introducción

La ganadería a nivel mundial representa una de las actividades con capacidad de proporcionar alrededor del 34% del suministro mundial de proteínas alimentarias [1]. El sector ganadero genera una influencia positiva sobre la sostenibilidad del sector alimentario regional, lo que ha incentivado la creación del Programa Mundial para una Ganadería Sostenible de la FAO [2], conocido como NAMA Ganadería [3]. En el ámbito de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el programa prioriza en cinco de los 17 ODS, dentro de los cuales se encuentra “Acción por el Clima” (ODS 13) [4]. Mismo en el que se enfatiza la mitigación de la huella de carbono; mediante el incentivo de alternativas como la agrosilvicultura y los sistemas silvopastoriles, por su efecto directo sobre los componentes de sostenibilidad para la mitigación de los efectos que contribuyen al cambio climático.

En Costa Rica el 43,4% de las fincas agropecuarias mantienen el cultivo de pasto (naturales, mejorados y de corte) [5]. En su gran mayoría, bajo el concepto de ganadería tradicional, con limitaciones para mitigar gases de efecto invernadero (GEI), provocados por esta actividad económica [6]. Debido a la falta de sumideros de carbono, como lo ofrecen los sistemas silvopastoriles (SSP).

Los sistemas silvopastoriles relacionan el componente forrajero, el elemento forestal y la actividad ganadera de forma sinérgica [7]. No obstante, puede generar un abanico de opciones como lo son árboles dispersos en potreros, cortinas rompevientos, cercas vivas y linderos [8], [9]. Sin embargo, los beneficios ambientales de los árboles al SSP, su introducción y cultivo dentro del sistema ganadero carece de información esencial para su fomento [10]. Dada la magnitud de la actividad ganadera en el país, se abre una oportunidad para la producción de madera de alto valor, asociado a la actividad ganadera. Lo anterior podría resolver buena parte de las debilidades socioeconómicas y ambientales del sector, así como del faltante de abastecimiento de madera para el país. Con el apoyo técnico de la Corporación de Fomento Ganadero (CORFOGA) y del Tecnológico de Costa Rica, junto con el apoyo financiero de Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), se puso en marcha nuevos diseños de SSP que

permiten producir madera, incorporar sombra para el ganado y mejorar la producción ganadera en general en la región [11].

El modelo de costos propuesto en esta investigación pretende aportar conocimiento sobre el efecto económico dentro de la sinergia de elementos de la actividad ganadera, con aportes ambientales y sociales. El diseño de SSP en franjas optimiza la cantidad y distribución de árboles dentro del arreglo espacial, lo que permitirá la producción de madera y captura de carbono de una manera eficiente y de bajo costo. Al mismo tiempo la actividad forestal incrementa el número de elementos activos que cumplen su papel como sumidero de carbono, incentivando una mayor tasa de mitigación de CO₂. A pesar de la relevancia del fomento de SSP, se carece de información económica sobre su funcionamiento. Experiencias recientes han realizado aportes significativos en el tema, sin embargo, basados en modelos de costos que asocian los costos del cultivo de árboles a la superficie destinada a su producción [12], [13] y [14]. Estos modelos de costos tienen como limitante la dificultad para adaptarse a otras densidades de siembra de árboles, así como con otros arreglos espaciales no convencionales, tal y como se propone en los nuevos diseños de SSP [15].

El éxito en la adopción de la ganadería alternativa dependerá en gran parte de su factibilidad económica. Este estudio tiene por tanto como objetivo, aportar un modelo de costos flexible y adaptable a cualquier diseño de siembra, basado en el costo de producción del árbol individual, para el cultivo de teca en dos alternativas de diseño de franjas de madera dentro de sistemas silvopastoriles.

Metodología

El componente forestal del modelo silvopastoril planteado consistió en plantar árboles distribuidos en hileras dentro de una franja compacta de 6 m de ancho, ubicadas en pasturas, potreros, líneas divisorias de apartos para la alimentación animal; linderos o colindancias. El modelo de costos se creó para dos diseños de franja que optimizan la distribución de los árboles, tal y como se describe en la Figura 1.

a) Diseño 1: Franjas de 6 m de ancho, con 3 hileras internas separadas a 2,5 m, con 0,5 m de cada lado de separación con la cerca. En las dos hileras de borde los árboles se plantaron a cada 3 m, mientras que en la hilera del centro, cada 4 m de distancia (Figura 1). Esta distribución de individuos permite plantar una densidad de 91 árboles por cada 100 m lineales de franja.

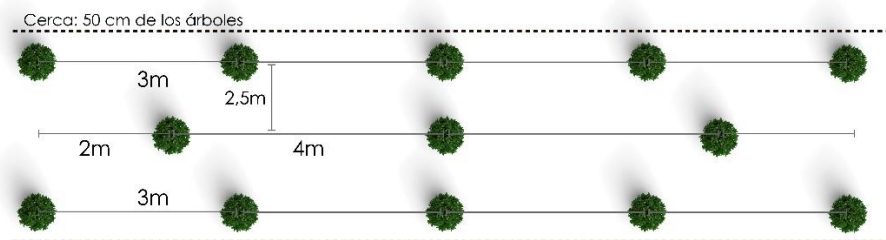


Figura 1. Diseño 1 de franjas del sistema silvopastoril (N en 100 m = 91), Costa Rica, 2023.

b) Diseño 2: Franjas de 6 m de ancho compuesta por 3 hileras internas distanciadas a 2,5 m, con 0,5 m de cada lado de distancia con la cerca. En las dos hileras de borde los árboles se plantaron a cada 4 m en parejas, separadas por 1 m entre ellos. Mientras que en la hilera del centro, cada 4 m de distancia (Figura 2). Esta distribución de individuos permite plantar 125 árboles por cada 100 m lineales de franja.

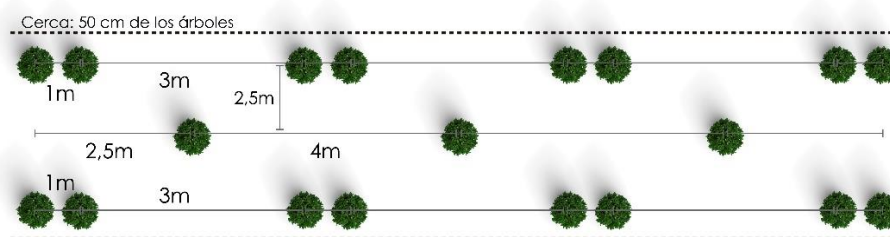


Figura 2. Diseño 2 de franjas del sistema silvopastoril (N en 100 m = 125), Costa Rica, 2023.

El modelo analizado se basó en el cultivo de teca debido al impacto económico de la especie en el país, los mercados internacionales de su madera, así como su mayor desarrollo del paquete tecnológico para su cultivo [16].

El estudio de costos fue generado para las fases de establecimiento, mantenimiento, manejo y cosecha final del componente forestal del sistema silvopastoril, en un ciclo de 16 años, con raleos a los 5 y 10 años.

Este estudio tomó como línea base para la elaboración del modelo de costos, la investigación generada por [13] sobre producción de teca y melina en sistemas silvopastoriles de la Zona Norte de Costa Rica, así como las investigaciones en modelos de costos desarrolladas por Murillo et al. [17] y Vallejos [18] para plantaciones forestales en Costa Rica.

Es importante mencionar, que un modelo de costos responde a un paquete tecnológico determinado en el tiempo y siempre estará sujeto a cambios en el mercado de los insumos, así como en la innovación constante que busca reducir costos y optimizar labores.

La información de precios, del consumo y rendimiento de insumos, equipo y herramientas se obtuvo con base en consultas al comercio nacional. Cabe recalcar que la naturaleza de algunos productos como los herbicidas, genera fluctuaciones en el precio debido a distintos formatos de presentación y a la competencia de este mercado.

Como unidad base para poder desarrollar el modelo de costos, se utilizó una franja de 6 m de ancho con una longitud suficiente para albergar 2000 árboles. Esta superficie efectiva es de 13 187 m² para diseño 1 y 9 600 m² para diseño 2.

Los valores de rendimiento de mano de obra para cada actividad se obtuvieron a partir de una base de datos de más de 13 empresas [17], [18]; así como de estudios de tiempos y rendimientos [19], [20]; y de la adaptación de un primer estudio con SSP desarrollado por [13]. Para algunas actividades nuevas como el uso de hoyadora y otras mejoras tecnológicas, se generó el rendimiento mediante la técnica de tiempos y movimientos en estudios de campo.

El árbol como unidad de referencia.

En el ámbito forestal es habitual prorratear los datos a valores por hectárea, no obstante, este valor como unidad de referencia presenta limitantes para la adaptación de los datos a un SSP con árboles en franjas o para muchas opciones de sistemas agroforestales. El número de franjas por hectárea y su longitud son diferentes para cada finca. La franja de madera dependerá de factores asociados a la actividad ganadera, como tamaño de la unidad de producción conocida como el repasto, linderos internos, linderos vecinales, etc. Por tanto, la hectárea no es la unidad de referencia objetiva de comparación para lograr establecer un modelo de costos. Por lo que el árbol como unidad de costos permite construir un modelo mucho más flexible y adaptable a cualquier distribución espacial, densidad de siembra, longitud y frecuencia de franjas, etc.

Para unificar criterios y adecuar el modelo a la actividad forestal del país, se asumieron las siguientes premisas:

- a) La longitud mínima de franja corresponde a 100 metros lineales para cualquiera de los diseños mostrados, lo que facilita y define la cantidad de árboles y superficie.
- b) El número de árboles de referencia del modelo debe oscilar entre los 1 001 y 2 000, de modo que coincida con la normativa establecida para la regencia profesional forestal del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica.

Para un número mayor de árboles, la normativa contempla una valoración diferente en concepto de regencias, asistencia técnica o cantidad de informes a emitir.

El costo de los insumos por árbol se obtuvo de forma directa, al dividir su valor entre la cantidad de árboles plantados. Mientras que el costo de actividades o insumos que se aplican por unidad de área, tales como el control de malezas, establecimiento de cercas, entre otros, su valor total se relacionó a una superficie determinada de 600 m², (100 m lineales, es decir 100m x 6m de ancho) prorrateada entre el número de árboles presentes (91 o 125, según el diseño SSP utilizado).

Cerca eléctrica

Los costos asociados a la cerca se estimaron con base en el modelo de cerca eléctrica por su menor costo y mayor versatilidad. Se asumió que en un sistema silvopastoril se requiere construir solamente una segunda cerca del lado interno del potrero, ya que siempre existirá un lindero o la división entre apartos previo al establecimiento de los árboles. En detalle, se asumió que la cerca eléctrica está conformada por dos hileras de alambre a lo largo del perímetro de la franja, establecida con poste vivo cada 20 m y refuerzos con postes esquineros de madera. Se incluyó los costos de todos los elementos eléctricos convencionales del sistema, así como el costo de instalación. Se utilizó un pulsador con capacidad para 45 kilómetros y los componentes necesarios para su instalación.

Para obtener un valor de referencia por metro lineal de cerca, se dividió el costo de los insumos y de instalación, entre la capacidad máxima en metros que el sistema puede alimentar de manera sostenible.

Se asumió que los costos del sistema de cerca eléctrica se comparten por partes iguales con el componente ganadero, ya que la cerca eléctrica desempeña la función de protección de los árboles [21] y de aislamiento de los animales.

Costos de mano de obra

El costo de la mano de obra se basó en lo establecido por la normativa nacional vigente, regulada por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social [22] para el peón agrícola (trabajador en ocupación no calificada), con datos del II semestre del 2021, con las respectivas cargas sociales como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Cargas Sociales del sistema costarricense de seguridad social correspondientes con el costo del jornal, Costa Rica, 2023.

Caja Costarricense de Seguro Social	
SEM	9,25%
IVM	5,25%
Recaudación Otras Instituciones	
Cuota Patronal Banco Popular	0,25%
Asignación familiar	5,00%
IMAS	0,50%
INA	1,50%
Ley de Protección al Trabajador (LPT)	
Aporte patrono Banco Popular	0,25%
Fondo Capitalización Laboral	1,50%
Fondo de Pensiones Complementarias	2,00%
INS	1,00%
Total	26,50%

Fuente: Caja Costarricense de Seguro Social [23].

Adicional a las cargas sociales, al peón agrícola en labores forestales se incluyó una póliza de riesgo laboral [24], con un costo de 4,61% sobre el salario reportado en planilla. Como extra al costo del jornal se contemplaron las coberturas a derechos de cesantía (8,33%), vacaciones (4,17%) y aguinaldo (8,33%).

El modelo debe incluir también el costo de regencia forestal para labores de raleos, cosecha y gestiones del Pago por Servicios Ambientales por resultados (PSA) para Programa de Plantaciones de Aprovechamiento Forestal (PPAF), así como el valor por asistencia técnica [25].

El costo por honorarios profesionales está establecido por el CIAgro en ₡26 250 por hora profesional para el año 2021 [26], junto con el número de informes y un número mínimo de 2 horas por visita para proyectos entre 1 001 y 2 000 árboles. El cálculo de horas regencia para certificado de origen, se obtuvo con base en el volumen esperado a cosechar en raleos y cosecha final, según el diámetro proyectado para las edades [27] a las que se ejecutan las labores y la utilización del software de avalúos de Murillo [28].

Los costos incurridos por el profesional forestal contemplaron montos asociados al concepto de alimentación y transporte, mismos que fueron establecidos por la Contraloría General de la República para el periodo 2021 [29].

En todos los casos el prorratio de los valores por árbol se obtuvo a partir de la relación del costo específico incurrido en cada actividad y distribuido entre la cantidad total de árboles establecidos en el año cero.

Estimación de costo por jornal en concepto de uso de equipos y herramientas

La depreciación del equipo (hoyadora, motosierra, motoguadaña; bomba de espalda, otros) utilizó el valor de mercado y la vida útil, estimada en términos de número de jornales de 8 horas [30], [31]. Esta depreciación se determinó mediante el método de línea recta sin valor de rescate o de recuperación, obtenido mediante el cociente entre el costo del equipo o herramienta y su respectiva vida útil en jornales (ecuación 1). El número de jornales incluyó labores de mantenimiento del equipo, descansos del operario y reabastecimiento de combustible o aceite.

$$D = \frac{C}{V} \quad (1)$$

Donde:

D: depreciación en jornales.

C: costo de la herramienta o equipo.

V: vida útil en jornales.

Con la base de datos de costos organizada se determinó el peso porcentual de cada año y los periodos de alta y baja inversión. Los datos fueron también agrupados y analizados porcentualmente por actividad del ciclo productivo, tal como: Preparación, Establecimiento, Mantenimiento, Manejo y Aprovechamiento (raleos y cosecha) de la plantación. La base de datos fue finalmente organizada para determinar el peso económico de los Insumos, Mano de obra, Asistencia Técnica o Regencia, Cerca Eléctrica y Equipo o Herramientas.

Resultados

El modelo de costos desarrollado se basa en una estructura para un productor ganadero, con capacidad de cultivar aproximadamente 2 000 árboles distribuidos en franjas. Cada una de las etapas examinadas en el modelo (establecimiento, mantenimiento, manejo, raleos y cosechas) consideró la ejecución de actividades con base en el mejor paquete tecnológico vigente, que busca maximizar la producción de madera al menor costo.

En el Cuadro 2 se muestra en detalle los costos de insumos y mano de obra para el establecimiento de la cerca eléctrica.

Cuadro 2. Costos de los componentes para el establecimiento de la cerca eléctrica en un sistema silvopastoril de franjas de 6m de ancho, Costa Rica, 2023. (1US\$ = ₡620)

Unidad eléctrica impulsora				
Componente	Precio (₡)	Alcance (m)	Costo (₡/árb)	
			D1	D2
Pulsador eléctrico 110 v para 45 km	₡ 76 840	45 000 m	2,09	1,52
Interruptor de corriente	₡ 4 520	45 000 m	0,12	0,09
Protector de rayos	₡ 13 560	45 000 m	0,37	0,27
Varilla de cobre	₡ 9 040	45 000 m	0,25	0,18
Subtotal			2,83	2,06
Componentes perimetrales				
Componente	Precio	Presentación	Costo (₡/árb)	
			D1	D2
Paquete - Aisladores de alambre	₡ 7 910	50 unidades	7,30	5,32
Rollo - Alambre aluminizado de alta resistencia	₡ 23 730	500 m	58,05	42,26
Paquete - Aisladores esquineros	₡ 3 995	25 unidades	3,69	2,68
Poste esquinero madera de 2 m	₡ 4 000	1 unidad	92,31	67,20
Poste vivo	₡ 500	1 unidad	23,08	16,80
Subtotal			184,42	134,26
Mano de obra				
Actividad	Costo jornal	Rendimiento	Costo (₡/árb)	
			D1	D2
Instalación cerca eléctrica ¹	₡ 50 748	1000 m	71,26	51,88
Total			258,51	188,20

¹ Instalación de cerca requiere 3 personas por jornal kilómetro⁻¹ [32].

El costo del jornal para el peón agrícola en planilla en el II semestre del 2021 correspondió a ₡12 782,98 jornal⁻¹ [22], que se obtuvo mediante el costo mensual ordinario (en planilla) de ₡319 574,46 dividido entre 25 días hábiles por mes. Mientras que el costo respectivo de las cargas sociales por aporte patronal (26,5%) correspondió a ₡3 387,49 jornal⁻¹. El costo por concepto de póliza de riesgo laboral (4,61%) correspondió a ₡589,30 jornal⁻¹ [24] , mientras que por concepto de cesantía, vacaciones y aguinaldo (20,83 %) correspondió con ₡2 662,31 jornal⁻¹, que finalmente resulta en un valor por jornal de peón agrícola de ₡19 422,07, si se realiza el cálculo a partir del salario mínimo mensual en planilla.

En el Cuadro 3 se muestra en detalle el costo de la regencia y/o la asistencia técnica. El modelo de se basa en la premisa de la necesidad del regente y/o la asistencia, en particular durante los primeros 2-3 años del cultivo de la madera. El profesional participa en la gestión de trámites para raleos o cosechas final y en lo relacionado con el otorgamiento del PSA, en exclusiva para el trámite de inscripción.

Para teca con un ciclo productivo de 16 años, se establece asistencia técnica en los primeros 3 años, y luego en los años 5, 10 y 16. Esta actividad ejercida por el profesional forestal tiene como objetivo principal la orientación del productor en temas de buenas prácticas silviculturales para óptimo desarrollo del sistema.

La proyección de volumen a obtener con los raleos se estima inferior a los 100 m³, por lo tanto, de acuerdo con la normativa del Colegio de Agrónomos, requiere una única visita del profesional. Mientras que la proyección de volumen de cosecha final ronda los 199 m³, con lo cual requiere dos visitas del profesional forestal de 3 horas cada una. No obstante, adicional a la cantidad de visitar definidas por la normativa se agregó una visita extra en cada raleo para ejecución de labores de cierre de actividades.

Cuadro 3. Costo de la asistencia técnica, regencia e informes técnicos a emitir, para el establecimiento y manejo del componente forestal en un sistema silvopastoril en franjas, Costa Rica, 2023. (1US\$ = ₡620)

Regencia y Asistencia Técnica	Costo (₡)	Años							Subtotal (₡/árb)
		0	1	2	3	5	10	16	
Asistencia Técnica (2 horas por visita + viáticos)	₡67 500	X	X	X	X	X	X		₡198,45
Inscripción anual proyecto PSA	₡4 075	X	X	X	X				₡8,56
Regencia raleo I teca (40%) (2 visitas)	₡187 500					X			₡39,38
Inscripción Certificado de Origen raleo I	₡12 910					X			₡2,71
Regencia raleo II teca (50%) (2 visitas)	₡187 500						X		₡29,55
Inscripción Certificado de Origen raleo II	₡12 910						X		₡2,03
Regencia cosecha final teca (100%) (2 visitas)	₡187 500							X	₡29,50
Inscripción Certificado de Origen cosecha final	₡12 910							X	₡2,03
Total									₡312,22

En el Cuadro 4, se muestra los precios de mercado para el primer semestre 2021, vida útil y respectivo costo asociado por jornal, para diferentes equipos y herramientas utilizadas en las labores de establecimiento, mantenimiento y manejo del componente forestal en SSP.

Cuadro 4. Costo de depreciación de equipos y herramientas para la ejecución de labores establecimiento, mantenimiento y manejo, del componente forestal en un sistema silvopastoril en franjas, Costa Rica, 2023. (1US\$ = ₡620)

Equipos y Herramientas	Precio (₡)	Vida útil (años)	Costo (₡) / Jornal ¹	Años																	Subtotal (₡/árb)	
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	D1	D2
Hoyadora (TOTEAS2X200)	₡307 464	4	₡211	X																	₡0,25	₡0,25
Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	₡66 105	3	₡60	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	₡0,84	₡0,61
Motoguadña (FS 250)	₡410 142	4	₡281		X																₡1,17	₡0,85
Motosierra (MS 180)	₡220 000	4	₡151		X				X					X						X	₡0,95	₡0,95
Motosierra de extensión (HT 103 EX5M)	₡574 588	4	₡393			X	X														₡2,46	₡2,46
Serrucho cola de zorro extensión (Truper)	₡4 180	0,5	₡23					X													₡0,26	₡0,26
Total																					₡5,93	₡5,39

¹ Costo por jornal = Precio de mercado / vida útil en jornales. (1 día de vida útil ≈ 1 jornal de 8 horas).

En el Cuadro 5 se muestra los insumos acorde a la necesidad del SSP, el precio de mercado, la dosis recomendada y el respectivo costo por árbol. El costo del herbicida fue estimado a partir del área de la franja y prorrateado por árbol.

Cuadro 5. Costo de insumos para la preparación, establecimiento, mantenimiento y manejo del componente forestal en un sistema silvopastoril en franjas, Costa Rica, 2023. (1US\$ = ₡620)

Insumos (árbol)	Unidad	Precio	Dosis Recomendada	Costo/árb	Años																Subtotal (€/árb)		
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	D1	D2
Mecate Piola (trazado)	Rollo 1kg	€2 733	n/a	€1,37	X																	€1,43	€1,43
Fertilizante (10-30-10)	Saco 45kg	€22 500	50 g / árb	€25,00	X																	€26,25	€26,25
Fertilizante (12-24-12)	Saco 45kg	€22 500	100 g / árb	€50,00		X																€52,50	€52,50
Abono Orgánico	Saco 40kg	€2 500	150 g / árb	€9,38	X																	€9,84	€9,84
Cal (carbonato de calcio)	Saco 50kg	€4 700	200 g / árb	€18,80	X																	€19,74	€19,74
Hidrokeeper	Bolsa 5kg	€14 250	0.5 l / árb	€7,13	X																	€7,48	€7,48
Árbol (+10% resiembra)	n/a	€265	n/a	€291,47																		€306,05	€306,08
Trasporte árbol ¹	n/a	n/a	n/a	€14,30																		€15,01	€15,02
Insecticida control de hormiga (Regent 20 SC)	Botella 100ml	€15 000	10 ml / bomba 20l = 800 árb (25ml/árb ³)	€1,88		X	X	X														€11,81	€11,81
Gasolina + Aceite 2T (hoyadora)	Litro	€912	277,8 hoyos / litro	€3,28	X																	€3,79	€3,79
Subtotal																						€453,92	€453,95
Insumos (jornal)	Unidad	Precio	Dosis Recomendada	Costo/jornal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	D1	D2
Gasolina + Aceite 2T (motoguadaña, motosierra)	Galón	€3 686	1 galón por jornal	€3 686		X	X	X		X					X						X	€27,08	€22,92
Aceite para cadena	Galón	€5 500	1/2 galón por jornal	€2 750		X	X	X		X					X						X	€34,60	€34,60
Subtotal																						€61,68	€57,52
Insumo (área)	Unidad	Precio	Dosis Recomendada	Costo/m²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	Sobre 10g	€950	30 g / Estación = 1 Ha	€0,29	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	€21,62	€15,74
Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	Litro	€24 000	250 ml / Estación = 1 Ha	€0,60	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	€45,53	€33,14
Subtotal																						€67,15	€48,89
Servicios	Unidad	Precio	Dosis Recomendada	Costo/árb	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Análisis químico completo del suelo	n/a	€13 780	n/a	€9,19	X																	€9,65	€9,65
Análisis de textura	n/a	€13 100	n/a	€8,73	X																	€9,17	€9,17
Subtotal																						€18,82	€18,82
Total																						€601,56	€579,17

1 valor de referencia hasta un máximo de 100 km, 2 Disolución preparada.

En el Cuadro 6 se presenta un resumen del costo anual por árbol distribuido en los rubros de asistencia técnica y regencia; cerca eléctrica, insumos, equipos y herramientas; mano de obra y servicios contratados, en función de las actividades que conforman el ciclo completo de cultivo de teca durante 16 años. El modelo de costos completo para cultivo de teca con diseño 1 se encuentra en el anexo 1 y con diseño 2 en el anexo 2.

Cuadro 6. Estructura de costos para dos alternativas de sistema silvopastoril en franja con teca, Costa Rica, 2023. (US\$ = ₡620)

Año	Actividad	Asistencia técnica y Regencia Costo/árb	Cerca eléctrica Costo/árb		Insumo Costo/árb		Equipo y Herramientas Costo/árb		Mano de obra Costo/árb		Servicio Contratado Costo/árb	Subtotal (₡/árb)	
		D1 y D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1 y D2	D1	D2
0	Preparación	₡38	₡259	₡188	₡25	₡23	₡0,08	₡0,06	₡25	₡18		₡346	₡267
	Establecimiento				₡390	₡390	₡0,25	₡0,25	₡187	₡187		₡577	₡577
1	Mantenimiento	₡38			₡90	₡82	₡1,47	₡1,11	₡229	₡194		₡358	₡314
2	Mantenimiento	₡38			₡22	₡19	₡0,83	₡0,78	₡175	₡162		₡236	₡219
3	Mantenimiento	₡38			₡25	₡23	₡1,86	₡1,84	₡226	₡219		₡290	₡282
4	Mantenimiento				₡6	₡4	₡0,34	₡0,32	₡394	₡387		₡400	₡392
5	Mantenimiento	₡35			₡2	₡1	₡0,03	₡0,02	₡96	₡94		₡134	₡131
	Raleo	₡42			₡2	₡2	₡0,09	₡0,09	₡79	₡79		₡124	₡124
6	Mantenimiento				₡2	₡1	₡0,03	₡0,02	₡93	₡91		₡95	₡92
7	Mantenimiento				₡2	₡1	₡0,03	₡0,02	₡52	₡50		₡54	₡51
8 - 9	Mantenimiento				₡4	₡3	₡0,05	₡0,04	₡16	₡12		₡20	₡15
10	Mantenimiento	₡21			₡2	₡1	₡0,03	₡0,02	₡8	₡6		₡31	₡29
	Raleo	₡32			₡9	₡9	₡0,36	₡0,36	₡68	₡68	₡126	₡234	₡234
11 - 16	Mantenimiento				₡12	₡9	₡0,15	₡0,11	₡49	₡36		₡61	₡44
16	Cosecha final	₡32			₡9	₡9	₡0,36	₡0,36	₡51	₡51	₡126	₡217	₡218
Total		₡312	₡259	₡188	₡602	₡579	₡5,93	₡5,39	₡1 748	₡1 652	₡252	₡3 178	₡2 990
%		9,8% y 10,4%	8,1%	6,3%	18,9%	19,4%	0,2%	0,2%	55,0%	55,3%	8,4%	100%	100%

(D1: Diseño SSP 1, D2: Diseño SSP 2)

El costo global por árbol oscila entre US \$4,82 a \$5,16 (diseño 2 y diseño 1 respectivamente), donde más del 55% se debe al costo de la mano de obra. Entre el año 0 y año 1, se registra un costo de ₡1 281 para diseño 1 y ₡1 158 para el diseño

2, para ambos casos implica valores cercanos al 40% del costo total. Si se agrega los costos del año 2, se obtiene casi el 46% de los costos globales del sistema, siendo estos los años de mayor demanda de atención a las necesidades silviculturales.

Puede observarse una leve diferencia en costos entre el diseño 1 (N = 91 árboles en 100m) y el diseño 2 (N = 125 árboles en 100m de franja), explicado por el efecto de la diferencia en la densidad de árboles por unidad de área en cada diseño.

En la Figura 3 se presenta la distribución de costos por año, por actividad y por rubro; para las dos alternativas de sistema silvopastoril en franjas (D1 y D2).

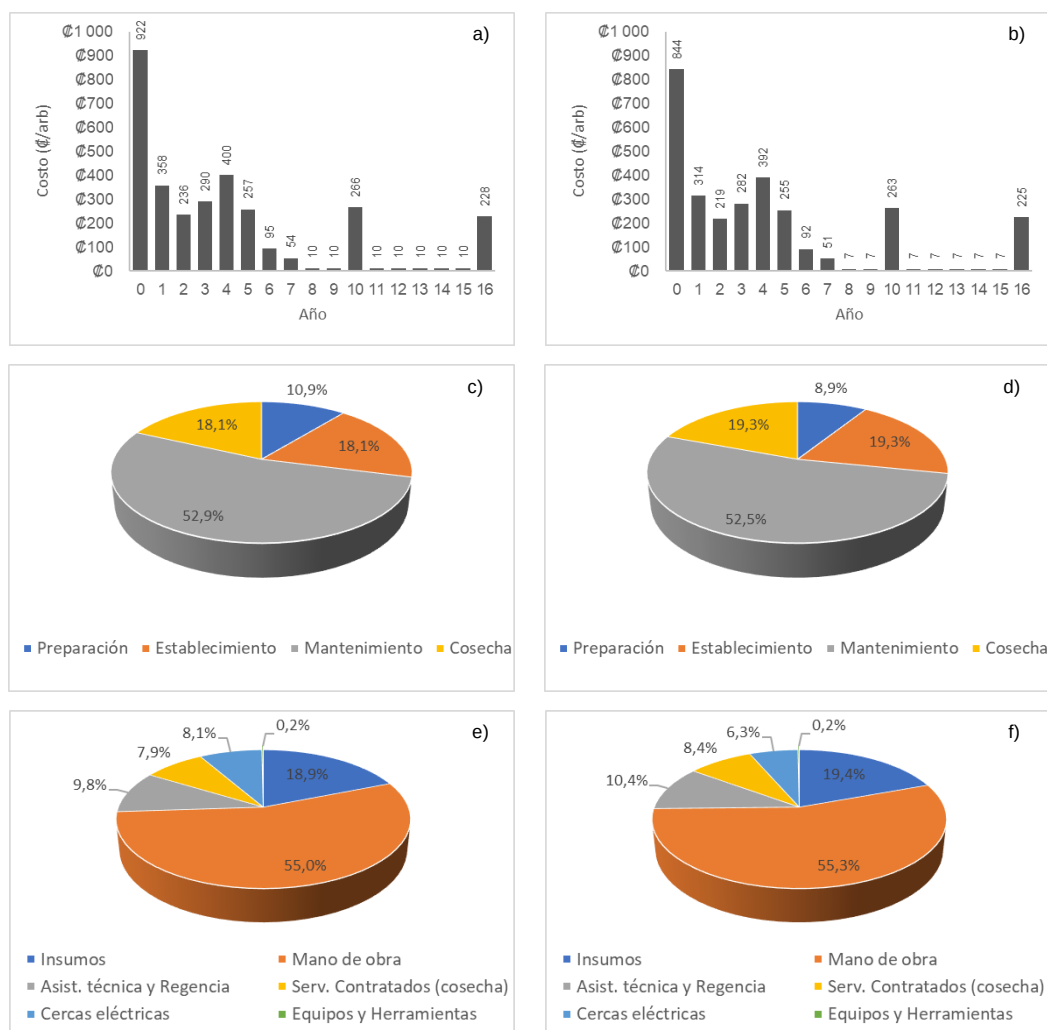


Figura 3. Distribución del costo anual (a y b) y total en función de la actividad (c y d) y del rubro (e y f), para labores de establecimiento, manejo y cosecha del componente

forestal en Sistema Silvopastoril en franjas de teca (diseño 1 izquierda y diseño 2 derecha), Costa Rica, 2023.

Para ambos diseños la distribución del costo anual (Figura 3a y 3b), muestra al año 0 como el de mayor inversión, con valores cercanos al 29% del valor total para ambos diseños, seguido de los años 1, 2, 3, 4, 5, 10 y 16. El alto costo del año 0 se explica por las labores de preparación de franjas, establecimiento de la cerca eléctrica y plantado de árboles. Los años 1 al 4 son relativamente caros producto del mantenimiento inicial, alto control de gramínea y labores silviculturales. Los años 5, 10 y 16 coinciden con las actividades de raleos y cosecha final del paquete tecnológico. Lo que explica su relativo poco peso en el costo total del modelo, con 8,1%, 8,4% y 7,2% para el diseño 1 y con 8,5%, 8,8% y 7,5% para el diseño 2 respectivamente.

La distribución de costos por actividad para ambos diseños (Figura 3b y Figura 3c) muestra que las actividades de mantenimiento contabilizan aproximadamente el 52% del costo total por árbol, seguido de las actividades de establecimiento y cosechas.

La distribución del costo total según rubro (Figura 3e y Figura 3f) mostró una tendencia muy similar para ambos diseños de franja, donde la mano de obra fue el mayor con más del 55%, seguido por los costos de insumos con alrededor del 19%.

La cerca eléctrica resultó ser el rubro de menor valor, con tan solo un 6,3 a un 8,1% del costo global.

Es importante mencionar que el costo combinado de la asistencia técnica y regencia representa aproximadamente un 10% del total.

Discusión

En el ámbito de plantaciones, la gran mayoría de datos tienden a ser expresados en valores por hectárea [25], no obstante, en Sistemas Agroforestales y Silvopastoriles el concepto de arreglo espacial tiende distorsionar la presentación de la información debido a la gran diversificación en función a los elementos que lo conforman [8]. En SSP se puede identificar algunas variables que modifican la distribución de franjas en la finca, en este caso el tipo de ganadería, la edad de los animales, el tamaño del hato ganadero, tiempos de rotación, tasa de crecimiento del animal, condiciones de sitio, entre otras. Las alternativas de diseño de SSP generadas por Ospino et al. [13] proponen valores de costo por hectárea, sin embargo, se restringe a un único diseño que limita la adaptación a otras opciones de franjas, como las mostradas en esta investigación. Debido a esto, la propuesta de utilizar el árbol como unidad de referencia simplifica la extrapolación de los datos en función del arreglo espacial y la densidad de franjas por finca.

La propuesta de diseño 2 comparada con el diseño 1 optimiza en un 37,4% el uso del espacio y permite aumentar la cantidad de árboles por unidad de área. Explicado por las hileras de borde donde se plantan los árboles en pareja o dúplex. Como resultado, los costos por árbol con el diseño 2 se ven disminuidos por asociación indirecta a la densidad de árboles por unidad de área. No obstante, ambas propuestas de diseño mejoran sustancialmente la versión descrita por Ospino et al. [13] donde se establecían 75 árboles para la misma superficie de franja. Es decir, los diseños 1 y 2 permiten plantar un 21% y 67% más de árboles respectivamente para la misma referencia de área (600 m²).

Al comparar las propuestas del diseño SSP en franjas con los sistemas de producción convencional en bloques compactos, se observa que el SSP duplica la capacidad de producción de madera y carbono para la misma superficie de terreno; Por ejemplo, se permite plantar 2 083 árboles en un equivalente de 10 000 m² para la propuesta de diseño 2. Comparado con una plantación convencional establecida a 3m X 4m con N

= 833 árboles. Estos valores significan un aumento de casi 1250 árboles adicionales (150%).

Los costos de establecimiento de cercas eléctricas para las dos alternativas de diseño (Cuadro 2 y Figura 3), son comparables con los costos de cerca planteados para el modelo de alta inversión propuesto por Ospino et al. [13]. Si se comparan los valores obtenidos por Ospino et al. [13] el costo por concepto de cerca eléctrica en colones por árbol es alrededor de \$2,46, mientras que para esta investigación los valores por árbol para cada diseño fueron de \$0,42 y \$0,30 (entre 17 y 12 veces menos). La principal causa de la disminución de los costos se debe a la propuesta de una distribución equitativa de costos 50/50, entre la actividad ganadera y la forestal. No obstante, otro factor de disminución se debió a una mejor concepción y simplificación del diseño de cerca eléctrica en este estudio, que contribuyó a reducir significativamente la cantidad de insumos. Como ejemplo, en este estudio se determinó que con el establecimiento de un SSP, es necesario instalar solamente una cerca adicional para lograr el aislamiento de los árboles. En otras investigaciones se propone alternativas de cerca como la utilización de alambre de púa, cerca viva, en madera y barreras de espinas [9]. No obstante, se determinó que el tipo de cerca responde al grado de necesidad de protección, por lo tanto, la cerca eléctrica es la alternativa más simple de instalar, con el menor costo, para lograr evitar el ingreso del ganado dentro de la franja con árboles. Así también, existen opciones de movilización de la cerca eléctrica junto con la rotación de los animales, lo que disminuye los costos. Al momento de querer realizar un raleo, eliminación de árboles enfermos o en la cosecha de árboles dentro la franja, la cerca eléctrica es mucho más fácil de desinstalar temporalmente.

En cuanto a costos de asistencia técnica, regencia e informes (Cuadro 3) se determinó el mismo costo para ambas propuestas de diseño, debido a las categorías de clasificación (número de árboles o volumen a cosechar) establecidos por el CIAgro [26]. Como parte del paquete tecnológico se retomó la importancia del profesional forestal como auditor en las buenas prácticas para el desarrollo de la actividad forestal.

De esta forma, el programa de asistencia técnicas contempla visitas adicionales en las etapas críticas o más sensibles del desarrollo de esta modalidad de cultivo de árboles. En comparación con Ospino et al. [13], esta investigación propone 2,6 veces más costos, justificado por las visitas adicionales, concepto de viáticos y respectivos valores de inscripción de los informes técnicos.

La utilización de equipos y herramientas (Cuadro 4) posee un patrón de uso regular y continuo a lo largo del ciclo de producción. Con excepción de la hoyadora (únicamente durante el establecimiento), la utilización de otros equipos son similares a lo propuesto en el modelo SSP de Ospino et al. [13], o para el modelo de plantación convencional como lo reporta recientemente [18]. A pesar de esto, en esta investigación se optimizó la cantidad de jornales para la utilización de equipo y se evidencia una diferencia en términos de costos con las otras investigaciones. En este estudio se incorpora una mejora tecnológica con el uso del hoyado mecánico que representa un nuevo costo para el modelo, pero que también sustituye algunas actividades de mecanización del suelo y labores de hoyado manual tradicional, por su mayor efectividad y rendimiento [33].

Los insumos descritos en las actividades de este modelo de cultivo de teca en SSP (Cuadro 5), se pueden considerar de uso convencional a lo utilizado en plantaciones forestales [13], [18]. Sin embargo, pueden presentarse discrepancias en cuanto al costo por insumos con otros modelos, debido a la volatilidad en los precios en los insumos agropecuarios durante los dos últimos años, debido a la pandemia, la inflación, la escasez de productos con el conflicto internacional de transporte de las navieras [34], así como a la presencia de productos sustitutos y cambios en la dosis.

Los resultados del modelo de costos (Cuadro 6) muestra que el costo total de producción de teca en franjas de SSP, incluyendo el costo de la cerca eléctrica son de ₡3 179 árb⁻¹ para el diseño 1 y de ₡2 990 árb⁻¹ para el diseño 2, con una diferencia de un 6%. Esta diferencia entre el costo de producción entre los diseños de franja se explica por el efecto del prorratio con la mayor cantidad de árboles por unidad de área en el diseño 2. Esto es particularmente evidente en actividades como el control de

malezas, donde hay una mayor cantidad de árboles en la misma superficie en el segundo diseño.

Una hectárea convencional reforestada en bloque equivale en superficie a 1 667 metros lineales de franja (6m de ancho X 1 667m de largo $\approx 10\,000\text{ m}^2$). Sin embargo, con los diseños 1 y 2 de SSP, en esta misma superficie de franja es posible plantar 1 517 y 2 083 árboles respectivamente. Si se relaciona esta cantidad de árboles con el costo por árbol respectivo a cada diseño, se obtiene que el costo de una hectárea equivalente en franjas de SSP corresponde a ₡4 821 642 y ₡6 229 430 respectivamente. El costo de producción de teca en plantación forestal en bloque compacto convencional, con un distanciamiento de 3m X 4m (833 árb/ha), es de aproximadamente \$6 705,24 (₡4 157 267) [35]. Este costo global equivale a un costo por árbol de ₡4 991 árb⁻¹. Mientras que el costo por árbol cultivado en un SSP con los diseños 1 y 2, es de un 36,3% y un 40% menor respectivamente.

Además del menor costo de producción de madera en estos diseños de SSP en franjas, se espera una mayor tasa de crecimiento de los árboles debido al efecto de borde [36].

Al igual que otras investigaciones sobre modelos de costos para las actividades forestales (Figura 3), se destaca que las actividades de mantenimiento acaparan la mayor proporción del costo global. Esto se debe a que durante los dos primeros años se requiere de una inversión alta en el control de malezas, principalmente control de gramíneas producto de la cercanía con el repasto. En las Figuras 3a y 3b se identifica los años pico en términos de mayor inversión, que coinciden con las actividades de establecimiento y cosecha. Es probable que el diseño 2 por su mayor densidad de siembra, logre un control inicial de malezas más temprano, lo cual se vea reflejado en una disminución en los costos de producción.

Conclusiones

Los costos por árbol para la producción de teca durante 16 años, en las dos alternativas de sistema silvopastoril, son de ₡3 178 (\$5,16) para el diseño 1 y ₡2 990 (\$4,82) para diseño 2.

Para ambos diseños los tres primeros años acumulan entre un 46 y un 48% del costo global de producción.

Las actividades de mantenimiento son las que contabilizan el mayor costo de producción con poco más del 52% del costo global.

La mano de obra es el rubro que representa el mayor costo del modelo con más del 55%, seguido de un 19% de costos de los insumos.

La cerca eléctrica es el rubro de menor costo con un 6,3% a un 8,1% del costo total.

El costo combinado de la asistencia técnica y regencia representan alrededor de un 10% del costo global.

Para una misma superficie equivalente a 10 000 m² de una ha en plantación forestal convencional, los diseños SSP en franjas pueden plantar entre 1 500 y 2 080 árboles (180 y 250%).

Ambos diseños SSP son 36,3% y 40,1% más económicos que plantar y producir teca en una plantación convencional en bloque.

Referencias

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, “Producción animal - El papel de la FAO en la producción animal,” FAO, 2022. <https://www.fao.org/animal-production/es>.
- [2] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, “Programa mundial para una ganadería sostenible. Reporte del 24° período de sesiones del Comité de agricultura.” 2014.
- [3] MAG, CORFOGA, INTA, CNPL, and PNUD, *Manual Operativo del piloto Nacional del NAMA Ganadería. Segunda edición*. San José, Costa Rica, 2017.
- [4] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, “Síntesis – Ganadería y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Programa Mundial de Ganadería Sostenible,” p. 13, 2016, [Online]. Available: http://www.livestockdialogue.org/fileadmin/templates/res_livestock/docs/2016/Panamá/FAO-AGAL_synthesis_Panamá_Livestock_and_SDGs_SP.pdf.
- [5] Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], “Resumen ejecutivo: Resultados Generales IV Censo Nacional Agropecuario,” 2014. doi: 10.18356/f4ca5e90-es.
- [6] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, “Resultados: Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM),” FAO, 2010. <https://www.fao.org/gleam/results/es/#top>.
- [7] O. Murillo, W. Paniagua, Y. Badilla, A. Rojas, J. Arce, and E. Corea, “Modelo silvopastoril orientado a la reducción de la huella de carbono y al aumento de la productividad económica.” 2013.
- [8] G. Bueno, “Sistemas silvopastoriles, arreglos y usos,” *Rev. Sist. Prod. Agroecol.*, vol. 3, no. 2, pp. 56–83, Dec. 2012, doi: 10.22579/22484817.604.
- [9] I. Toruño, M. Mena, and F. Guharay, *Establecimiento y manejo de Sistemas Silvopastoriles*. Catholic Relief Services, 2015.

- [10] E. Murgueitio and M. Ibrahim, "Ganadería y medio ambiente en América Latina," in *XII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal 2004*, 2004, p. 6.
- [11] O. Murillo, M. Leitón, M. Ospino, Y. Badilla, W. Paniagua, and A. Valverde, "Hacia un nuevo sistema silvopastoril," *Rev. Germinar*, vol. 17, no. 5, pp. 16–17, 2015.
- [12] C. Villanueva, I. Muhammad, and G. Haensel, *Produccion y rentabilidad de sistemas silvopastoriles - Estudios de caso en América Central*. Turrialba, San José: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 2010.
- [13] M. Ospino, Y. Badilla, W. Paniagua, C. Campos, and O. Murillo, "Costos de producción de teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*) en sistemas silvopastoriles de la zona norte de Costa Rica," *Agron. Costarric.*, vol. 44, no. 2, pp. 155–173, 2020, doi: 10.15517/rac.v44i2.43109.
- [14] M. Ospino, O. Murillo, and M. Alfaro, "Análisis financiero y de escenarios de financiamiento del componente forestal en sistemas silvopastoriles," *Rev. For. Mesoam. Kurú*, vol. 19, no. 45, pp. 28–37, 2022, doi: 10.18845/RFMK.V19I45.6323.
- [15] W. Paniagua *et al.*, *Sistemas silvopastoriles con árboles maderables de alto valor económico*, Manual. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2018.
- [16] O. Murillo and Y. Badilla, "Informe Final de Consultoría: Definición de una metodología de muestreo de contratos del programa de pago de servicios ambientales para la medición de la biomasa, para el desarrollo de proyectos de comercialización de créditos de carbono," San José, Costa Rica, 2015.
- [17] O. Murillo, Y. Badilla, F. Rojas, G. Torres, D. Carvajal, and R. Canessa, "Cultivo de especies maderables nativas de alto valor para pequeños y medianos productores," Cartago, Costa Rica, 2015.
- [18] J. Vallejos, "Cultivo de madera de pilón (*Hyeronima alchorneoides* Allemão) en Costa Rica," Tesis, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica,

2019.

- [19] M. Guevara and O. Murillo, "Costos y rendimientos de ocho tipos de poda en plantaciones jóvenes de *Acacia mangium* Willd en la zona norte de Costa Rica," *Rev. For. Mesoam. Kurú*, vol. 6, no. 17, p. pág. 51-57, 2009.
- [20] M. Guevara and O. Murillo, "Productividad, costos y calidad de ejecución del primer raleo en plantaciones de *Acacia mangium* Willd en la zona norte de Costa Rica," *Rev. For. Mesoam. Kuru*, vol. 18, no. 42, pp. 55–61, 2020, doi: 10.18845/rfmk.v16i42.5539.
- [21] E. Méndez, J. Beer, J. Faustino, and A. Otárola, *Plantación de árboles en línea*, 2a ed. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2000.
- [22] Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, "Lista de salarios 2021," 2021. [Online]. Available: <https://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/lista-salarios.html>.
- [23] Caja Costarricense de Seguro Social, "Calculadora Patronal," 2021. <https://www.ccss.sa.cr/calculadora>.
- [24] Instituto Nacional de Seguros, "Seguros Costa Rica," 2021. <https://www.grupoins.com/> (accessed Apr. 18, 2021).
- [25] M. González and C. Reiche, *Costos de establecimiento y manejo de plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1996.
- [26] Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, "Montos de inscripción y honorarios ajustados a hora profesional vigente a partir de 08/02/2021," 2021. <http://www.ing-agronomos.or.cr/index.php/component/content/category/69-registros.html>.
- [27] J. L. Fallas, "Funciones alométricas, de volumen y de crecimiento para clones de Teca (*Tectona grandis* L.f) en Costa Rica," Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2018.

- [28] O. Murillo, "Programa para la estimación del volumen comercial y valor de la plantación forestal." Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ing. Forestal, Cartago, Costa Rica, 2022.
- [29] Contraloría General de la República - Costa Rica, "Zonaje, kilometraje y viáticos," 2021. <https://www.cgr.go.cr/02-consultas/consulta-zon-kilo-via.html>.
- [30] G. Trejos, "Temas técnicos para operarios de maquinarias forestal - STIHL." Costa Rica, 2021.
- [31] Vedova y Obando, "Temas técnicos para operación de maquinarias forestales." Costa Rica, 2021.
- [32] D. Gonzáles, "Consulta de temas técnicos asociados costo, instalación y componentes de cercas eléctricas para ganadería." 2021.
- [33] J. Rivera, "Estudio de factibilidad técnico y económico del hoyado mecanizado y manual en suelos forestales del departamento del Valle del Cauca," Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2017.
- [34] G. M. Barroso *et al.*, "Expansion of Planted Forests: The Risk of Pesticides Mixtures," *Forests*, vol. 13, no. 1, p. 50, Jan. 2022, doi: 10.3390/f13010050.
- [35] J. P. Gamboa and O. Murillo, "Informe Final: Auditoría Valoración del Activo Biológico de MLR Forestal de Nicaragua S.A.," 2022.
- [36] L. Rodríguez, R. Lozada, A. Mora, and L. Lugo, "Efecto de borde en sistemas de enriquecimiento en fajas, Reserva Forestal Imataca, Venezuela," *Rev. For. Venez.*, vol. 55, no. 1, pp. 61–73, 2011.

CAPÍTULO 2

Análisis financiero para el cultivo de teca (*Tectona grandis* Linn f.) en sistema silvopastoril, Costa Rica.

Joshua Jiménez-Jiménez¹⁻², Cynthia Salas Garita³, Olgan Murillo-Gamboa⁴, Yorleny Badilla-Valverde⁵

Resumen

El sector ganadero en Costa Rica se conforma mayoritariamente por pequeños y medianos productores, los cuales presentan desafíos económicos y ambientales, que convergen en una demanda de soluciones y alternativas. Se requiere adoptar estrategias para reconvertir la actividad en una ganadería baja en carbono. La estrategia de los sistemas silvopastoriles (SSP) pretende generar una sinergia entre el sector ganadero y forestal para maximizar su sostenibilidad. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la rentabilidad financiera del cultivo de madera de teca en un diseño de franjas en SSP. Como parte del estudio se investigó varios escenarios, basado en financiamiento, venta de madera y adopción de PSA. La rentabilidad fue evaluada mediante los indicadores financieros VAN, TIRM y R(B/C). Así también, fue incluido un análisis de sensibilidad para cada escenario. Los resultados indican que el cultivo de madera de teca en franjas de SSP es altamente rentable. Para todos los escenarios evaluados los indicadores son positivos y superiores al valor de referencia. El PSA es un plus económico y mejora los indicadores financieros, mientras que los costos y beneficios son sensibles a los cambios. El mejor escenario se obtuvo con capital propio, con venta de madera en mercado mixto y PSA, que genera un VAN de \$22 031, una R(B/C) de 3,81 y una TIRM de 18,5%. El escenario menos atractivo se obtuvo con crédito del FONAFIFO

¹Este trabajo formó parte de la tesis de maestría en Ciencias Forestales, Escuela de Ing. Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica del primer autor, financiado parcialmente por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión y el Sistema de Posgrado del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

²Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, joshuajimenez0098@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3573-1105>.

³Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, cysalas@tec.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0003-3098-1287>.

⁴Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, omurillo@itcr.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0003-3213-8867>.

⁵Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, ybadilla@itcr.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0002-6743-9734>.

y venta de la madera en mercado nacional, que generó un VAN de \$6 632, una R(B/C) de 1,51 y una TIRM de 11,8%.

Palabras Clave: Economía, análisis de rentabilidad, PSA, agroforestería.

Abstract

The livestock sector in Costa Rica is mostly made up of small and medium-sized producers, which present economic and environmental challenges that converge in a demand for solutions and alternatives. It is necessary to adopt strategies to convert the activity into a low carbon livestock farming. The strategy of silvopastoral systems (SSP) aims to generate a synergy between the livestock and forestry sectors to maximize their sustainability. This research aimed to evaluate the financial profitability of teak wood cultivation in a strip design in SSP. As part of the study, several scenarios were investigated, based on financing, timber sales and PSA adoption. Profitability was evaluated using the financial indicators NPV, MIRR and R(B/C). A sensitivity analysis was also included for each scenario. The results indicate that the cultivation of teak wood in SSP strips is highly profitable. For all the scenarios evaluated, the indicators are positive and higher than the reference value. PES is an economic plus and improves financial indicators, while costs and benefits are sensitive to changes. The best scenario was obtained with equity, international timber sales and PES, which generates an NPV of \$22,031, an R(B/C) of 3.81 and an IRRM of 18.5%. The least attractive scenario was obtained with credit from FONAFIFO and timber sales in the domestic market, which generated an NPV of \$6,632, an R(B/C) of 1.51 and an IRRM of 11.8%.

Key words: Economics, profitability analysis, PSA, agroforestry.

Introducción

En Costa Rica aproximadamente el 37% de la superficie del país es destinada a la actividad ganadera [1]; en el VI Censo Nacional Agropecuario del año 2014 se identificó que este sector lo conforma un aproximado de 37 171 fincas, que en su mayoría pertenecen a pequeños (<20 ha) y mediano productores (<50 ha) [2]. La pandemia generó repercusiones económicas en la actividad, sin embargo, el sector pecuario fue capaz de contribuir aproximadamente con un 1% del PIB [3]. El sector agropecuario fue el segundo generador de empleo con un aporte del 12,8% de la población empleada del país [4]. Sin duda alguna, es uno de los sectores de mayor importancia para el desarrollo rural del país.

Sin embargo, la ganadería es una de las actividades que genera mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), producto de la fermentación entérica [5], que representan el 18,5% de las emisiones netas a nivel nacional [6]. Es por esto que iniciativas como NAMA ganadería buscan desarrollar estrategias para alcanzar una actividad baja en carbono [5]. Por lo tanto, la promoción de prácticas silvopastoriles posiciona al componente forestal como elemento clave para la generación de sumideros de carbono en esta actividad.

La base conceptual de los Sistemas Silvopastoriles (SSP) se encuentra apoyada sobre la asociación de la actividad ganadera con la actividad forestal. No obstante, la posibilidad de arreglos espaciales pueden ser múltiples como la cerca viva, el banco forrajero, árboles dispersos en potrero, pastura dentro de plantaciones forestales, lindero de finca o cortina rompevientos [7], [8]. Sin embargo, la mayor parte de estas alternativas a pesar de presentar una contribución a nivel ecosistémico, no contribuyen con un impacto significativo a la economía del productor. Si se analiza un sistema silvopastoril como la convergencia de dos actividades económicas, casi ninguna de las opciones tradicionales involucra verdaderamente al componente forestal, tal y como fue propuesto por Murillo [9]. Este consiste en un diseño que permite la inclusión de árboles en franjas de especies forestales de alto valor, intercaladas dentro de la unidad de producción pecuaria. Cuyo propósito es desarrollar un sistema que logre armonizar

el negocio pecuario con el del cultivo de madera de alto valor y a su vez, aumentar la compensación de las emisiones de gases efecto invernadero.

La introducción de un componente forestal en la finca ganadera, con fines productivos y de reducción de la huella de carbono, es la clave para potenciar el beneficio económico y ambiental del SSP [9]. No obstante, existen barreras que impiden la adopción de SSP bajo estos términos, como las limitaciones de financiamiento, falta de conocimiento o de información técnica en temas silviculturales, entre otros [8], [10], [11]. Existe al respecto poca experiencia con información relacionada con aspectos económicos en SSP donde se integre la producción de madera con la ganadería [12], [13].

Por lo tanto, esta investigación realizó un estudio financiero para el cultivo de madera de teca en una alternativa de diseño de sistema silvopastoril con árboles dispuestos en franjas [14]. Como objetivo se evaluó la rentabilidad financiera de varios escenarios, que contemplaron alternativas de capital de inversión, mercado para venta de madera y adopción de incentivos por PSA-SAF (PPAF).

Metodología

Para la creación del análisis financiero se utilizó como base el modelo de costos desarrollado para árboles individuales [14], en franjas de sistemas silvopastoriles (SSP). Este modelo incorpora los árboles maderables en arreglos espaciales asociados con la división de apartos de pastoreo, para cercas, colindancias o linderos. El modelo de costos por árbol utilizado [14], es robusto, actualizado, contempla todos los rubros usuales del cultivo moderno de madera (insumos, jornales, herramientas, asistencia técnica, entre otros) y permite una mayor flexibilidad de adopción para cualquier densidad de plantación o arreglo espacial deseado.

El diseño espacial en desarrollo en varias regiones del país consiste en una franja de 6 metros de ancho con 3 hileras internas de árboles distribuidos en tresbolillo, separadas a 2,5 m con 0,5 m de cada lado de distancia con la cerca. En las dos hileras de borde los árboles se plantan a cada 4 m en parejas, separadas por 1 m entre ellos. Mientras que en la hilera del centro, el árbol se planta a cada 4 m (Figura 4).

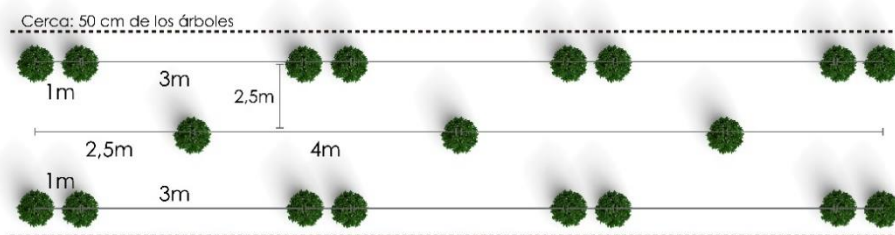


Figura 4. Diseño de árboles en franjas en el sistema silvopastoril (N en 100m = 125), Costa Rica, 2023.

Esta distribución de individuos permite plantar 125 árboles por cada 100 m lineales de franja. Para relacionar los datos con una superficie plantada en bloque compacto de una hectárea ($10\,000\text{ m}^2$), esto equivale con aproximadamente 1667m lineales de franja ($6\text{ m} \times 1667\text{ m} \approx 10\,000\text{ m}^2$). Sin embargo, el número de árboles que caben en franja en estos 1667 m lineales es mucho mayor por la eficiencia en el uso del espacio: $125\text{ árboles} \times 16,67 = 2083\text{ árboles}$. Debe observarse con esto que la franja permite producir mucho más madera, biomasa y dióxido de carbono en espacios reducidos.

Basado en el modelo de costos de SSP [14] (Cuadro 7) se estableció una proyección de ingresos esperados de volumen proyectado para 2083 árboles. Para el análisis de la producción esperada se utilizó el software para avalúos de plantaciones forestales [15], donde la estimación de volumen comercial se basó en el modelo alométrico para teca ajustado por Fallas [16]. La estimación de la madera a obtener en cada raleo y cosecha se basó en los parámetros mostrados en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Parámetros y estimación del rendimiento para raleos y cosecha final de árboles de teca (*Tectona grandis* L.f) en una hectárea equivalente de sistemas silvopastoril con N = 2083 árboles, producto del diseño en franjas [14], Costa Rica, 2023.

Parámetro	I Raleo (40%)	II Raleo (30%)	Cosecha (30%)	
Edad	5	10	16	
N° remanente	1250	625	0	
N° a extraer	625	500	500	
Dap promedio	14,96	24,60	34,50	
Dap promedio raleo	11,22	19,67	34,50	
N° trozas por árbol	2	3	5	
Calidad promedio de troza por árbol	1+2	1+2+2	1+1+2+2	
Categoría	Volumen m ³			Total
Tarima (10 – 15 cm)	15,21	44,45	40,83	100,49
Aserrío delgado (15 – 25 cm)	N/A	38,98	33,84	72,82
Aserrío grueso (> 25cm)	N/A	N/A	165,50	165,50
Total	15,21	83,98	240,17	338,80

La mortalidad del sistema se define como el producto entre N° remanente menos N° a extraer.

El ciclo de producción de madera fue fijado para un plazo de 16 años, bajo la premisa de una tasa de crecimiento ligeramente mayor por el efecto de borde de los árboles en el diseño SSP.

El precio nacional promedio de venta de madera en troza para la comercialización de madera en mercado nacional fue tomado del reporte anual de la Oficina Nacional Forestal (ONF) para el primer semestre 2021, según su categoría diamétrica [13]. Mientras que el precio de venta internacional fue tomado de cotizaciones de compra de madera que ofrecen en el país, empresas asiáticas comercializadoras de teca [17].

El mercado internacional de madera de teca particularmente se caracteriza por su susceptibilidad a diferenciación en precios en función de la categoría diamétrica y largo de troza. Por tanto, se reclasificó los ingresos esperados según tres tipos de producto (tarima, aserrío delgado y aserrío grueso).

Para este estudio se trabajaron dos escenarios de venta de madera: mercado nacional y mercado mixto; este mismo se encuentra conformado por la venta del volumen para

tarina en mercado nacional más la venta de volumen de aserrío delgado y aserrío grueso en mercado internacional

En función de la estimación del volumen ajustado se creó un cuadro de flujo de ingresos con valores de venta en mercado nacional (Cuadro 8) y mercado de madera mixto (Cuadro 9). Toda venta en mercado nacional posee deducciones obligatorias por impuesto al valor agregado (IVA⁴).

Cuadro 8 Ingreso esperado por venta de madera de teca (*Tectona grandis* L.f) en mercado nacional para una hectárea equivalente en sistemas silvopastoril en franjas con N = 2083 árboles [14], Costa Rica, 2023.

Categoría	I Raleo (40%)	II Raleo (30%)	Cosecha (30%)	Total
Tarima (10 – 15 cm)	\$919	\$2 686	\$2 467	\$6 072
Aserrío delgado (15 – 25 cm)	N/A	\$4 670	\$4 055	\$8 724
Aserrío grueso (> 25cm)	N/A	N/A	\$30 003	\$30 003
Total	\$919	\$7 356	\$36 525	\$44 800

Para el análisis financiero, la proyección de ingresos esperados a valor futuro fue estandarizada mediante la dolarización, a una tasa de cambio promedio de ₡620, representativo para el segundo cuatrimestre del 2021 [18].

Cuadro 9. Ingreso esperado por venta de madera de teca (*Tectona grandis* L.f) en mercado mixto para una hectárea equivalente en sistemas silvopastoril en franjas con N = 2083 árboles [14], Costa Rica, 2023.

Categoría	I Raleo (40%)	II Raleo (30%)	Cosecha (30%)	Total
Tarima (10 – 15 cm)	\$722	\$1 620	\$1 575	\$3 917
Aserrío delgado (15 – 25 cm)	N/A	\$9 744	\$8 461	\$18 205
Aserrío grueso (> 25cm)	N/A	N/A	\$53 381	\$53 381
Total	\$722	\$11 365	\$63 417	\$75 504

⁴ De acuerdo con el párrafo tercero del artículo 42 de la Ley Forestal N° 7575 del 13 de febrero de 1996.

A partir de esta información se crearon flujos de caja para cada escenario, donde se muestra la diferencia entre costos e ingresos para obtener un ingreso neto por año y del total del ciclo de producción [19].

Para la evaluación de rentabilidad se calculó el valor actual neto (VAN), tasa Interna de retorno modificada (TIRM o TUR), y la relación beneficio costo (B/C).

Se utilizó la TIRM como sustituto de la TIR convencional ya que los proyectos presentan un flujo de fondos no convencionales. La TIRM se define como método de valoración de inversiones para casos con flujo de caja con fluctuaciones de signo en múltiples ocasiones, esta misma hace una mejor la reinversión de los flujos incrementales de fondos aportados por el proyecto [20], [21].

Se utilizó una Tasa de Interés de Oportunidad del 7,5%, que se definió como 2,5 puntos de holgura positiva sobre el valor de tasa de interés especificado para la opción de crédito ofrecido por FONAFIFO en estos proyectos [22].

Con el objetivo de buscar ampliar alternativas para un productor se evaluó un total de seis escenarios, donde se incluyó opciones de financiamiento ofrecidas por FONAFIFO y posibles ingresos, tanto por madera como por el Pago por Servicios Ambientales (PSA) por resultados como actividad en Sistema Agroforestal (SAF) para el Programa de Plantaciones de Aprovechamiento Forestal (PPAF).

Escenario I: Capital de inversión propio + ingreso por venta de madera en mercado mixto.

Escenario II: Capital de inversión propio + ingreso por PSA + ingreso por venta de madera en mercado mixto.

Escenario III: Crédito de inversión + ingreso por PSA + ingreso de venta de madera en mercado mixto.

Escenario IV: Capital de inversión propio + ingreso de venta de madera en mercado nacional.

Escenario V: Capital de inversión propio + ingreso de PSA + ingreso por venta de madera en mercado nacional.

Escenario VI: Crédito de inversión + ingreso por PSA + ingreso por venta de madera en mercado nacional.

Para los escenarios III y VI que contemplaron la cobertura de costos mediante el crédito ofrecido por FONAFIFO, se detalla las características del contrato de financiamiento [23],[22]:

- 1- Tasa fija del 5%.
- 2- Garantía fiduciaria.
- 3- Monto de ₡1 800/árb con un tope de crédito de hasta ₡5 000 000 por contrato.
- 4- Pago anual de capital y de intereses.
- 5- Plazo de crédito de hasta 10 años.
- 6- Amortizaciones parciales con ventas de madera de raleos y con cosecha final
- 7- Desembolsos del crédito en tres tractos: primer año 60% (30% para preparación y establecimiento, 30% para mantenimiento), segundo año 20% (mantenimiento), tercer año 20% (mantenimiento).

Además de estas características del crédito, los escenarios III y VI contemplan el PSA-SAF (PPAF) como ingreso adicional y mecanismo de amortización parcial al monto principal del crédito. El monto de PSA por resultados en Actividad Sistema Agroforestal corresponde a ₡1 491/árb (\$2,4/árb) en desembolsos de dos tractos, el primero en año 3 del 80% y el segundo en el año 5 del 20% [24].

Como análisis de sensibilidad para cada escenario se ajustó un modelo de regresión que explicara el comportamiento de la TIRM ante los cambios porcentuales en el flujo de costo o beneficio.

Resultados

Análisis Financiero

Escenario I: capital de inversión propia más ingreso por venta de madera en el mercado mixto.

Los primeros nueve años se registra un flujo de fondos negativo, el ingreso por concepto de primer raleo en el año 5 no logra compensar los costos y su balance es también negativo. El primer balance neto positivo se obtuvo a partir del segundo raleo, con un valor de \$10 481 y posteriormente el segundo balance neto positivo ocurre en el año de cosecha final, con un valor de \$62 660. La estimación del ingreso neto total al final del ciclo de producción es de \$65 458 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Flujo de caja para el escenario 1 de financiamiento para la producción de madera de *Tectona grandis* (L.f) (teca) en sistemas silvopastoril en franjas equivalente a una hectárea (N = 2083), Costa Rica, 2023.

Año	Costos Operativo (\$/ha)	Ingreso Madera (\$/ha)	Ingreso neto (\$/ha)
0	\$2 835		-\$2 835
1	\$1 056		-\$1 056
2	\$737		-\$737
3	\$948		-\$948
4	\$1 316		-\$1 316
5	\$856	\$722	-\$134
6	\$310		-\$310
7	\$173		-\$173
8	\$25		-\$25
9	\$25		-\$25
10	\$884	\$11 365	\$10 481
11	\$25		-\$25
12	\$25		-\$25
13	\$25		-\$25
14	\$25		-\$25
15	\$25		-\$25
16	\$756	\$63 461	\$62 660
Total	\$10 044	\$75 502	\$65 458

Escenario II: capital de inversión propia más ingreso por venta de madera en mercado mixto y PSA.

Los primeros años se registra un flujo de fondos negativo con excepción del tercer año por concepto de ingreso de PSA, con un ingreso neto positivo de \$3 060. El ingreso por concepto de primer raleo y PSA en el año 5 logra compensar los costos y su balance es positivo con \$868. El balance neto positivo de importancia se registra hasta el segundo raleo al año 10, con \$10 481 y luego de \$62 660 con la cosecha final. La estimación del ingreso neto total al final del ciclo de producción es de \$70 468 (Cuadro 11).

Cuadro 11. Flujo de caja para el escenario 2 de financiamiento para la producción de madera de *Tectona grandis* (L.f) (teca) en sistemas silvopastoril en franjas equivalente a una hectárea (N = 2083), Costa Rica, 2023.

Año	Costo Operativo (\$/ha)	Ingreso PSA (\$/ha)	Ingreso Madera (\$/ha)	Ingreso total (\$/ha)	Ingreso neto (\$/ha)
0	\$2 835				-\$2 835
1	\$1 056				-\$1 056
2	\$737				-\$737
3	\$948	\$4 007		\$4 007	\$3 060
4	\$1 316				-\$1 316
5	\$856	\$1 002	\$722	\$1723	\$868
6	\$310				-\$310
7	\$173				-\$173
8	\$25				-\$25
9	\$25				-\$25
10	\$884		\$11 365	\$11 365	\$10 481
11	\$25				-\$25
12	\$25				-\$25
13	\$25				-\$25
14	\$25				-\$25
15	\$25				-\$25
16	\$756		\$63 461	\$63 461	\$62 660
Total	\$10 044	\$5 009	\$75 502	\$80 511	\$70 468

Escenario III: Crédito de inversión con ingresos por venta de madera en el mercado mixto y por el PSA.

Los primeros nueve años se registra un flujo de fondos negativo. En los años 2 y 5 se registran ingresos del PSA, pero no logran compensar los costos operativos. El ingreso por concepto del primer raleo en el año 5 no logra compensar los costos y su balance es negativo. El primero balance neto positivo se observa hasta el segundo raleo al año 10, por \$10 148 y un balance de \$62 660 para la cosecha final. Por tanto, la estimación del ingreso neto total al final del ciclo de producción fue de \$63 714 (Cuadro 12).

Cuadro 12. Flujo de caja para el escenario 3 de financiamiento para la producción de madera de *Tectona grandis* (L.f) (teca) en sistema silvopastoril en franjas equivalente a una hectárea (N = 2083), Costa Rica, 2023.

Año	Costo Operativo (\$/ha)	Costo Crédito (\$/ha)	Costo Total (\$/ha)	Ingreso PSA (\$/ha)	Ingreso Madera (\$/ha)	Ingreso Total (\$/ha)	Ingreso neto (\$/ha)
0	\$2 835		\$2 835				-\$2 835
1	\$1 056		\$1 056				-\$1 056
2	\$737	\$181	\$918				-\$918
3	\$948	\$4 249	\$5 197	\$4 007		\$4 007	-\$1 190
4	\$1 316	\$102	\$1 418				-\$1 418
5	\$856	\$1 825	\$2 681	\$1 002	\$722	\$1 723	-\$958
6	\$310	\$16	\$325				-\$325
7	\$173	\$16	\$189				-\$189
8	\$25	\$16	\$41				-\$41
9	\$25	\$16	\$41				-\$41
10	\$884	\$332	\$1 216		\$11 365	\$11 365	\$10 148
11	\$25		\$25				-\$25
12	\$25		\$25				-\$25
13	\$25		\$25				-\$25
14	\$25		\$25				-\$25
15	\$25		\$25				-\$25
16	\$756		\$756		\$63 416	\$63 416	\$62 660
Total	\$10 044	\$6 754	\$16 798	\$5 009	\$75 502	\$80 511	\$63 714

Escenario IV: capital de inversión propia más ingreso por venta de madera en mercado nacional.

Los primeros cuatro años se registra un flujo de fondos negativo. El ingreso por concepto de primer raleo en el año 5 apenas logra superar los costos con un pequeño balance positivo de \$63. El balance correspondiente al segundo raleo es de \$6 472 y de \$35 770 para la cosecha final. La estimación del ingreso neto total al final del ciclo de producción es de \$34 756 (Cuadro 13).

Cuadro 13. Flujo de caja para el escenario 4 de financiamiento para la producción de madera de *Tectona grandis* (L.f) (teca) en sistemas silvopastoril en franjas equivalente a una hectárea (N = 2083), Costa Rica, 2023.

Año	Costo Operativo (\$/ha)	Ingreso Madera (\$/ha)	Ingreso neto (\$/ha)
0	\$2 835		-\$2 835
1	\$1 056		-\$1 056
2	\$737		-\$737
3	\$948		-\$948
4	\$1 316		-\$1 316
5	\$856	\$919	\$63
6	\$310		-\$310
7	\$173		-\$173
8	\$25		-\$25
9	\$25		-\$25
10	\$884	\$7 356	\$6 472
11	\$25		-\$25
12	\$25		-\$25
13	\$25		-\$25
14	\$25		-\$25
15	\$25		-\$25
16	\$756	\$36 525	\$35 770
Total	\$10 044	\$44 800	\$34 756

Escenario V: capital de inversión propia más venta de madera en mercado Nacional y PSA.

El primer registro de ingresos positivos en el flujo de fondos se visualiza en el tercer año debido al ingreso del PSA con un valor de \$3 060. El ingreso por concepto de primer raleo junto con el ingreso por PSA en el año 5 logra sobrepasar la compensación de los costos con un balance neto positivo de \$1 065. El balance es positivo de nuevo con el segundo raleo al año 10, por un monto de \$6 472 y finalmente de \$35 770 con la cosecha final. La estimación del ingreso neto total al final del ciclo de producción es de \$39 766 (Cuadro 14).

Cuadro 14. Flujo de caja para el escenario 5 de financiamiento para la producción de madera de *Tectona grandis* (L.f) (teca) en sistema silvopastoril en franjas equivalente a una hectárea (N = 2083), Costa Rica, 2023.

Año	Costo Operativo (\$/ha)	Ingreso PSA (\$/ha)	Ingreso Madera (\$/ha)	Ingreso Total (\$/ha)	Ingreso neto (\$/ha)
0	\$2 835				-\$2 835
1	\$1 056				-\$1 056
2	\$737				-\$737
3	\$948	\$4 007		\$4 007	\$3 060
4	\$1 316				-\$1 316
5	\$856	\$1 002	\$919	\$1 921	\$1 065
6	\$310				-\$310
7	\$173				-\$173
8	\$25				-\$25
9	\$25				-\$25
10	\$884		\$7 356	\$7 356	\$6 472
11	\$25				-\$25
12	\$25				-\$25
13	\$25				-\$25
14	\$25				-\$25
15	\$25				-\$25
16	\$756		\$36 525	\$36 525	\$35 770
Total	\$10 044	\$5 009	\$44 800	\$49 810	\$39 766

Escenario VI: crédito de inversión más venta de madera en mercado Nacional y PSA.

Los primeros nueve años se registra un flujo de fondos negativo. Los ingresos por PSA en año 3 y 5 no logra superar los costos del sistema silvopastoril en esos años. Similar resultado ocurre con el ingreso por madera producto del primer raleo en el año 5, que no logra compensar los costos y su balance es negativo. El balance neto positivo se registra a partir del segundo raleo (año 10) por un monto de \$6 347 y en la cosecha final con \$35 770. La estimación del ingreso neto total al final del ciclo de producción es de \$33 061 (Cuadro 15).

Cuadro 15. Flujo de caja para el escenario 6 de financiamiento para la producción de madera de *Tectona grandis* (L.f) (teca) en sistemas silvopastoril en franjas equivalente a una hectárea (N = 2083), Costa Rica, 2023.

Año	Costo Operativo (\$/ha)	Costo Crédito (\$/ha)	Costo total (\$/ha)	Ingresos PSA (\$/ha)	Ingreso Madera (\$/ha)	Ingreso Total (\$/ha)	Ingreso neto (\$/ha)
0	\$2 835		\$2 835				-\$2 835
1	\$1 056		\$1 056				-\$1 056
2	\$737	\$181	\$918				-\$918
3	\$948	\$4 249	\$5 197	4 007		\$4 007	-\$1 190
4	\$1 316	\$102	\$1 418				-\$1 418
5	\$856	\$2 023	\$2 879	\$1 002	\$919	\$1 921	-\$958
6	\$310	\$6	\$316				-\$316
7	\$173	\$6	\$179				-\$179
8	\$25	\$6	\$31				-\$31
9	\$25	\$6	\$31				-\$31
10	\$884	\$125	\$1 009		\$7 356	\$7 356	\$6 347
11	\$25		\$25				-\$25
12	\$25		\$25				-\$25
13	\$25		\$25				-\$25
14	\$25		\$25				-\$25
15	\$25		\$25				-\$25
16	\$756		\$756		\$36 525	\$36 525	\$35 770
Total	\$10 044	\$6 705	\$16 748	\$5 009	\$44 800	\$49 810	\$33 061

Indicadores Financieros

En todos los escenarios evaluados los indicadores financieros VAN, TIRM y R(B/C) fueron positivos, el valor de TIRM fue mayor que la Tasa de Interés de Oportunidad (TIO) evaluada del 7,5% (Cuadro 16).

Cuadro 16. Indicadores financieros para los 6 escenarios de financiamiento para producción de madera de *Tectona grandis* (L.f) (teca) en sistemas silvopastoril en franjas, Costa Rica, 2023.

Parámetro	Escenario					
	I	II	III	IV	V	VI
Capital	Propio	Propio	Crédito	Propio	Propio	Crédito
PSA	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Mercado de ventas	mixto	mixto	mixto	Nacional	Nacional	Nacional
VAN	\$18 107	\$22 031	\$16 907	\$7 846	\$11 770	\$6 632
TIRM	16,7%	18,5%	15,6%	12,9%	15,2%	11,8%
R (B/C)	3,31	3,81	2,30	2,00	2,50	1,51

Análisis de Sensibilidad

En la Figura 5 se presentan las curvas de sensibilidad ajustadas para todos los escenarios del análisis financiero. En todos los casos las tendencias que mejor explican el comportamiento de la TIRM para posibles cambios en las variables costo y beneficio, se encuentran representada por una función cuadrática (ecuación 1).

$$y = ax^2 + bx + c. \quad (1)$$

Donde:

y = Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM) para la variable sensibilizada.

x = Porcentaje de sensibilidad aplicado sobre la variable sensibilizada.

a , b y c = Coeficientes de la ecuación.

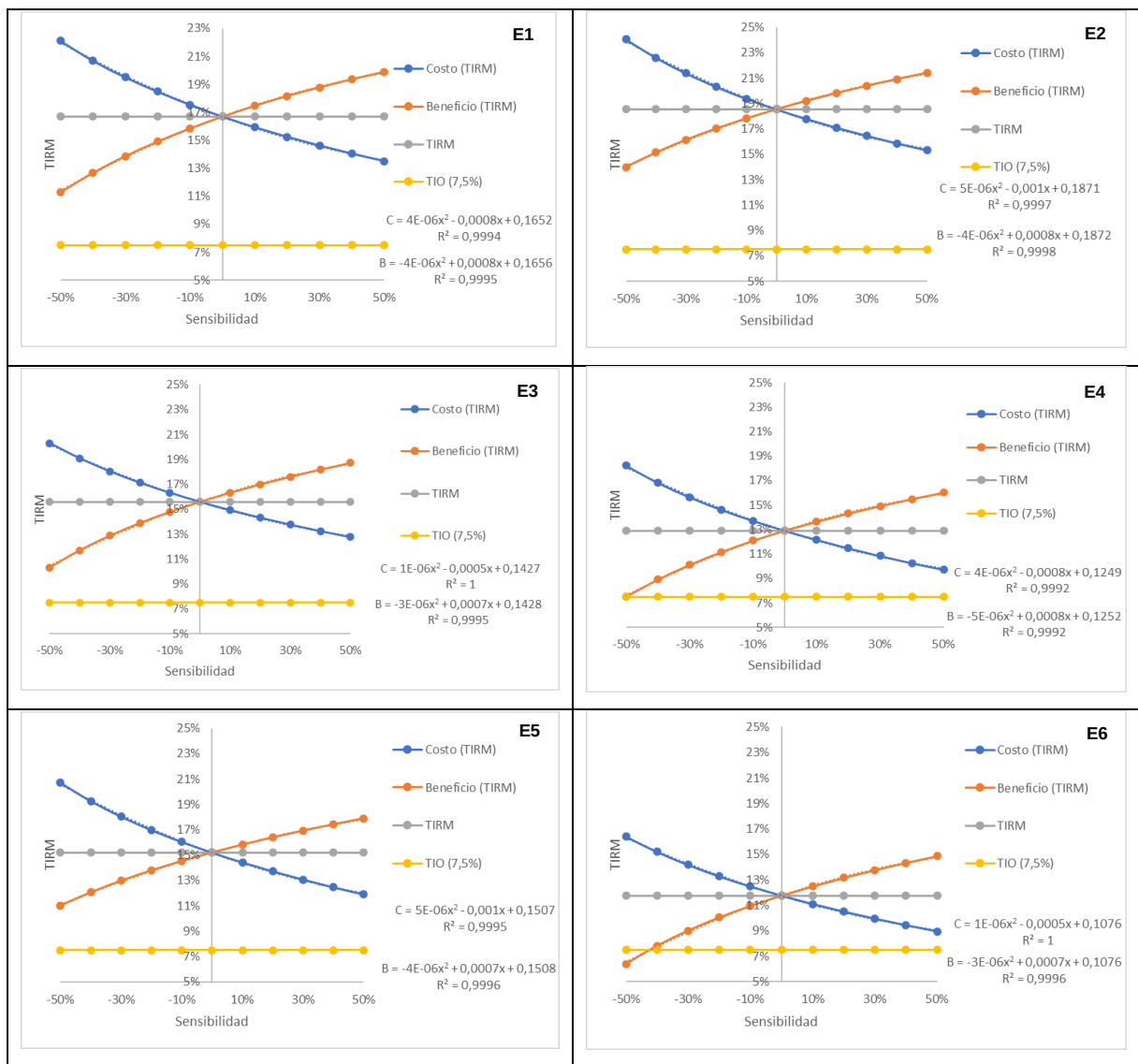


Figura 5. Curvas de sensibilidad ajustadas en las variables *costo* o *beneficio*, para seis escenarios de análisis financiero en la producción de madera de *Tectona grandis* (L.f) (teca) en sistemas silvopastoril en franjas, Costa Rica, 2023.

Solamente en los escenarios IV y VI (Figura 5-E4 y Figura 5-E6) la función de beneficio interseca con la recta lineal TIO (Tasa de Interés de Oportunidad) para el ámbito de estudio. Para estos escenarios se forzó la ecuación de la curva beneficio a tener un valor de TIRM igual al valor de la TIO evaluada. Se determinó que la intersección con

la recta TIO ocurre cuando se presenta una disminución del -50,0% y -42,4% respectivamente para cada escenario.

Discusión

Análisis financiero

En todos los escenarios analizados, la presencia de costos fue constante durante cada año a lo largo del ciclo productivo, mientras que los ingresos por madera se registraron en los años cinco, diez y dieciséis, en función de la ejecución de raleos y cosecha final (Cuadro 8 y 9). No obstante, adicional a los ingresos por venta de madera los escenarios con PSA recibieron ingresos adicionales en los años tres y cinco.

El efecto en la demanda del producto y el de la categorización de precios por clase diamétrica, que presenta el mercado de la madera para la venta internacional, favorece económicamente a los escenarios uno, dos y tres, de tal forma que se vuelve una alternativa más atractiva para el productor. Sin embargo, la factibilidad de esto también dependerá de otros factores externos que se vuelven determinantes, como la ubicación geográfica del proyecto, ya que la logística de transporte de contenedores hacia el puerto en el Pacífico podría influir en la decisión o precio del comprador internacional.

El análisis general del flujo de fondo neto determinó que de forma independiente al escenario de financiamiento, estamos ante la presencia de proyectos no convencionales. A lo largo del ciclo productivo el flujo de fondos podría fluctuar entre valores positivos y negativos; por tanto, se convierte en un inconveniente para el cálculo de indicadores financieros tradicionales como la Tasa Interna de Retorno (TIR). Lo cual determina que sea necesario recurrir a la Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM) [21], con el propósito de poder resolver inconsistencias producidas por la TIR de uso convencional a lo largo del tiempo.

Los valores de TIRM de todos los escenarios evaluados se ubicaron por arriba de 7,5% fijado para la Tasa de Interés de Oportunidad (TIO). Mientras que los valores de VAN

se presentaron de forma positiva. La relación de beneficio costo ($R(B/C)$) se mantuvo superior a 1,0 en todos los casos (desde 1,51 hasta 3,81, Cuadro 16). El valor de la TIO usado de referencia (7,5%) se encuentra dentro del intervalo permisible, ya que para plantaciones de teca se ha utilizado tasas que van desde 6% hasta 10% [25].

El conjunto de mejores indicadores financieros se obtuvo con el escenario dos de financiamiento, mientras que el escenario seis fue el menos atractivo para el productor (Cuadro 16).

En el ámbito de sistemas silvopastoriles la diversidad de alternativas es amplia en cuanto a componentes y diseños, sin embargo, la literatura reportada es pobre sobre temas financieros. No obstante, estudios anteriores como los realizados por Ospino et al. [13], muestran que para alternativas similares con teca pero con diseños de franja con una menor densidad de árboles (capacidad 40% menor que la planteada en esta investigación con 75 árb/100m franja), se logra obtener también valores de tasa de interés de retorno (TIR) entre los 12% y 14%, valor actual neto (VAN) desde los \$664 hasta los \$1 400, y relación beneficio costo ($R(B/C)$) de 1,70 hasta 2,41. Si se comparan todos los escenarios evaluados se puede inferir, que las propuestas evaluadas en esta investigación generan mayor rentabilidad y mejores indicadores financieros. Esto se explica porque en esta investigación se logra una mejor relación comparativa con la hectárea plantada de teca convencional en bloque.

Al comparar los indicadores financieros de los escenarios en este estudio con otros valores reportados para plantaciones de teca, donde el VAN máximo es de \$8 556/ha y la TIR desde 10% hasta 18,8% [25], los resultados obtenidos en esta investigación se encuentran por encima de los valores esperados. Es relevante mencionar que algunos de los escenarios de financiamiento investigados dentro de este estudio, tienen la capacidad de superar la rentabilidad de una plantación convencional. En términos de cantidad de árboles, la propuesta de SSP de este estudio posee una eficiencia de casi 3 veces lo establecido en una plantación comercial de teca clonal (4 m X 3,5 m $\approx$ 715 árb/ha). Esto se explica por una mayor eficiencia en la producción de madera en franja vs en bloque convencional. En esta franja estrecha de 6 m de ancho

se logra cultivar un mayor número de árboles por unidad de área y a un menor costo de manejo. Además, el efecto de borde estimula el crecimiento de los árboles a una tasa ligeramente superior, lo cual permite su cosecha en 16 años vs 18 años, que es lo acostumbrado.

En los escenarios con crédito de inversión vs los escenarios con capital de inversión propio, se observa como menos atractiva las opciones con crédito (Cuadro 16). Las opciones I y II con recursos propios, superan ampliamente a todas las demás. No obstante, esto podría ser subjetivo, dado que la forma de inversión se encuentra determinada por las posibilidades del productor o su propia estrategia de inversión. Claramente, la opción de recursos propios con PSA (escenario II) supera a todas las demás en todos los indicadores financieros. En contraste, la opción de crédito con PSA y venta en el mercado nacional (opción VI), fue claramente inferior a todas las demás, aun así, mostró ser rentable en los tres indicadores financieros, La opción de venta internacional de la madera permite alcanzar precios sumamente elevados, lo que explica la diferencia financiera con las opciones de venta a los precios en el mercado nacional.

El PSA representa un aporte clave en algunos escenarios. Con un mismo mercado de venta de madera se observa que el PSA puede figurar como potenciador de ingresos o amortiguador de costos. En venta de madera mixto se observa como en el escenario II (capital propio y PSA) se potencia con la presencia de este, colocándolo como primera opción de financiamiento. No obstante, en el caso del escenario III (con crédito y PSA) este ingreso cumple su papel en la amortización de gran parte de los costos, dejando menor margen de ingresos y colocándolo como la tercera mejor opción de financiamiento. El Escenario I (sin el PSA y sin crédito), logra constituirse en la segunda mejor opción de financiamiento, superando ligeramente al escenario III (con crédito y con PSA). Esto puede encontrar respuesta en el largo periodo del cultivo de madera de teca (16 años), créditos a largo plazo crean costos que sin la presencia del PSA generaría menor de beneficios.

El sistema de crédito con el fondo de financiamiento forestal (FONAFIFO) se basa en una tasa fija del 5% con un periodo de gracia superior a los tres o cuatro primeros años. Con lo cual, genera un costo muy bajo del dinero en forma de crédito, prácticamente inexistente durante los primeros años, que es cuando ocurre más del 60% de la inversión del modelo de costos [14].

En algunos casos la influencia de los altos costos iniciales se relaciona directamente con la resistencia del productor para el desarrollo de proyectos de este tipo. De esta manera, escenarios evaluados con crédito y pago por servicios ambientales (PSA) pretenden ser un mecanismo alternativo que contribuya con la adopción de sistemas silvopastoriles productivos [8].

Análisis de Sensibilidad

Se determinó que las variables costo y beneficio son sensibles a los cambios en cualquiera de los escenarios de financiamiento investigados (Figura 5). La pendiente sobre las curvas son altas, lo que resulta en cambios importantes sobre la rentabilidad del proyecto.

No obstante, a pesar de la alta sensibilidad mostrada se puede inferir que existe holgura de manejo en escenarios que fluctuarían desde -50% hasta los 50%, con excepción de los escenarios cuatro y seis (Figura 5-E4 y Figura 5-E6), que presentan una holgura de manejo menor para la sensibilidad de la variable *Beneficio*.

De forma general, a pesar de la alta sensibilidad en las dos variables evaluadas para los escenarios I, II, III y V, se puede inferir que sigue siendo rentable la producción de teca en los SSP propuestos. Dado que los resultados de la TIRM se ubicaron sobre la recta de Tasa de interés de Oportunidad (TIO), en todos los casos se considera que el proyecto será rentable. La rentabilidad de los escenarios 4 y 6 dependerán únicamente de la sensibilidad en la curva de *Beneficio*, es decir únicamente serán rentables si no se sobrepasa los valores de -50,0% para el escenario cuatro y -42,4% para el escenario seis. Se debe señalar que la variable *beneficio* en los análisis de sensibilidad puede ser afectada por la fluctuación en el precio de venta de la madera o imprevistos

en el cultivo de árboles que pudieran aumentar los costos de producción. Sin embargo, estos resultados pueden determinarse como confiables para la variable *Beneficio*, bajo un escenario de precios estables de venta de la madera de teca.

Conclusiones

El cultivo de madera en franjas de SSP es altamente rentable para todos los escenarios evaluados, todos los indicadores financieros son positivos y atractivos para la inversión.

Los escenarios que utilizan un mercado de venta de madera internacional generan mayor rentabilidad que los escenarios con venta de madera en el mercado doméstico.

Para el mismo mercado de venta de madera, escenarios con financiamiento mediante crédito con el FONAFIFO, obtuvieron indicadores financieros menos atractivos que los escenarios con capital de inversión propia.

Para el mismo mercado de venta de madera, la presencia de PSA aumenta la rentabilidad del escenario con financiamiento propio y amortizaría gran parte de los costos del escenario con crédito.

Las variables *Costo* y *Beneficio* son sensibles a cambios entre los niveles de -50% y 50% respectivamente.

Los escenarios IV y VI dejan de ser rentables si los cambios en la variable *Beneficio* supera los valores de -50,0% para el escenario cuatro y -42,4% para el escenario seis.

La mejor alternativa de financiamiento se obtuvo con el escenario de financiamiento propio, con venta de la madera en el mercado mixto e ingresos por PSA (Escenario I); con un VAN de \$22 031, una R(B/C) de 3,81 y una TIRM de 18,5%.

La opción de proyecto menos atractiva se obtuvo con el escenario de financiamiento mediante crédito, con venta de madera en el mercado nacional y con ingreso adicional por el PSA; que generan un VAN de \$6 632, una R(B/C) de 1,51 y una TIRM de 11,8%.

La segunda mejor opción de inversión se obtiene con recursos propios y sin PSA, que generan un VAN de \$18 107, una R(B/C) de 3,31 y una TIRM de 16,7%.

Referencias

- [1] M. Chacón, C. Reyes, and J. Segura, “Estrategia para la Ganadería Baja en Carbono en Costa Rica,” 2015.
- [2] Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), *VI Censo Nacional Agropecuario: Atlas Estadístico Agropecuario*. San José, Costa Rica, 2015.
- [3] S. Mora, “Indicadores Macroeconómicos 2017-2021,” 2021.
- [4] E. Mora Monge *et al.*, “Informe de gestión del Sector Agropecuario, Pesquero y Rural (Mayo 2020-Abril 2021),” 2021.
- [5] Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), *NAMA Ganadería - Ganadería bovina en Costa Rica*. .
- [6] K. Blanco, A. Chacón, G. Jiménez, J. Montenegro, and J. Sasa, *Inventario nacional de emisiones por fuentes de abosorcion por sumideros de gases de efecto invernadero en Costa Rica 2015*. San José, Costa Rica, 2015.
- [7] D. Pezo and I. Muhammad, *Módulo de Enseñanza Agroforestal No.2 - Sistemas silvopastoriles*, 2nd ed. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 1999.
- [8] C. Villanueva, I. Muhammad, and G. Haensel, *Produccion y rentabilidad de sistemas silvopastoriles - Estudios de caso en América Central*. Turrialba, San José: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 2010.
- [9] O. Murillo, M. Leitón, M. Ospino, Y. Badilla, W. Paniagua, and A. Valverde, “Hacia un nuevo sistema silvopastoril,” *Rev. Germinar*, vol. 17, no. 5, pp. 16–17, 2015.
- [10] M. Yvette, M. Ibrahim, M. Cómez, and K. Prins, “Potencial y limitaciones para la adopción de sistemas silvopastoriles para la producción de leche en Cayo, Belice,” *Agroforestería en las Américas*, vol. 8, no. 30, pp. 24–27, 2001.
- [11] J. Gobbi and F. Casasola, “Comportamiento financiero de la inversión en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica,”

Agroforestería en las Américas, vol. 10, no. 39–40, pp. 52–60, 2003.

- [12] M. Ospino, Y. Badilla, W. Paniagua, C. Campos, and O. Murillo, “Costos de producción de teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*) en sistemas silvopastoriles de la zona norte de Costa Rica,” *Agron. Costarric.*, vol. 44, no. 2, pp. 155–173, 2020, doi: 10.15517/rac.v44i2.43109.
- [13] M. Ospino, O. Murillo, and M. Alfaro, “Análisis financiero y de escenarios de financiamiento del componente forestal en sistemas silvopastoriles,” *Rev. For. Mesoam. Kurú*, vol. 19, no. 45, pp. 28–37, 2022, doi: 10.18845/RFMK.V19I45.6323.
- [14] J. Jiménez-Jiménez, O. Murillo, and Y. Badilla, “Modelo de costos por árbol para el cultivo de madera de teca (*Tectona grandis*) en sistemas silvopastoriles.”
- [15] O. Murillo, “Programa para la estimación del volumen comercial y valor de la plantación forestal.” Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ing. Forestal, Cartago, Costa Rica, 2022.
- [16] J. L. Fallas, “Funciones alométricas, de volumen y de crecimiento para clones de Teca (*Tectona grandis* L.f) en Costa Rica,” Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2018.
- [17] Atlas Concorde S.A., “Ex- Plantation teak wood offer (at stumps _standing tree),” no. March. Costa Rica, pp. 0–2, 2022.
- [18] Banco Central de Costa Rica, “Tipo cambio de compra y de venta del dólar de los Estados Unidos de América,” *Banco Central de Costa Rica*, 2021. <https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?CodCuadro=400&Idioma=1&FecInicial=2021/01/01&FecFinal=2021/10/11&Filtro=0&Jump=2> (accessed Sep. 10, 2021).
- [19] W. Ladrach, *Manejo práctico de plantaciones forestales en el trópico y subtrópico*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2010.

- [20] D. Taco and M. Gutiérrez, “Valoración de inversiones en proyectos no convencionales - Tasa interna de retorno versus Tasa interna de retorno modificada.,” *INNOVA Res. J.*, vol. 3, no. 9, pp. 116–124, 2018, doi: 10.33890/innova.v3.n9.2018.797.
- [21] G. S. Milanesi, F. Rotstein, J. I. Esandi, and R. D. Perotti, “La TIR modificada como herramienta complementaria en la evaluación financiera,” 2004.
- [22] FONAFIFO, “Crédito Forestal,” 2018. <http://www.fonafifo.go.cr/es/servicios/credito-forestal/> (accessed Jul. 13, 2021).
- [23] FONAFIFO, “Sub-Programa: Sistemas Productivos Forestales -SIPROF-.” 2022.
- [24] L. Gaceta, *Resolución R-060-2022-MINAE*. San José, Costa Rica, 2022, pp. 26–31.
- [25] L. Saje, J. Kent, and J. Moreles, “Rentabilidad de las inversiones de teca,” in *Las plantaciones de teca en América Latina: mitos y realidades*, R. Camino and J. Pierre Morales, Eds. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 2013, pp. 202–223.

Anexos

Anexo 1. Modelo de costos para cultivo de teca (*Tectona grandis* Linn f.) en diseño 1 de sistema silvopastoril en franja, Costa Rica, 2023.

Año	Actividad	Insumo o sub-actividad	Precio: ₡/árb o ₡/m ²	Rendimiento: jornal/árb o jornal/m ²	Dosis o frecuencia recomendada	Unidades necesarias	Costo Asis.Tecnic. o Regencia (₡)	Costo insumo (₡)	Costo equipo (₡)	Mano de obra (₡)	Costo total (₡/árb)
0	Regencia	Visita Regente año 1	₡33,75		1	2002	₡67 568				₡33,75
		Inscripción Informe	₡2,04		1	2002	₡4 079				₡2,04
	Análisis	Análisis químico completo del suelo	₡9,19			2002		₡18 392			₡9,19
		Análisis de textura	₡8,73			2002		₡17 484			₡8,73
	Cercas eléctricas	Pulsador eléctrico 110 v para 45 km	₡1,71			4664		₡3 982			₡1,99
		Interruptor de corriente	₡0,10			4664		₡234			₡0,12
		Protector de rayos	₡0,30			4664		₡703			₡0,35
		Varilla de cobre	₡0,20			4664		₡468			₡0,23
		Aisladores	₡158,20			176		₡13 922			₡6,95
		Alambre aluminizado de alta resistencia 500m	₡47,46			4664		₡110 677			₡55,28
		Aisladores esquineros	₡159,80			88		₡7 031			₡3,51
		Poste esquinero de madera (2m)	₡4 000,00			88		₡176 000			₡87,91
		Poste vivo	₡500,00			176		₡44 000			₡21,98
		Jornales instalación Cerca eléctrica	₡19 422,07	0,0030		4664				₡135 877	₡67,87
	Pre-establecimiento	Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	₡60,37	0,00018	1	13200			₡146		₡0,07
		Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	₡0,29		1	13200		₡3 762			₡1,88
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	₡0,60		1	13200		₡7 920			₡3,96

		Jornales control químico preemergente	₡19 422,07	0,00018	1	13200				₡47 001	₡23,48
	Establecimiento	Trazado (Mecate Piola 1kg)	₡1,37			2002		₡2 736			₡1,37
		Jornales trazado-marcación	₡19 422,07	0,00220	1	2002				₡85 543	₡42,73
		Hoyadora Mecánica siembra	₡210,59	0,00104	1	2002			₡437		₡0,22
		Hoyadora Mecánica resiembra	₡210,59	0,00104	1	200			₡44		₡0,02
		Gasolina	₡2,65			2202		₡5 834			₡2,91
		Aceite 2T	₡0,63			2202		₡1 398			₡0,70
		Jornales hoyado siembra	₡19 422,07	0,00104		2002				₡40 292	₡20,13
		Jornales hoyado resiembra	₡19 422,07	0,00104		200				₡4 025	₡2,01
		Fertilización inicial 10-30-10 (50g / árbol)	₡0,50		50	2002		₡50 050			₡25,00
		Encalado inicial (150g-200g / árbol)	₡0,09		200	2002		₡37 638			₡18,80
		Hidrokeeper (hidro retenedor) (2.5g hidrogel deshidratado / árbol)	₡2,85		2,5	2002		₡14 264			₡7,13
		Abono Orgánico (150 / árbol)	₡0,06		150	2002		₡18 769			₡9,38
		Árbol Teca	₡265,00			2002		₡530 530			₡265,00
		Árbol resiembra Teca (10% mortalidad)	₡265,00			200		₡53 000			₡26,47
		Trasporte de árboles	₡13,00			2202		₡28 626			₡14,30
		Jornales distribución de plantas	₡19 422,07	0,00133		2002				₡51 844	₡25,90
		Jornales plantación y fertilización inicial	₡19 422,07	0,00333		2002				₡129 610	₡64,74
		Jornales resiembra (10% mortalidad)	₡19 422,07	0,00133		200				₡5 179	₡2,59
		Jornales aplicación de abono orgánico	₡16 553,96	0,00120		2002				₡39 785	₡19,87
	Otros	Imprevistos (5%)					₡3 582	₡57 371	₡31	₡26 958	₡43,93
	Subtotal						₡75 229	₡1 204 790	₡658	₡566 115	
	Total año 0						₡1 846 792				₡922,47

1	Regencia	Visita Regente año 1	€33,75		1	2002	€67 568				€33,75
		Inscripción Informe	€2,04		1	2002	€4 079				€2,04
	Mantenimiento	Fertilización de refuerzo (12-24-12) (100g / árbol)	€0,50		100	2002		€100 100			€50,00
		Jornales fertilización de refuerzo	€19 422,07	0,00133		2002				€51 844	€25,90
		Jornales control de hormiga	€19 422,07	0,00067	3	2002				€77 766	€38,84
		Insecticida control de hormiga (Regent)	€1,88		3	2002		€11 261			€5,63
		Gasolina y aceite 2T	€3 685,76	0,00015	4	13200		€29 191			€14,58
		Jornales control de maleza motoguadaña (cada 2 -3 meses)	€19 422,07	0,00015	4	13200				€153 823	€76,83
		Motoguadaña	€280,92	0,00015	4	13200			€2 225		€1,11
		Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		2	13200		€7 524			€3,76
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		2	13200		€15 840			€7,91
		Jornales control químico Herbicida Sistémico (2 veces por año)	€19 422,07	0,00018	2	13200				€94 003	€46,95
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	2	13200			€292		€0,15
		Jornales deshija (1 vez entre los 6 y 9 meses de edad)	€19 422,07	0,00200	1	600,6				€23 330	€11,65
		Gasolina y aceite 2T	€3 685,76	0,00093	1	2002		€6 832			€3,41
		Motosierra	€150,68	0,00093	1	2002			€279		€0,14
		Jornales poda rama baja (h=1.5m o 50% de la altura total)	€19 422,07	0,00093	1	2002				€36 003	€17,98
	Otros	Imprevistos (5%)					€3 582	€8 537	€140	€21 838	€17,03
	Subtotal						€75 229	€179 286	€2 936	€458 607	
	Total año 1						€716 058				€357,67

2	Regencia	Visita Regente año 2 (mínimo 1 visitas)	€33,75		1	2002	€67 568				€33,75
		Inscripción Informe	€2,04		1	2002	€4 079				€2,04
	Mantenimiento	Jornales control de hormiga	€19 422,07	0,00067	2	2002				€51 844	€25,90
		Insecticida control de hormiga (Regent)	€1,88		2	2002		€7 508			€3,75
		Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		2	13200		€7 524			€3,76
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		2	13200		€15 840			€7,91
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	2	13200				€94 003	€46,95
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	2	13200			€292		€0,15
		Jornales deshija (2 veces en el año)	€19 422,07	0,00267	2	600,6				€62 213	€31,08
		Jornales poda baja (h=2.5m o 50% de la altura total)	€19 422,07	0,00163	1	2002				€63 293	€31,61
		Gasolina y aceite 2T	€3 685,76	0,00163	1	2002		€12 011			€6,00
		Motosierra de extensión	€393,35	0,00163	1	2002			€1 282		€0,64
		Jornales Poda de brotes de rama	€19 422,07	0,00054	3	2002				€62 660	€31,30
	Otros	Imprevistos (5%)					€3 582	€2 144	€79	€16 701	€11,24
	Subtotal						€75 229	€45 027	€1 653	€350 713	
	Total año 2						€472 622				€236,07
3	Regencia	Visita Regente año 3 (mínimo 1 visitas)	€33,75		1	2002	€67 568				€33,75
		Inscripción Informe	€2,04		1	2002	€4 079				€2,04
	Mantenimiento	Jornales control de hormiga	€19 422,07	0,00067	1	2002				€25 922	€12,95
		Insecticida control de hormiga (Regent)	€1,88		1	2002		€3 754			€1,88
		Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		1	13200		€3 762			€1,88

4		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		1	13200		€7 920			€3,96
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	1	13200				€47 001	€23,48
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	1	13200			€146		€0,07
		Jornales deshija o eliminación brote basal	€19 422,07	0,00200	1	601				€23 345	€11,66
		Jornales poda de brotes de rama	€19 422,07	0,00143	3	2002				€166 630	€83,23
		Gasolina y aceite 2T	€3 685,76	0,00433	1	2002		€31 941			€15,95
		Motosierra de extensión	€393,35	0,00433	1	2002			€3 409		€1,70
		Jornales poda rama gruesa hasta 5m (Segunda troza 5 m de altura)	€19 422,07	0,00433	1	2002				€168 313	€84,07
	Otros	Imprevistos (5%)					€3 582	€2 369	€178	€21 561	€13,83
	Subtotal						€75 229	€49 746	€3 733	€452 772	
	Total año 3						€581 479				€290,45
	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		1	13200		€3 762			€1,88
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		1	13200		€7 920			€3,96
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	1	13200				€47 001	€23,48
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	1	13200			€146		€0,07
		Serrucho cola de zorro de extensión	€22,90	0,01090	1	2002			€500		€0,25
		Jornales poda alta en arboles remanentes (Tercera troza 7.5 m de altura)	€19 422,07	0,01090	1	2002				€423 753	€211,66
		Jornales poda de brotes de rama	€19 422,07	0,00360	2	2002				€279 677	€139,70
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€584	€32	€37 522	€19,05

	Subtotal						€0	€12 266	€678	€787 952	
	Total año 4						€800 896				€400,05
5	Regencia	Regencia raleo (Certificado de Origen)	€93,75		1	801	€75 094				€37,51
		Inscripción Certificado de Origen	€6,46		1	801	€5 170				€2,58
		Asistencia técnica	€33,75		1	2002	€67 568				€33,75
	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	13200		€1 241			€0,62
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	13200		€2 614			€1,31
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	13200				€15 510	€7,75
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	13200			€48		€0,02
		Jornales poda de brotes de rama	€19 422,07	0,00360	2	1201				€167 778	€83,81
	Raleo	Jornales fiscalización de la corta	€19 422,07	0,00056	1	801				€8 643	€4,32
		Jornales marcaje del 1º raleo	€19 422,07	0,00167	1	801				€25 928	€12,95
		Jornales corta primer raleo, desrame, descope y troceo (troza 1.2 m para tarima)	€19 422,07	0,00150	1	801				€23 336	€11,66
		Gasolina y aceite 2T	€3 685,76	0,00150	1	801		€4 428			€2,21
		Motosierra	€150,68	0,00150	1	801			€181		€0,09
		Jornales extracción manual y empatriado de la madera de la madera	€19 422,07	0,00600	1	801				€93 342	€46,62
	Otros	Imprevistos (5%)					€7 392	€414	€11	€16 727	€12,26
	Subtotal						€155 223	€8 698	€241	€351 265	
	Total año 5						€515 427				€257,46
6	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	13200		€1 241			€0,62

		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	13200		€2 614			€1,31
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	13200				€15 510	€7,75
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	13200			€48		€0,02
		Jornales control de rebrotes de tocón	€19 422,07	0,00500	1	800				€77 688	€38,81
		Jornales poda de brotes de rama	€19 422,07	0,00360	1	1201				€83 889	€41,90
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€193	€2	€8 854	€4,52
	Subtotal						€0	€4 048	€51	€185 942	
	Total año 6						€190 041				€94,93
7	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	13200		€1 241			€0,62
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	13200		€2 614			€1,31
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	13200				€15 510	€7,75
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	13200			€48		€0,02
		Jornales poda de brotes de rama	€19 422,07	0,00360	1	1201				€83 889	€41,90
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€193	€2	€4 970	€2,58
	Subtotal						€0	€4 048	€51	€104 369	
	Total año 7						€108 468				€54,18
8	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	13200		€1 241			€0,62
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	13200		€2 614			€1,31
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	13200			€48		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	13200				€15 510	€7,75
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€193	€2	€776	€0,48

	Subtotal						€0	€4 048	€51	€16 286	
	Total año 8						€20 384				€10,18
9	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	13200		€1 241			€0,62
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	13200		€2 614			€1,31
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	13200			€48		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	13200				€15 510	€7,75
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€193	€2	€776	€0,48
	Subtotal						€0	€4 048	€51	€16 286	
	Total año 9						€20 384				€10,18
10	Regencia	Regencia raleo (Certificado de Origen)	€93,75		1	601	€56 344				€28,14
		Inscripción Certificado de Origen	€6,46		1	601	€3 879				€1,94
		Asistencia técnica	€33,75		1	1201	€40 534				€20,25
	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	13200		€1 241			€0,62
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	13200		€2 614			€1,31
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	13200			€48		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	13200				€15 510	€7,75
	Raleo	Jornales fiscalización de la corta	€19 422,07	0,00083	1	601				€9 727	€4,86
		Jornales marcaje del II raleo	€19 422,07	0,00270	1	601				€31 548	€15,76
		Jornales corta segundo raleo, desrame, descope y troceo (troza 1.2 m para tarima)	€19 422,07	0,00750	1	601				€87 545	€43,73
		Gasolina y aceite 2T	€3 685,76	0,00750	1	601		€16 614			€8,30

		Motosierra	€150,68	0,00750	1	601			€679		€0,34
		Jornales extracción con tractor agrícola y winche, empatriado de madera (Tarima y aserrío)	€400,00		1	601				€240 400	€120,08
	Otros	Imprevistos (5%)					€5 038	€1 023	€36	€19 237	€12,65
	Subtotal						€105 795	€21 492	€764	€403 967	
	Total año 10						€532 018				€265,74
11	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	13200		€1 241			€0,62
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	13200		€2 614			€1,31
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	13200			€48		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	13200				€15 510	€7,75
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€193	€2	€776	€0,48
	Subtotal						€0	€4 048	€51	€16 286	
	Total año 11						€20 384				€10,18
12	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	13200		€1 241			€0,62
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	13200		€2 614			€1,31
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	13200			€48		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	13200				€15 510	€7,75
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€193	€2	€776	€0,48
	Subtotal						€0	€4 048	€51	€16 286	
	Total año 12						€20 384				€10,18
13	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	13200		€1 241			€0,62

		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	13200		€2 614			€1,31
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	13200			€48		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	13200				€15 510	€7,75
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€193	€2	€776	€0,48
	Subtotal						€0	€4 048	€51	€16 286	
	Total año 13						€20 384				€10,18
14	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	13200		€1 241			€0,62
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	13200		€2 614			€1,31
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	13200			€48		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	13200				€15 510	€7,75
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€193	€2	€776	€0,48
	Subtotal						€0	€4 048	€51	€16 286	
	Total año 14						€20 384				€10,18
15	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	13200		€1 241			€0,62
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	13200		€2 614			€1,31
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	13200			€48		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	13200				€15 510	€7,75
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€193	€2	€776	€0,48
	Subtotal						€0	€4 048	€51	€16 286	
	Total año 15						€20 384				€10,18
16	Regencia	Regencia Cosecha Final (Certificado de Origen)	€93,75		1	600	€56 250				€28,10
		Inscripción Certificado de Origen	€6,46		1	600	€3 873				€1,93

	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	13200		€1 241			€0,62
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	13200		€2 614			€1,31
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	13200			€48		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	13200				€15 510	€7,75
	Cosecha Final	Jornales fiscalización de la corta	€19 422,07	0,00083	1	600				€9 711	€4,85
		Jornales cosecha Final, tumba, descope, desrame y troceo	€19 422,07	0,00750	1	600				€87 399	€43,66
		Gasolina y aceite 2T	€3 685,76	0,00750	1	600		€16 586			€8,28
		Motosierra	€150,68	0,00750	1	600			€678		€0,34
		Jornales extracción con tractor agrícola y winche, empatado de madera (Tarima y aserrío)	€400,00		1	600				€240 000	€119,88
	Otros	Imprevistos (5%)					€3 006	€1 022	€36	€17 631	€10,84
	Subtotal						€63 129	€21 463	€763	€370 252	
	Total año 16						€455 607				€227,58
SUB TOTAL FINAL							€625 063	€1 579 198	€11 880	€4 145 956	
TOTAL FINAL							€6 362 097				€3 178

Anexo 2. Modelo de costos para cultivo de teca (*Tectona grandis* Linn f.) en diseño 2 de sistema silvopastoril en franja, Costa Rica, 2023.

Año	Actividad	Insumo o sub-actividad	Precio: ¢/árb o ¢/m ²	Rendimiento: jornal/árb o jornal/m ²	Dosis o frecuencia recomendada	Unidades necesarias	Costo Asis.Tecnic. o Regencia (¢)	Costo insumo (¢)	Costo equipo (¢)	Mano de obra (¢)	Costo total (¢/árb)
0	Regencia	Visita Regente año 1	¢33,75		1	2000	¢67 500				¢33,75
		Inscripción Informe	¢2,04		1	2000	¢4 075				¢2,04
	Análisis	Análisis químico completo del suelo	¢9,19			2000		¢18 373			¢9,19
		Análisis de textura	¢8,73			2000		¢17 467			¢8,73
	Cercas eléctricas	Pulsador eléctrico 110 v para 45 km	¢1,71			3392		¢2 896			¢1,45
		Interruptor de corriente	¢0,10			3392		¢170			¢0,09
		Protector de rayos	¢0,30			3392		¢511			¢0,26
		Varilla de cobre	¢0,20			3392		¢341			¢0,17
		Aisladores	¢158,20			128		¢10 125			¢5,06
		Alambre aluminizado de alta resistencia 500m	¢47,46			3392		¢80 492			¢40,25
		Aisladores esquineros	¢159,80			64		¢5 114			¢2,56
		Poste esquinero de madera (2m)	¢4 000,00			64		¢128 000			¢64,00
		Poste vivo	¢500,00			128		¢32 000			¢16,00
		Jornales instalación Cerca eléctrica	¢19 422,07	0,0030		3392				¢98 820	¢49,41
	Pre-establecimiento	Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	¢60,37	0,00018	1	9600			¢106		¢0,05
		Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	¢0,29		1	9600		¢2 736			¢1,37
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	¢0,60		1	9600		¢5 760			¢2,88
		Jornales control químico preemergente	¢19 422,07	0,00018	1	9600				¢34 183	¢17,09

	Establecimiento	Trazado (Mecate Piola 1kg)	€1,37			2000		€2 733			€1,37
		Jornales trazado-marcación	€19 422,07	0,00220	1	2000				€85 457	€42,73
		Hoyadora Mecánica siembra	€210,59	0,00104	1	2000			€436		€0,22
		Hoyadora Mecánica resiembra	€210,59	0,00104	1	200			€44		€0,02
		Gasolina	€2,65			2200		€5 829			€2,91
		Aceite 2T	€0,63			2200		€1 396			€0,70
		Jornales hoyado siembra	€19 422,07	0,00104		2000				€40 252	€20,13
		Jornales hoyado resiembra	€19 422,07	0,00104		200				€4 025	€2,01
		Fertilización inicial 10-30-10 (50g / árbol)	€0,50		50	2000		€50 000			€25,00
		Encalado inicial (150g-200g / árbol)	€0,09		200	2000		€37 600			€18,80
		Hidrokeeper (hidro retenedor) (2.5g hidrogel deshidratado / árbol)	€2,85		2,5	2000		€14 250			€7,13
		Abono Orgánico (150 / árbol)	€0,06		150	2000		€18 750			€9,38
		Árbol Teca	€265,00			2000		€530 000			€265,00
		Árbol resiembra Teca (10% mortalidad)	€265,00			200		€53 000			€26,50
		Trasporte de árboles	€13,00			2200		€28 600			€14,30
		Jornales distribución de plantas	€19 422,07	0,00133		2000				€51 792	€25,90
		Jornales plantación y fertilización inicial	€19 422,07	0,00333		2000				€129 480	€64,74
		Jornales resiembra (10% mortalidad)	€19 422,07	0,00133		200				€5 179	€2,59
		Jornales aplicación de abono orgánico	€16 553,96	0,00120		2000				€39 745	€19,87
	Otros	Imprevistos (5%)					€3 579	€52 307	€29	€24 447	€40,18
	Subtotal						€75 154	€1 098 450	€616	€513 381	
	Total año 0						€1 687 601				€843,80
1	Regencia	Visita Regente año 1	€33,75		1	2000	€67 500				€33,75

		Inscripción Informe	€2,04		1	2000	€4 075				€2,04
	Mantenimiento	Fertilización de refuerzo (12-24-12) (100g / árbol)	€0,50		100	2000		€100 000			€50,00
		Jornales fertilización de refuerzo	€19 422,07	0,00133		2000				€51 792	€25,90
		Jornales control de hormiga	€19 422,07	0,00067	3	2000				€77 688	€38,84
		Insecticida control de hormiga (Regent)	€1,88		3	2000		€11 250			€5,63
		Gasolina y aceite 2T	€3 685,76	0,00015	4	9600		€21 230			€10,61
		Jornales control de maleza motoguadaña (cada 2 -3 meses)	€19 422,07	0,00015	4	9600				€111 871	€55,94
		Motoguadaña	€280,92	0,00015	4	9600			€1 618		€0,81
		Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		2	9600		€5 472			€2,74
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		2	9600		€11 520			€5,76
		Jornales control químico Herbicida Sistémico (2 veces por año)	€19 422,07	0,00018	2	9600				€68 366	€34,18
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	2	9600			€213		€0,11
		Jornales deshija (1 vez entre los 6 y 9 meses de edad)	€19 422,07	0,00200	1	600				€23 306	€11,65
		Gasolina y aceite 2T	€3 685,76	0,00093	1	2000		€6 825			€3,41
		Motosierra	€150,68	0,00093	1	2000			€279		€0,14
		Jornales poda rama baja (h=1.5m o 50% de la altura total)	€19 422,07	0,00093	1	2000				€35 967	€17,98
	Otros	Imprevistos (5%)					€3 579	€7 815	€105	€18 450	€14,97
	Subtotal						€75 154	€164 112	€2 215	€387 440	
	Total año 1						€628 921				€314,46
2	Regencia	Visita Regente año 2 (mínimo 1 visitas)	€33,75		1	2000	€67 500				€33,75

3		Inscripción Informe	€2,04		1	2000	€4 075				€2,04
	Mantenimiento	Jornales control de hormiga	€19 422,07	0,00067	2	2000				€51 792	€25,90
		Insecticida control de hormiga (Regent)	€1,88		2	2000		€7 500			€3,75
		Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		2	9600		€5 472			€2,74
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		2	9600		€11 520			€5,76
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	2	9600				€68 366	€34,18
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	2	9600			€213		€0,11
		Jornales deshija (2 veces en el año)	€19 422,07	0,00267	2	600				€62 151	€31,08
		Jornales poda baja (h=2.5m o 50% de la altura total)	€19 422,07	0,00163	1	2000				€63 230	€31,61
		Gasolina y aceite 2T	€3 685,76	0,00163	1	2000		€11 999			€6,00
		Motosierra de extensión	€393,35	0,00163	1	2000			€1 281		€0,64
		Jornales Poda de brotes de rama	€19 422,07	0,00054	3	2000				€62 597	€31,30
	Otros	Imprevistos (5%)					€3 579	€1 825	€75	€15 407	€10,44
	Subtotal						€75 154	€38 316	€1 568	€323 542	
	Total año 2						€438 580				€219,29
3	Regencia	Visita Regente año 3 (mínimo 1 visitas)	€33,75		1	2000	€67 500				€33,75
		Inscripción Informe	€2,04		1	2000	€4 075				€2,04
	Mantenimiento	Jornales control de hormiga	€19 422,07	0,00067	1	2000				€25 896	€12,95
		Insecticida control de hormiga (Regent)	€1,88		1	2000		€3 750			€1,88
		Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		1	9600		€2 736			€1,37
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		1	9600		€5 760			€2,88

4		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	1	9600				€34 183	€17,09
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	1	9600			€106		€0,05
		Jornales deshija o eliminación brote basal	€19 422,07	0,00200	1	600				€23 306	€11,65
		Jornales poda de brotes de rama	€19 422,07	0,00143	3	2000				€166 463	€83,23
		Gasolina y aceite 2T	€3 685,76	0,00433	1	2000		€31 909			€15,95
		Motosierra de extensión	€393,35	0,00433	1	2000			€3 405		€1,70
		Jornales poda rama gruesa hasta 5m (Segunda troza 5 m de altura)	€19 422,07	0,00433	1	2000				€168 145	€84,07
	Otros	Imprevistos (5%)					€3 579	€2 208	€176	€20 900	€13,43
	Subtotal						€75 154	€46 363	€3 687	€438 893	
	Total año 3						€564 097				€282,05
	4	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		1	9600		€2 736			€1,37
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		1	9600		€5 760			€2,88
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	1	9600				€34 183	€17,09
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	1	9600			€106		€0,05
		Serrucho cola de zorro de extensión	€22,90	0,01090	1	2000			€499		€0,25
		Jornales poda alta en arboles remanentes (Tercera troza 7.5 m de altura)	€19 422,07	0,01090	1	2000				€423 329	€211,66
		Jornales poda de brotes de rama	€19 422,07	0,00360	2	2000				€279 397	€139,70
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€425	€30	€36 845	€18,65
	Subtotal						€0	€8 921	€636	€773 755	

	Total año 4						C783 311				C391,66
5	Regencia	Regencia raleo (Certificado de Origen)	C93,75		1	800	C75 000				C37,50
		Inscripción Certificado de Origen	C6,46		1	800	C5 164				C2,58
		Asistencia técnica	C33,75		1	2000	C67 500				C33,75
	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	C0,29		0,33	9600		C903			C0,45
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	C0,60		0,33	9600		C1 901			C0,95
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	C19 422,07	0,00018	0,33	9600				C11 280	C5,64
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	C60,37	0,00018	0,33	9600			C35		C0,02
		Jornales poda de brotes de rama	C19 422,07	0,00360	2	1200				C167 638	C83,82
	Raleo	Jornales fiscalización de la corta	C19 422,07	0,00056	1	800				C8 632	C4,32
		Jornales marcaje del I raleo	C19 422,07	0,00167	1	800				C25 896	C12,95
		Jornales corta primer raleo, desrame, descope y troceo (troza 1.2 m para tarima)	C19 422,07	0,00150	1	800				C23 306	C11,65
		Gasolina y aceite 2T	C3 685,76	0,00150	1	800		C4 423			C2,21
		Motosierra	C150,68	0,00150	1	800			C181		C0,09
		Jornales extracción manual y empatiado de la madera de la madera	C19 422,07	0,00600	1	800				C93 226	C46,61
	Otros	Imprevistos (5%)					C7 383	C361	C11	C16 499	C12,13
	Subtotal						C155 047	C7 588	C227	C346 478	
	Total año 5						C509 340				C254,67
6	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	C0,29		0,33	9600		C903			C0,45
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	C0,60		0,33	9600		C1 901			C0,95

		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	9600				€11 280	€5,64
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	9600			€35		€0,02
		Jornales control de rebrotos de tocón	€19 422,07	0,00500	1	800				€77 688	€38,84
		Jornales poda de brotes de rama	€19 422,07	0,00360	1	1200				€83 819	€41,91
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€140	€2	€8 639	€4,39
	Subtotal						€0	€2 944	€37	€181 427	
	Total año 6						€184 408				€92,20
7	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	9600		€903			€0,45
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	9600		€1 901			€0,95
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	9600				€11 280	€5,64
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	9600			€35		€0,02
		Jornales poda de brotes de rama	€19 422,07	0,00360	1	1200				€83 819	€41,91
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€140	€2	€4 755	€2,45
	Subtotal						€0	€2 944	€37	€99 855	
	Total año 7						€102 835				€51,42
8	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	9600		€903			€0,45
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	9600		€1 901			€0,95
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	9600			€35		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	9600				€11 280	€5,64
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€140	€2	€564	€0,35
	Subtotal						€0	€2 944	€37	€11 844	
	Total año 8						€14 825				€7,41

9	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	9600		€903			€0,45
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	9600		€1 901			€0,95
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	9600			€35		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	9600				€11 280	€5,64
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€140	€2	€564	€0,35
	Subtotal						€0	€2 944	€37	€11 844	
	Total año 9						€14 825				€7,41
10	Regencia	Regencia raleo (Certificado de Origen)	€93,75		1	600	€56 250				€28,13
		Inscripción Certificado de Origen	€6,46		1	600	€3 873				€1,94
		Asistencia técnica	€33,75		1	1200	€40 500				€20,25
	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	9600		€903			€0,45
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	9600		€1 901			€0,95
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	9600			€35		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	9600				€11 280	€5,64
	Raleo	Jornales fiscalización de la corta	€19 422,07	0,00083	1	600				€9 711	€4,86
		Jornales marcaje del II raleo	€19 422,07	0,00270	1	600				€31 495	€15,75
		Jornales corta segundo raleo, desrame, descope y troceo (troza 1.2 m para tarima)	€19 422,07	0,00750	1	600				€87 399	€43,70
		Gasolina y aceite 2T	€3 685,76	0,00750	1	600		€16 586			€8,29
		Motosierra	€150,68	0,00750	1	600			€678		€0,34

		Jornales extracción con tractor agrícola y winche, empatriado de madera	€400,00		1	600				€240 000	€120,00
	Otros	Imprevistos (5%)					€5 031	€969	€36	€18 994	€12,52
	Subtotal						€105 654	€20 359	€749	€398 880	
	Total año 10						€525 642				€262,82
11	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	9600		€903			€0,45
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	9600		€1 901			€0,95
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	9600			€35		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	9600				€11 280	€5,64
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€140	€2	€564	€0,35
	Subtotal						€0	€2 944	€37	€11 844	
	Total año 11						€14 825				€7,41
12	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	9600		€903			€0,45
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	9600		€1 901			€0,95
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	9600			€35		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	9600				€11 280	€5,64
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€140	€2	€564	€0,35
	Subtotal						€0	€2 944	€37	€11 844	
	Total año 12						€14 825				€7,41
13	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	9600		€903			€0,45
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	9600		€1 901			€0,95

		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	9600			€35		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	9600				€11 280	€5,64
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€140	€2	€564	€0,35
	Subtotal						€0	€2 944	€37	€11 844	
	Total año 13						€14 825				€7,41
14	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	9600		€903			€0,45
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	9600		€1 901			€0,95
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	9600			€35		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	9600				€11 280	€5,64
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€140	€1,8	€564	€0,35
	Subtotal						€0	€2 944	€37	€11 844	
	Total año 14						€14 825				€7,41
15	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	9600		€903			€0,45
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	9600		€1 901			€0,95
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	9600			€35		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	9600				€11 280	€5,64
	Otros	Imprevistos (5%)					€0	€140	€2	€564	€0,35
	Subtotal						€0	€2 944	€37	€11 844	
	Total año 15						€14 825				€7,41
16	Regencia	Regencia Cosecha Final (Certificado de Origen)	€93,75		1	600	€56 250				€28,13
		Inscripción Certificado de Origen	€6,46		1	600	€3 873				€1,94

	Mantenimiento	Herbicida Hoja ancha (Espada 60WP - Metsulfuron)	€0,29		0,33	9600		€903			€0,45
		Herbicida Gramínea (Fusilade 12.5 EC)	€0,60		0,33	9600		€1 901			€0,95
		Bomba de espalda BOVI 18lts pro-18	€60,37	0,00018	0,33	9600			€35		€0,02
		Jornales control químico Herbicida Sistémico	€19 422,07	0,00018	0,33	9600				€11 280	€5,64
	Cosecha Final	Jornales fiscalización de la corta	€19 422,07	0,00083	1	600				€9 711	€4,86
		Jornales cosecha Final, tumba, descope, desrame y troceo (N= 27)	€19 422,07	0,00750	1	600				€87 399	€43,70
		Gasolina y aceite 2T	€3 685,76	0,00750	1	600		€16 586			€8,29
		Motosierra	€150,68	0,00750	1	600			€678		€0,34
		Jornales extracción con tractor agrícola y winche, empatriado de madera (Tarima y aserrío)	€400,00		1	600				€240 000	€120,00
	Otros	Imprevistos (5%)					€3 006	€969	€36	€17 420	€10,72
	Subtotal						€63 129	€20 359	€749	€365 810	
	Total año 16						€450 047				€225,02
	SUB TOTAL FINAL						€624 446	€1 430 963	€10 777	€3 912 373	
	TOTAL FINAL						€5 978 558				€2 990