

González-Rojas, Mariela; Murillo-Cruz, Rafael; Ávila Arias, Carlos  
Rentabilidad financiera de *Cedrela odorata* L. en sistemas agroforestales con café en  
Pérez Zeledón, Costa Rica  
Revista de Ciencias Ambientales, vol. 52, núm. 1, enero-junio, 2018, pp. 129-144  
Universidad Nacional  
Heredia, Costa Rica

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=665070589007>



# Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environmental Sciences



## Rentabilidad financiera de *Cedrela odorata* L. en sistemas agroforestales con café en Pérez Zeledón, Costa Rica

### Profitability of *Cedrela odorata* L. in agroforestry systems with coffee in Pérez Zeledón, Costa Rica

Mariela González-Rojas<sup>a</sup>, Rafael Murillo-Cruz<sup>b</sup>, Carlos Ávila Arias<sup>c</sup>

- a Regente forestal independiente y promotora forestal en Corporación CoopeAgri R. L., Costa Rica, [marielagr91@gmail.com](mailto:marielagr91@gmail.com)  
b Investigador y académico del Instituto de Investigación y Servicios Forestales, Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), Costa Rica  
[murillorafael5454@yahoo.com](mailto:murillorafael5454@yahoo.com)  
c Investigador y académico del Instituto de Investigación y Servicios Forestales, Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), Costa Rica  
[carlosenriquea79@gmail.com](mailto:carlosenriquea79@gmail.com)

#### Director y Editor:

Dr. Sergio A. Molina-Murillo

#### Consejo Editorial:

Dra. Mónica Araya, Costa Rica Limpia, Costa Rica  
Dr. Gerardo Ávalos-Rodríguez. SFS y UCR, USA y Costa Rica  
Dr. Manuel Guariguata. CIFOR-Perú  
Dr. Luko Hilje, CATIE, Costa Rica  
Dr. Arturo Sánchez Azofeifa. Universidad de Alberta-Canadá

#### Asistente:

Sharon Rodríguez-Brenes

#### Editorial:

Editorial de la Universidad Nacional de Costa Rica (EUNA)



Los artículos publicados se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) basada en una obra en <http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada del artículo, siempre y cuando se mencione la fuente y autoría de la obra.



# Rentabilidad financiera de *Cedrela odorata* L. en sistemas agroforestales con café en Pérez Zeledón, Costa Rica

## Profitability of *Cedrela odorata* L. in agroforestry systems with coffee in Pérez Zeledón, Costa Rica

Mariela González-Rojas<sup>a</sup>, Rafael Murillo-Cruz<sup>b</sup>, Carlos Ávila Arias<sup>c</sup>

Recibido: 14 de setiembre 2017. Aceptado: 24 de octubre 2017. Corregido: 15 de noviembre 2017. Publicado: 01 de enero 2018.

### Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar la producción de madera de cedro en sistemas agroforestales (SAF) con café, utilizando un modelo de predicción del volumen comercial obtenido en el área de estudio, así como la rentabilidad que se genera por la venta de café, madera y el pago por servicios ambientales (PPSA). El estudio se realizó en el cantón de Pérez Zeledón, provincia de San José, Costa Rica. Se establecieron 30 parcelas temporales de muestreo de 1 000 m<sup>2</sup> en SAF con cedro entre cinco y 17 años de edad. Se evaluó el crecimiento en diámetro (DAP) y la altura comercial (HC) de la especie, así como el manejo del SAF (actividades, insumos y rendimientos) y la producción de café mediante una entrevista al productor. Los modelos obtenidos permitieron predecir el volumen comercial (m<sup>3</sup> árb<sup>-1</sup>) en función de la edad ( $R^2 = 88,7\%$ ), el DAP ( $R^2 = 90,3\%$ ) y la HC ( $R^2 = 97,2\%$ ). La producción de café promedio de los sitios muestreados fue de 26 fanegas ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. A los 17 años de edad del cedro se obtuvo una producción de 1,04 m<sup>3</sup> árb<sup>-1</sup> (92,13 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) de madera en pie, lo cual representó un aporte financiero de 81 % del valor actualizado neto (VAN) del SAF en el período de análisis. Los indicadores financieros estimados permiten concluir que el SAF café-cedro es rentable, ya que generó un VAN positivo de ₡8 198 601,5, una tasa interna de retorno (TIR) de 16 %, la cual fue superior al costo del dinero (tasa de descuento de 6,1 %) y una relación B/C de 1,34.

**Palabras clave:** modelo de volumen comercial, producción, rentabilidad.

### Abstract

The objective of this research was to determine the production of cedar wood in agroforestry systems (AF) with coffee, using a prediction model of the commercial volume obtained in the study area, as well as the profitability generated by the sale of coffee, wood and payment for environmental services (PPSA). The study was carried out in the canton of Pérez Zeledón, province of San José, Costa Rica. There were established 30 temporary sampling plots of 1000 m<sup>2</sup> in AF with cedar between five and 17 years of age. The diameter growth (DBH) and the commercial

a Regente forestal independiente y promotora forestal en Corporación CoopeAgri R. L., Costa Rica, [marielagr91@gmail.com](mailto:marielagr91@gmail.com)

b Investigador y académico del Instituto de Investigación y Servicios Forestales, Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), Costa Rica, [murillorafael5454@yahoo.com](mailto:murillorafael5454@yahoo.com)

c Investigador y académico del Instituto de Investigación y Servicios Forestales, Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), Costa Rica, [carlosenriquea79@gmail.com](mailto:carlosenriquea79@gmail.com)



height (CH) of the species were evaluated, as well as the management of the SAF (activities, inputs and yields) and coffee production through the producer interview. The obtained models allowed to predict the commercial volume ( $\text{m}^3 \text{ tree}^{-1}$ ) according to age ( $R^2 = 88.7\%$ ), DBH ( $R^2 = 90.3\%$ ) and CH ( $R^2 = 97.2\%$ ). The average coffee production of the sampled sites was  $26 \text{ fanegas ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ . At the age of 17 years of the cedar, a production of  $1.04 \text{ m}^3 \text{ tree}^{-1}$  ( $92.13 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) of standing timber was obtained, which represented a financial contribution of 81 % of the net present value (NPV) of the AF in the analysis period. The estimated financial indicators allow concluding that the coffee-cedar AF is profitable since it generated a positive NPV of  $\text{€ } 8\,198\,601,5$ , an internal rate of return (IRR) of 16 % which was higher than the cost of money (discount rate of 6.1 %) and a B/C ratio of 1.34.

**Keywords:** commercial volume model, production, profitability.

## 1. Introducción

En muchos países latinoamericanos se ha promovido la diversificación de los cafetales para reducir la dependencia de su cultivo como fuente principal de ingresos (Yépez, 2002). Además, considerando la reducción en la oferta de los productos forestales provenientes de los bosques en Costa Rica (Barrantes y Ugalde, 2015), los sistemas agroforestales con café tienen el potencial para producir madera de alta calidad para el mercado local y mundial. En Costa Rica los cafetales cubren  $84\,133 \text{ ha}$  y están en manos  $26\,527$  productores (INEC, 2015), encontrándose además que el 82 % del área cafetalera se mantiene bajo sombra, principalmente con especies de servicio del género *Inga spp.* (50 %) y en algunos casos con maderables (17 %) (Arrieta, Virginio-Filho, Rapidel y Ropusar, 2015).

La región cafetalera de Pérez Zeledón cuenta con un área de  $12\,522,8 \text{ ha}$  de café, que representa un 15 % del área total nacional destinada a este cultivo (INEC, 2015). Orozco, López, Rojas y Somarriba (2005) mencionan que las especies maderables más frecuentes en cafetales de Pérez Zeledón son *Terminalia ivorensis*, *Terminalia amazonia*, *Eucalyptus spp.* y *Cedrela odorata*. En esta zona, CoopeAgri R. L. ha incentivado a los caficultores para que planten árboles maderables de alto valor comercial como el cedro (*Cedrela odorata*).

La madera de cedro amargo se ha utilizado en la elaboración de muebles, decoración de interiores, lanchas, puertas e instrumentos musicales, armarios y cajas para almacenamiento (Timyan, 1996; Arnáez y Flores, 1988). En el mercado nacional, según estadísticas de la Oficina Nacional Forestal (ONF, 2016), la del cedro amargo sigue posicionada como una de las maderas con los mejores precios en el mercado, alcanzando en el primer semestre del 2016 un precio promedio de  $\text{€ } 241$  la pulgada maderera tica en pie ( $1 \text{ pmt} = 2,54 \text{ cm} \times 2,54 \text{ cm} \times 3,36 \text{ m}$ ).

El ataque del barrenador (*Hypsipyla grandella*) es el mayor problema en la producción de madera de calidad de esta especie, sin embargo, en plantaciones agroforestales se han observado ataques menores (ACEEFN, 1992). Además, las especies forestales crecen más en diámetro y altura en estos sistemas que en plantaciones puras (Somarriba, Valdivieso, Vásquez y Galloway, 2001; Suatunce, Díaz y García, 2009; Hernández, Beer y Von Planten, 1997; Villareal, Carrero, Arends, Sánchez y Escalante, 2006). El crecimiento de la especie en la plantación y en ausencia del barrenador, bajo buenas condiciones de sitio y luz puede variar entre 1,3 y 1,6 m en altura y, en sistemas agroforestales, entre 2 y 3  $\text{cm año}^{-1}$  en diámetro (DAP) y 2  $\text{m año}^{-1}$  en altura (Herrera y Lanuza, 1997).



En la actualidad se han desarrollado varios modelos de predicción del volumen comercial de la especie en países como Honduras, Colombia y México (Osorio, 1983; PROECEN, 2003; Galán, De los Santos y Valdez, 2008; Jiménez, 2012). En Costa Rica, Ford (1979) desarrolló un modelo de predicción del volumen comercial del cedro, creciendo en SAF de café en San Carlos y en Tabarcia de Mora. Otros modelos más generales como el de Lojan (1966) también permiten predecir el volumen de la especie.

Por otro lado, la utilización de indicadores financieros como el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio-costos (B/C) son claves para promover este tipo de SAF. Análisis financieros en SAF y plantaciones puras de café en la Reserva de La Amistad, Costa Rica, demostraron que la incorporación del componente maderable mejoró los ingresos. En este caso el sistema café-eucalipto generó un VAN de \$1 484 ha<sup>-1</sup> (270 árboles ha<sup>-1</sup>), mientras que el café en monocultivo tuvo un VAN de \$1 270 ha<sup>-1</sup> (Mehta y Leuschner 1997). Dzib-Castillo (2003) determinó que el ingreso de madera de *Terminalia amazonia*, en asocio con cafetales de Pérez Zeledón, representó un aporte de 54 % de los ingresos totales, con una producción de madera de 69 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a los ocho años de edad y 21 fanegas ha<sup>-1</sup> de café.

Los árboles maderables asociados al cultivo de café pueden representar una opción atractiva para mejorar los ingresos de los caficultores. Dada la importancia de generar conocimiento y convencimiento sobre establecer este tipo de sistemas, el objetivo del presente estudio fue determinar la producción comercial de cedro en asocio al café, con base en un modelo de volumen comercial obtenido en la zona de estudio, así como la rentabilidad del SAF a los 17 años de la plantación.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Localización y características del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en los distritos de Río Nuevo, General, Platanares, Pejibaye, Cajón y San Pedro del cantón de Pérez Zeledón, provincia San José de Costa Rica. En Pérez Zeledón las lluvias oscilan de los 2 000 a los 4 000 mm anuales y la temperatura promedio anual registrada es entre 18 y 24 °C (Bolaños, Watson y Tosi, 2005). Posee una estación seca de diciembre a marzo y la precipitación máxima mensual se presenta en los meses de setiembre y octubre (Fallas y Valverde, 2005).

El estudio se realizó en una distribución altitudinal entre los 593 msnm y los 928 msnm, en sitios con pendientes entre 1 % y 70 %. El tamaño promedio de las fincas donde se efectuó el estudio fue de 6,24 ha (±5,03 ha). El café se manejó comúnmente a una densidad de 5 000 plantas ha<sup>-1</sup> y la sombra se componía por especies de servicio múltiple: poró (*Erythrina spp*), guaba (*Inga spp*) o musáceas, frecuentemente a una densidad de 625 plantas ha<sup>-1</sup>. El tipo de arreglo de siembra del cedro fue en combinación con el cultivo de café a diferentes distanciamientos, por lo que se encontraba a densidades variables entre 61 y 503 árb ha<sup>-1</sup>, desde el establecimiento hasta el ciclo final de corta. Cabe destacar que ninguna plantación había sido raleada al momento de la evaluación.



Predominan suelos de origen ultisol, con pH menores a 5, contenidos altos de acidez de  $2,29 \text{ cmol L}^{-1}$  ( $\pm 2,28 \text{ cmol L}^{-1}$ ) en promedio, saturación de acidez de 31,6 % ( $\pm 23,3$  %), contenidos bajos de calcio ( $< 4 \text{ cmol L}^{-1}$ ), fósforo ( $< 12 \text{ mg L}^{-1}$ ) y niveles medios de magnesio, potasio, zinc y boro (Molina y Meléndez, 2002). La densidad aparente del suelo en los sistemas agroforestales oscila en un rango de 0,55 a  $0,94 \text{ g cm}^{-3}$ , siendo en promedio de  $0,81 (\pm 0.09 \text{ g cm}^{-3})$ .

## 2.2 Muestreo

Utilizando las fincas registradas en CoopeAgri R. L. sometidas al Programa de Pago por Servicios Ambientales (PPSA) del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), se construyó una base de datos con las fincas cafetaleras donde se ha establecido cedro en combinación con café con más de cinco años de edad. La edad máxima encontrada fue de 17 años, sin embargo, no se identificaron sistemas con cedro entre 13 y 16 años de edad.

Mediante una visita previa de campo se realizó un muestreo selectivo y se eligieron solo aquellos sitios que presentaban un lote de café con cedro con edad homogénea en un área mínima de  $1\,000 \text{ m}^2$ , ubicada a 10 m de distancia de caminos y a 15 m de áreas de protección, para evitar el efecto de borde sobre el crecimiento de la especie. Se encontraron 21 fincas con estas características donde se establecieron 30 parcelas temporales de muestreo. Para cedro entre las edades de dos y 11 años, se establecieron tres unidades de muestreo por edad; en el caso de 12 años, cuatro unidades y en cuanto a 17 años, cinco unidades. Se utilizó una intensidad de muestreo de 2 % en función del área total sembrada. El muestreo se llevó a cabo entre mayo y agosto del 2015.

## 2.3 Análisis de la información

### 2.3.1 Modelo de predicción del volumen comercial de cedro

Dentro de las parcelas se colectó información sobre el crecimiento comercial del cedro, para un total de 542 árboles. Se midió el diámetro (cm) (DAP) a 1,30 m del suelo con cinta diamétrica y la altura comercial (m) (HC) (considerando un diámetro mínimo de 20 cm) con clinómetro. Con esta información se calculó el volumen comercial por edad (Cuadro 1). El volumen se calculó utilizando la Ecuación 1 (Lojan, 1966):

$$VC = (0,0000837876) * (DAP^{2,03986}) * (Hc^{0,779}) \quad (1)$$

Donde:

VT = Volumen total ( $\text{m}^3$ ).

DAP = Diámetro a 1,30 m de la base del árbol (cm) con cinta diamétrica

HT = Altura total (m) con clinómetro



**Cuadro 1.** Crecimiento en diámetro (DAP), altura comercial (HC) y volumen comercial (VC) del cedro en asociación con café, Pérez Zeledón, Costa Rica

| DAP (cm) |                        |        |        |       |       | HC (m) |      |       |       | VC <sub>pie</sub> (m <sup>3</sup> árb <sup>-1</sup> ) |       |       |       |
|----------|------------------------|--------|--------|-------|-------|--------|------|-------|-------|---|-------|-------|-------|
| Edad     | Cantidad               | Mínimo | Máximo | Media | D. E. | Mín    | Máx  | Media | D. E. | Mín   | Máx   | Media | D. E. |
|          | Árb Com                |        |        |       |       |        |      |       |       |   |       |       |       |
|          | • 20 cm <sub>DAP</sub> |        |        |       |       |        |      |       |       |   |       |       |       |
| (%)      |                        |        |        |       |       |        |      |       |       |   |       |       |       |
| 5        | 0                      | 15,3   | 16,0   | 15,8  | 0,40  | 0,0    | 0,0  | 0,00  | 0,00  | 0,000   | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 6        | 0                      | 9,0    | 15,1   | 11,6  | 3,16  | 0,0    | 0,0  | 0,00  | 0,00  | 0,000   | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 7        | 34                     | 15,4   | 21,1   | 18,6  | 2,93  | 2,5    | 5,0  | 4,17  | 1,44  | 0,000   | 0,106 | 0,070 | 0,060 |
| 8        | 43                     | 12,9   | 25,8   | 21,0  | 7,03  | 3,0    | 7,5  | 5,60  | 2,33  | 0,010   | 0,307 | 0,189 | 0,157 |
| 9        | 90                     | 26,3   | 35,9   | 31,2  | 4,80  | 5,9    | 7,5  | 6,73  | 0,8   | 0,286   | 0,609 | 0,444 | 0,162 |
| 10       | 71                     | 18,4   | 32,3   | 25,9  | 7,02  | 4,3    | 7,8  | 6,03  | 1,75  | 0,080   | 0,509 | 0,294 | 0,215 |
| 11       | 89                     | 23,9   | 37,5   | 31,3  | 6,87  | 4,3    | 10,0 | 7,17  | 2,85  | 0,173   | 0,823 | 0,492 | 0,325 |
| 12       | 89                     | 22,6   | 31,6   | 27,5  | 3,91  | 4,9    | 7,0  | 6,25  | 0,95  | 0,175   | 0,466 | 0,322 | 0,126 |
| 17       | 100                    | 35,2   | 49,5   | 43,3  | 5,52  | 9,0    | 11,3 | 10,00 | 0,91  | 0,700   | 1,505 | 1,204 | 0,321 |

De acuerdo con los valores de crecimiento del cuadro anterior, se construyeron modelos de predicción simple del volumen comercial con corteza, utilizando como variables predictoras la edad, la altura comercial y el DAP, a partir de árboles con un DAP mínimo de 20 cm. La elección de los modelos consideró como criterios de ajuste el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el  $R^2$  ajustado, el cuadrado medio del error (CME) y el error estándar (E. E.).

Como una última fase para elegir el mejor modelo, se analizó la diferencia agregada y el análisis de residuales. El estadístico de la diferencia agregada (DA) se utilizó para conocer las diferencias entre el valor real del muestreo y el estimado por los modelos, considerando una diferencia menor al 10 % para confirmar la viabilidad del modelo. Este estadístico se obtuvo mediante la diferencia del valor observado menos el estimado (Prodan, Rolan, Cox y Real, 1997). Como segundo criterio se empleó la gráfica de residuales para presenciar la dispersión de las diferencias (Moret, Jerez y Mora, 1998). Si los residuales estandarizados eran menores que tres desviaciones estándar, el modelo se calificaba como válido. Para todo lo anterior, se utilizó el programa *Stat Graphics* versión 16.1.18.

### 2.3.2. Calidad de árbol

Se evaluó la calidad de los árboles en el SAF con el promedio ponderado de la calidad individual de las primeras cuatro o cinco trozas comerciales de 2,5 m de largo cada una. Esto con el fin de evidenciar el manejo que se le dio al cedro. El peso ponderado de la troza en el fuste se basó en su aporte al volumen total, según la cantidad de trozas (Murillo y Badilla, 2004):





Árbol con 1 troza= $T1 \times 1$

Árbol con 2 trozas= $T1 \times 0,6 + T2 \times 0,4$

Árbol con 3 trozas= $T1 \times 0,44 + T2 \times 0,33 + T3 \times 0,22$

Árbol con 4 trozas= $T1 \times 0,4 + T2 \times 0,3 + T3 \times 0,2 + T4 \times 0,1$

Árbol con 5 trozas= $T1 \times 0,4 + T2 \times 0,3 + T3 \times 0,15 + T4 \times 0,1 + T5 \times 0,05$

### 2.3.3 Análisis de la rentabilidad

Se determinó la rentabilidad del sistema agroforestal con las estructuras de costos e ingresos por hectárea desde el establecimiento del SAF hasta los 17 años, edad a la que se evaluó el mayor crecimiento del cedro.

A los 21 propietarios se les consultó mediante una entrevista semiestructurada las actividades de manejo que habían realizado en el SAF desde el establecimiento hasta el momento de la evaluación, así como la producción de café en año de alta y baja producción (fanegas por hectárea). Con la información obtenida (frecuencia, cantidad, productos y rendimientos), se definió un promedio de cantidad de producto y frecuencia de aplicación anual por hectárea para cada actividad de manejo y la mano de obra requerida, con la cual se construyó la estructura de costos (**Cuadro 2** y **Cuadro 3**), esa que fue verificada y comparada con la estructura de costos del Instituto del Café (ICAFFE, 2015). Se utilizaron los precios de insumos a enero del 2016 del Centro de Suministros CoopeAgri R. L., ubicado en San Isidro del General, Pérez Zeledón. El costo por cajuela de café cosechada (1/20 de fanega) consideró el precio pagado por cajuela en la zona para la cosecha 2015-2016 (¢1 000 colones cajuela<sup>-1</sup>). El costo del jornal se calculó con base en el salario mínimo de acuerdo con el Decreto Ejecutivo 39055 y no incluye cargas sociales. El costo de establecimiento de las plantas se estimó a partir de una densidad de 5 000 plantas ha<sup>-1</sup> de café, 100 árb ha<sup>-1</sup> de cedro y 625 árboles de servicio múltiple (poró (*Erythrina sp*) o guaba (*Inga spp*)). Se utilizó el precio de venta del Vivero CoopeAgri: ¢175 planta de café<sup>-1</sup> y ¢190 árb. de cedro<sup>-1</sup>. Los árboles como el poró y la guaba son producidos dentro de la misma finca y, por esta razón, solo se incluyó el costo de establecimiento.

Los ingresos consideraron la venta de café, la venta de madera de cedro y el incentivo del PPSA del FONAFIFO para sistemas agroforestales de café. Se determinó un promedio de producción de café por finca, considerando el valor de producción en año de alta y baja producción, según lo indicado por los propietarios de las fincas muestreadas. Para determinar el ingreso por la venta de café, se utilizó un promedio general de las 21 fincas y se usaron los precios históricos de la fanega de café (Inverniz) registrados por la Cooperativa CoopeAgri R. L. en los últimos 17 años (1998-2015), actualizados con la inflación anual del Banco Central de Costa Rica (BCCR).

La determinación del volumen comercial en pie se realizó con el modelo de predicción del volumen comercial con corteza por árbol (m<sup>3</sup>) obtenido en el estudio, en función del diámetro promedio a los 17 años de edad. Se efectuó la conversión del volumen comercial con corteza en metros cúbicos al sistema de medición empleado en Costa Rica (pulgadas madereras ticas, pmt), donde 362 pmt = 1 m<sup>3</sup>.

El ingreso por la venta de madera se calculó utilizando una densidad de 88 (±16) árboles por hectárea, según lo encontrado en las parcelas establecidas a los 17 años de edad. El precio





de la pulgada maderera tica en pie correspondió al promedio de los valores consultados a diez comerciantes y productores vinculados al comercio del cedro en la zona de estudio. El ingreso del incentivo del PPSA se estimó con base en el decreto vigente en el 2015 (Decreto 39083-MI-NAE), el cual considera una densidad máxima de 277 árb ha<sup>-1</sup> a un monto de ₡929 árb<sup>-1</sup> desembolsados en los primeros tres años (65 %, 20 % y 15 %) y con un costo de regencia de 18 % (porcentaje utilizado en CoopeAgri para SAF).

La rentabilidad del sistema agroforestal se analizó mediante los indicadores financieros valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio-costos (R B/C). Los flujos netos se proyectaron a 17 años utilizando el promedio de la inflación anual del Banco Central de Costa Rica (BCCR) del 2006 al 2015 (6,1 %). La tasa de actualización utilizada para estimar el VAN y la R B/C fue de 6 %, de acuerdo con la tasa de interés hipotecaria utilizada por el Programa de Crédito del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) para producción forestal.

**Cuadro 2.** Estructura de costos por hectárea por años de las actividades de manejo del SAF café-cedro en Pérez

| Actividad                                       | Año 1       | Año 2      | Año 3       | Año 4*      | Año 5**     |
|---|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Preparación del terreno                         | ₡105 585,92 |            |             |             |             |
| Ahoyado para siembra y resiembra de café        | ₡144 500,81 | ₡15 210,61 |             |             |             |
| Ahoyado para siembra y resiembra de cedro       | ₡5 000,00   | ₡292,51    |             |             |             |
| Siembra de café                                 | ₡152 106,12 | ₡15 210,61 |             |             |             |
| Siembra de cedro                                | ₡3 042,12   | ₡304,21    |             |             |             |
| Control fitosanitario del cedro                 | ₡2 399,68   |            |             |             |             |
| Establecimiento de sombra (árboles de servicio) | ₡38 026,53  |            |             |             |             |
| Obras de conservación de suelos                 | ₡76 053,06  |            |             |             |             |
| Encalado  | ₡15 210,61  |            |             | ₡15 210,61  |             |
| Aplicación de abono orgánico                    | ₡22 815,92  | ₡22 815,92 | ₡22 815,92  | ₡22 815,92  | ₡22 815,92  |
| Aplicaciones de abono químico                   | ₡68 447,75  | ₡68 447,75 | ₡68 447,75  | ₡68 447,75  | ₡68 447,75  |
| Control manual de hierbas                       | ₡30 421,22  | ₡30 421,22 | ₡30 421,22  | ₡30 421,22  | ₡30 421,22  |
| Aplicación de herbicidas                        | ₡30 421,22  | ₡30 421,22 | ₡30 421,22  | ₡30 421,22  | ₡30 421,22  |
| Aplicación de fertilizantes foliares            | ₡30 421,22  | ₡30 421,22 | ₡30 421,22  | ₡30 421,22  | ₡30 421,22  |
| Aplicación de insecticidas                      | ₡15 210,61  | ₡15 210,61 | ₡15 210,61  | ₡15 210,61  | ₡15 210,61  |
| Aplicación de fungicidas                        | ₡45 631,83  | ₡45 631,83 | ₡45 631,83  | ₡45 631,83  | ₡45 631,83  |
| Poda cedro                                      |             | ₡15 210,61 |             |             |             |
| Regulación de sombra                            |             | ₡45 631,83 | ₡45 631,83  | ₡45 631,83  | ₡45 631,83  |
| Mantenimiento de finca                          |             | ₡15 210,61 | ₡15 210,61  | ₡15 210,61  | ₡15 210,61  |
| Poda del café                                   |             |            |             | ₡38 026,53  | ₡38 026,53  |
| Deshija del café                                |             |            |             | ₡60 842,45  | ₡60 842,45  |
| Cosecha del café                                |             |            | ₡520 000,00 | ₡520 000,00 | ₡520 000,00 |
| Transporte de café fruta hasta centro de acopio |             |            | ₡52 000,00  | ₡52 000,00  | ₡52 000,00  |

\*Los costos del año 4 cuatro se presentan sucesivamente cada tres años (encalado).

\*\*Los costos del año 5 son igual a los años siguientes, exceptuando en los que se hace encalado.



**Cuadro 3.** Precio de insumos de la estructura de costos del manejo del SAF café-cedro en Pérez Zeledón

| Insumos                            | Unidad | Precio de producto (€) |
|------------------------------------|--------|------------------------|
| Plantas de café                    | Planta | 175                    |
| Árboles de cedro                   | Planta | 190                    |
| Abono orgánico (El sembrador)      | 45 Kg  | 1 300                  |
| Fórmula nitrogenada (Nitron)       | 45 Kg  | 9 150                  |
| Fertilizante químico (18-5-15-6-2) | 50 kg  | 11 121                 |
| Foliar (Mg)                        | 25 Kg  | 3 505                  |
| Foliar (Zn)                        | 25 Kg  | 14 793                 |
| Foliar (B)                         | 25 Kg  | 16 824                 |
| Fungicida (Soprano*)               | 1 L    | 14 163                 |
| Insecticida (Diazinon*)            | 1 L    | 5 226                  |
| Coadyuvante                        | 1 L    | 3 283                  |
| Preemergente                       | 1 L    | 7 840                  |
| Cal                                | 23 Kg  | 2 028                  |
| Herbicida (Glifosato)              | 1 L    | 2 200                  |
| Herbicida (Diquat)*                | 1 L    | 5 004                  |
| Serrucho podador                   | 1      | 10 000                 |
| Insecticida cedro (Decis *)        | 1 L    | 30 489                 |

\*Se utiliza los dos primeros años de la plantación.

## 2.4 Supuestos del modelo financiero

- Los precios de la madera e insumos son conocidos y constantes durante el período del análisis.
- Los rendimientos de producción forestal son conocidos y libres de riesgos biológicos y ambientales.
- El mercado de capitales es imperfecto. Hay varias tasas de interés para prestar y arrendar dinero.
- El precio de la madera asumido corresponde al reportado por los entrevistados y puede variar por calidad de la madera y condiciones en el sitio.
- El modelo de crecimiento del cedro, con el que se calculó el volumen comercial disponible, es genérico y corresponde a la curva de crecimiento medio de los datos encontrados durante la evaluación hasta una edad de 17 años.
- Los ingresos por la venta de madera se basan en una corta final del componente forestal a los 17 años.
- La producción de café se basa en un promedio general de la cantidad de fanegas producidas en año de alta y baja producción, según lo indicado por los entrevistados.
- Para los precios que no corresponden al año en estudio (2016), se utilizó la inflación del Banco Central de Costa Rica (BCCR) para actualizarlos.
- La rentabilidad calculada es genérica, con base en las características de la finca promedio de la zona de estudio y no puede ser tomada como recomendación específica para cada finca.



### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Modelos de predicción del volumen comercial del cedro

Los modelos de predicción del volumen comercial del cedro ( $VC_c \text{ } \text{arb}^{-1} \text{ m}^3$ ) determinados para la zona de estudio predijeron más del 90 % de la variabilidad en función del DAP y la HC y en un 79 % utilizando la edad (**Cuadro 4**). Al analizar la diferencia agregada de los modelos seleccionados, con respecto a los valores observados se presentó una diferencia promedio de un 2 % empleando la altura comercial como variable predictora y menor al 1% al usar el DAP y la edad.

El modelo en función de la HC predijo el volumen a partir de trozas con valores superiores a 2,5 m. En el caso del modelo fundamentado en el DAP, estimó a partir de 16,25 cm y con base en la edad desde 5,2 años de la plantación. Ford (1979) implementó un modelo de predicción del volumen comercial del cedro asociado a cafetales de San Carlos y Puriscal de Costa Rica, en función del DAP, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 98 %; este modelo predice a partir de diámetros de 5,7 cm.

**Cuadro 4.** Modelos de regresión simple para la predicción del volumen comercial con corteza por árbol de cedro ( $VC_c \text{ } \text{arb}^{-1}$ ) en cafetales de Pérez Zeledón

| Ecuación   | $R^2$ (%) | $R^2$ ajustado (%) | CME   | E. E. | Valor-P |
|--|-----------|--------------------|-------|-------|---------|
| $VC_c \text{ } \text{arb}^{-1} = -0,627329 + 0,0386481 \cdot \text{DAP}$     | 90,3      | 90,0               | 0,019 | 0,13  | 0,0000  |
| $VC_c \text{ } \text{arb}^{-1} = (-0,331307 + 0,138545 \cdot \text{HC}^2)$   | 97,2      | 94,4               | 0,007 | 0,08  | 0,0000  |
| $VC_c \text{ } \text{arb}^{-1} = -0,117677 + 0,00444514 \cdot \text{Edad}^2$ | 88,7      | 78,7               | 0,040 | 0,20  | 0,0000  |

DAP: diámetro a 1,30 del suelo (cm); HC: altura comercial (m), edad (años).

#### 3.2. Manejo y costos del SAF café-cedro

El manejo del cedro consistió en la aplicación de insecticida para el control del barrenador y una poda anual; los caficultores manifestaron no realizar una fertilización adicional a la del cultivo de café. El 29 % de los productores realizaron ambas prácticas de manejo (seis de 21 productores), un 33 % aplicó solamente alguno de los dos mecanismos (control fitosanitario o poda de formación) y un 38 % no utilizó ningún tipo de manejo a los árboles de cedro. De los caficultores que aplicaron control fitosanitario al cedro, el 90 % lo hizo una única vez en el primer año de establecimiento; mientras que el 83 % de quienes llevaron a cabo podas de formación efectuó solo una poda antes de los tres años de edad.

A pesar de que los productores del estudio señalaron que no fue necesario realizar el control fitosanitario del cedro, pues no se manifestó el ataque del barrenador, en la mayoría de las fincas (57 %) se encontraron árboles de cedro calidad dos, esto principalmente porque los árboles poseían bifurcaciones en algún punto de las primeras tres a cuatro trozas y ramas gruesas en la zona comercial del fuste. Por lo tanto, esto permite deducir que hubo ataque del barrenador de las meliáceas y evidencia que los caficultores no efectuaron un manejo adecuado de podas y control fitosanitario del cedro en los primeros años de establecimiento de la plantación.



En un estudio realizado por [Álvarez \(2014\)](#), el costo de hacer control intensivo de la palomilla en el cedro en plantación ( $833 \text{ árb ha}^{-1}$ ), es decir, una aplicación mensual de insecticida (terbufos) durante los tres primeros años de establecimiento, fue de  $\text{C}\$1\,890\,442,6 \text{ ha}^{-1}$ . Al adaptar este monto a las condiciones del SAF café-cedro ( $100 \text{ árb ha}^{-1}$ ), el costo de hacer control fitosanitario sería aproximadamente de  $\text{C}\$226\,950 \text{ ha}^{-1}$ , o sea, un 47 % mayor al costo estimado en este estudio, en caso de que el productor realice un manejo óptimo del cedro en el SAF.

El manejo eficiente de los árboles de cedro implicaría la fumigación mensual de la yema principal del árbol desde el primer año de establecimiento hasta los dos o tres años de edad, lo cual tendría un costo aproximado de  $\text{C}\$39\,772 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , así como la fertilización anual ( $100 \text{ g árb}^{-1}$ ) al menos tres años ( $\text{C}\$9\,829 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) y una poda anual del año dos al seis (cinco podas) ( $\text{C}\$119\,316 \text{ ha}^{-1}$ ), lo cual costaría alrededor de  $\text{C}\$312\,590 \text{ ha}^{-1}$ . Este monto es un 81 % mayor al costo en el que incurrieron los caficultores de los SAF evaluados en la incorporación del cedro.

En el caso del manejo del café, el 81 % de los productores aplicó una fertilización mayor a  $14 \text{ sacos ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (en promedio  $18 \text{ sacos ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ), se realizaron en promedio dos limpiezas de hierbas manuales, dos químicas anuales y tres aplicaciones anuales de fungicidas. Se aplicó encalado al suelo ( $690 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  de cal) el primer año de siembra, y posteriormente cada tres años. La poda de cafetos (una por año) y la deshija (dos anuales) se llevaron a cabo a partir del cuarto año de la plantación, lo que representó un aumento del 10 % en los costos.

En general, el costo de mano de obra durante el período de análisis significó un 29 % de los costos totales, la compra de insumos un 36 % y la cosecha y transporte del café 35 %. La primera recolección de café al tercer año de la plantación elevó los costos del sistema un 53 % con respecto al año anterior. La fertilización aplicada al suelo fue la actividad de manejo más costosa en el período de análisis ( $\text{C}\$7\,417\,434,39$ ), la cual consistió en la aplicación en tres partes de la fórmula completa 18-5-15-6-2 ( $810 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ), más una de fertilizante nitrogenado ( $73 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) y de abono orgánico ( $4,5 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ). El Instituto del Café de Costa Rica recomienda  $629 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  de fórmula completa en cafetales con una producción media ( $24 \text{ a } 36 \text{ fan ha}^{-1}$ ). En la zona de Pérez Zeledón, [Ramírez \(2014\)](#) recomienda que el cedro en combinación con el cultivo de café se fertilice con  $100 \text{ g árb}^{-1}$  de la fórmula 18-5-15-6-2 en el momento de la fertilización del café y además se refuerce al cuarto y séptimo año (momento en que se tiende hacer poda de ramas) con fórmulas altas en N y  $\text{K}_2\text{O}$ .

A pesar de que los caficultores manifestaron no haber realizado ninguna fertilización al cedro, la aplicación al SAF fue mayor a lo recomendado para el café, por lo que es posible que exista una sinergia positiva entre el manejo del café y el crecimiento del cedro. No obstante, el objetivo principal del productor fue la producción de café y, por tanto, tales costos se le atribuyeron a este cultivo. El costo promedio de producción de una fanega de café en los SAF evaluados fue de  $\text{C}\$57\,421$ , considerando la inversión a partir del primer año. El [ICAFFE \(2015\)](#) menciona que para una producción promedio de  $30,5 \text{ fan ha}^{-1}$ , el costo de producción es de  $\text{C}\$57\,355 \text{ fan}^{-1}$ . Este monto es ligeramente menor al estimado, aun sin considerar la inversión de los primeros años, sin embargo, incluye cargas sociales (43,6 %).



### 3.3 Producción e ingresos del SAF café-cedro

En los primeros dos años del SAF, solo se percibió el ingreso del incentivo del PPSA, el cual fue de ₡203 154 ha<sup>-1</sup> al año uno (65 % del monto total) y ₡62 509 ha<sup>-1</sup> al año dos (20 % del monto total). El último desembolso del PPSA al año tres fue de ₡46 882 ha<sup>-1</sup> (15 % del monto total), mismo año en que se percibió el primer ingreso por la venta de café. El PPSA permitió percibir un ingreso total al SAF de ₡312 545 ha<sup>-1</sup> (1 % del total de ingresos en 17 años).

La producción de café promedio de los sitios muestreados fue de 26 fanegas ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Esta se consideró de baja a media, según el promedio general nacional de producción de café en Costa Rica (ICAFFE, 2015). Dzib-Castillo (2003) determinó una producción menor de 21 fanegas ha<sup>-1</sup> en cafetales de Pérez Zeledón asociados a *Terminalia amazonia*. Ambas producciones de café en la zona en estudio concuerdan con Mata y Ramírez (2002), quienes afirman que en los cafetales de Pérez Zeledón la producción promedio varía entre 25 y 30 fanegas ha<sup>-1</sup>.

El modelo de predicción del volumen comercial del cedro estimado para la zona de estudio en función del DAP indicó una producción de madera en pie de 92,13 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a los 17 años de la plantación, con un DAP promedio de 43,3 cm y una densidad de 88 árb ha<sup>-1</sup>. Ford (1979) encontró un volumen similar del cedro (77,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) en asocio con cafetales de San Carlos, Costa Rica, a la edad de 17,5 años, con DAP de 42,6 cm, HC de 8,7 m y una densidad de 84 árb ha<sup>-1</sup>. En SAF de café con cedro en Honduras, la especie generó 0,90 m<sup>3</sup> árb<sup>-1</sup>, es decir, 79,2 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, si se compara con la densidad de árboles utilizada en el estudio (Dias, 2015). Jiménez (2012) afirma que el potencial productivo de cedro en cafetales de Honduras podría alcanzar más de los 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (3,33 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) a los 30 años de edad, dependiendo de la densidad de plantación y el manejo silvicultural.

Durante el período de análisis (17 años), el ingreso neto por la venta de café se comportó irregular principalmente por la variabilidad en los precios de la fanega (Figura 1). Los precios más bajos se registraron en el período de producción en los años 2000-2003, lo que coincidió con los ingresos más bajos del SAF del año tres al seis, registrándose pérdidas de hasta ₡517 383 ha<sup>-1</sup>. Los ingresos por la venta de café fueron positivos a partir del año siete, momento en que el precio actualizado se mantuvo superior a ₡65 000 por fanega. El ingreso más alto por venta de café permitió al caficultor obtener una ganancia de ₡1 255 200 ha<sup>-1</sup> al año 14; el resto de los años cuando el ingreso neto fue positivo, el ingreso se mantuvo entre ₡303 559 y ₡688 806 ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Por otro lado, la madera de cedro en pie en la zona de estudio se cotizó a un precio entre ₡150 y ₡250 pmt<sup>-1</sup>, variando según los intereses particulares del comprador, como las dimensiones del árbol (DAP y HC) y las condiciones del sitio (ubicación, topografía, acceso, etc.). Al considerar un precio promedio de ₡200 pmt<sup>-1</sup>, la venta de madera de cedro en pie originó un ingreso neto de ₡6 607 063,41 ha en el período de análisis. En conjunto con el ingreso neto por la venta de café al año 17 (₡406 547,15 ha<sup>-1</sup>), el del SAF fue de ₡7 071 584, es decir, el cedro representó un 94 % de los ingresos netos de ese año.

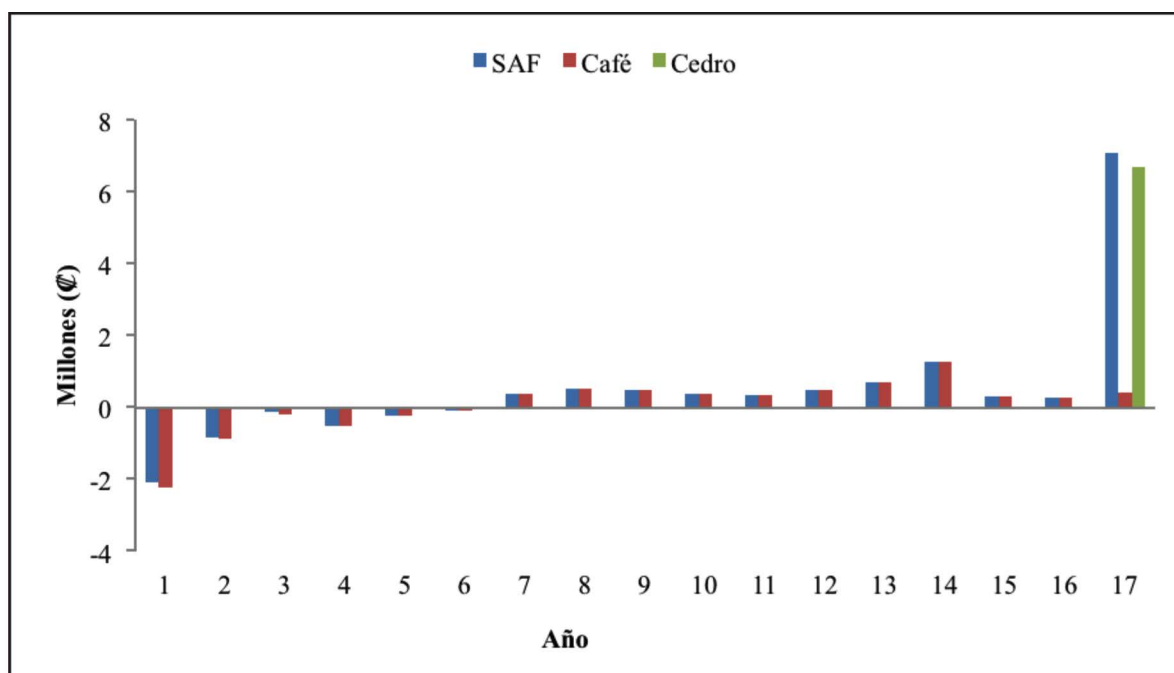


Figura 1. Flujo neto anual del sistema agroforestal

### 3.4 Rentabilidad del SAF café-cedro

El SAF café-cedro generó un VAN de ₡8 198 601,5, una TIR de 16 % y una relación B/C de 1,34 (**Cuadro 5**). El VAN indica que este tipo de sistema generó una rentabilidad positiva, siendo el componente maderable el que produjo un mayor aporte. El cedro generó un aporte financiero de 81 % del VAN y un 20 % de los ingresos totales en 17 años. Dzib-Castillo (2003) determinó en cafetales de San Isidro de Pérez Zeledón que la venta de madera de *Terminalia amazonia* aportó un 54 % de los ingresos acumulados en ocho años, considerando una densidad de 373 árb ha<sup>-1</sup> y una producción de 21 fanegas ha<sup>-1</sup>.

La TIR del SAF evaluado sugiere que esta combinación de cultivo soporta una tasa de interés de 16 %, o sea, si la inversión se financia a un coste equivalente a esa tasa, el proyecto no aportaría riqueza ni supondría coste económico para el productor. En este caso, el productor podría optar por obtener financiamiento del FONAFIFO, ente que ofrece crédito para este tipo de proyectos a una tasa de interés de 6 % (hipotecaria) y 8 % (fiduciaria), lo cual no implicaría un coste económico mayor al que podría originar el SAF. La relación B/C del SAF señala que el productor recuperó cada colón invertido y por cada uno obtuvo una ganancia ₡0,34.



**Cuadro 5.** Indicadores financieros del SAF café-cedro

| Indicadores | Café          | Cedro         | SAF café-cedro* |
|-------------|---------------|---------------|-----------------|
| VAN         | ¢1 278 993,45 | ¢6 607 063,41 | ¢8 198 601,50   |
| TIR         | 9 %           | 44 %          | 16 %            |
| RB/C        | 1,05          | 114,79        | 1,34            |

\*Incluye el incentivo del PPSA (312 545 ¢ Ha).

Al considerar cada componente del SAF por separado, tanto la actividad cafetalera como la venta de madera de cedro generó un VAN positivo. Actualmente, CoopeAgri R. L. ofrece crédito a los productores cafetaleros a una tasa de interés anual de 8 %; bajo este escenario y considerando la TIR del cultivo de café, el productor obtendría un margen de ganancia muy bajo. No obstante, al adicionar el componente maderable al sistema, esta tasa aumentó un 7 %, y, por consiguiente, el productor podría optar por este plan crediticio y así percibir mayores ingresos. El aumento en la producción de café (dos fanegas) podría mejorar la rentabilidad del cultivo (TIR 12,7 %), sin embargo, el precio de venta de la fanega puede ser uno de los factores con mayor influencia en el aumento de los ingresos por la venta de café.

Los árboles maderables dentro del SAF mejoraron los ingresos del productor cafetalero, no obstante, al ser un ingreso que se percibe en el largo plazo, es necesario que el productor incorpore otras especies de sombra dentro del cafetal, como árboles frutales u otras opciones que generen ingresos en el corto y mediano plazo, ya que, como lo menciona CONAFOR (2013), uno de los factores más importantes en la toma de decisiones que realizan los productores para escoger el tipo de arreglo del SAF (especies) es la obtención de ingresos en los primeros años.

#### 4. Conclusiones

Los modelos de crecimiento del cedro obtenidos en el área de estudio permitieron realizar estimaciones del volumen comercial ( $m^3$ ) utilizando como variables predictoras el DAP, la HT y la edad, con un coeficiente de determinación alto ( $R^2 \geq 88,7 \%$ ).

Al utilizar el modelo de predicción del volumen comercial con base en el DAP promedio a los 17 años de edad, se determinó una producción de madera en pie ( $92,13 m^3 ha^{-1}$ ) que generó un aporte financiero de 81 % del VAN del SAF.

Los indicadores financieros del SAF café-cedro fueron positivos, por lo que el establecimiento de esta combinación agroforestal es rentable. La incorporación de madera de cedro mejoró los ingresos del productor sin representar un costo significativo, ya que recibió escaso manejo silvicultural.

Se recomienda llevar a cabo estudios de rentabilidad en este tipo de SAF considerando la venta de madera de cedro con mayor valor agregado y donde la especie haya recibido un manejo silvicultural adecuado; así mismo, el cultivo con café asociado con otros componentes agrícolas que le generen ingresos al productor en el corto y mediano plazo.



## 5. Agradecimientos

Se agradece a los colegas de CoopeAgri R. L. y del INISEFOR-UNA, por el apoyo logístico y financiero para la realización de esta investigación. A los caficultores que participaron en el estudio, por su anuencia a recolectar la información. Así mismo, al Ph.D. Elias de Melo Virginio Filho del CATIE y al Ph.D. Sergio Molina Murillo de la Universidad Nacional. También se agradece a la revista y a las personas revisoras anónimas por sus oportunos comentarios.

## 6. Referencias

- ACEEFN (Asociación Costarricense para el Estudio de Especies Forestales Nativas de Costa Rica). (1992). *Encuentro regional sobre especies forestales nativas de la zona norte y atlántica de Costa Rica*. Cartago, Costa Rica: ITCR.
- Álvarez, D. (2014). *Evaluación de la gestión forestal y propuestas de actuación en una finca tipo de tres equis*. Costa Rica. (Tesis de maestría). CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Arnáez, E. y Flores, E. (1988). Características de la madera de *Cedrela odorata* L. (cedro amargo, Meliaceae) en Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 36(1), 67-73.
- Arrieta, S., Virginio-Filho, E., Rapidel, B. y Ropusar, O. (2015). Diseño Piloto de Sistemas Agroforestales en el ámbito de la NAMA-CAFÉ Costa Rica. *Presentación de Informe de avance de NAMA-CAFÉ Costa Rica*. Pérez Zeledón, San José. Recuperado de <http://www.mag.go.cr/presentaciones/prog-nac-cafe-NAMA-Cafe-Characterizacion-SAF-.pdf>
- Barrantes, A. y Ugalde, S. (2015). *Usos y aportes de la madera en Costa Rica. Estadísticas 2014*. San José, Costa Rica: Oficina Nacional Forestal.
- Bolaños, R., Watson, V. y Tosi, J. (2005). *Mapa ecológico de Costa Rica (Zonas de Vida), según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L. R. Holdridge, Escala 1:750 000*. San José, Costa Rica: Centro Científico Tropical.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2013). *Sistemas agroforestales maderables en México*. México: Universidad de Chapingo.
- Dias, K. (2015). *Agroforestry timber production in Central America: population dynamics and information technologies in Nicacento and Trifinio*. (Tesis de maestría). CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Dzib-Castillo, B. (2003). *Manejo, secuestro de carbono e ingresos de tres especies forestales de sombra en cafetales de tres regiones contrastantes de Costa Rica*. (Tesis de maestría). CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Fallas, J. y Valverde, C. (2005). *Eventos hidrológicos extremos y bosques*. Heredia, Costa Rica: Universidad Nacional.
- Ford, L. (1979). *An estimate of the yield of Cedrela odorata L. (Syn. C. mexicana Roem) grown in association with coffee. Agro-forestry systems in Latin America*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.



- Galán, R., De los Santos, H. y Valdez, J. (2008). Crecimiento y rendimiento de *Cedrela odorata* L. y *Tabebuia donnell-smithii* Rose en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. *Madera y Bosque*, 14(2), 65-82. [Doi: 10.21829/myb.2008.1421213](https://doi.org/10.21829/myb.2008.1421213)
- Hernández, O., Beer, J. y Von Planten, H. (1997). Rendimiento de café (*Coffea arabica* cv Caturra), producción de madera (*Cordia alliodora*) y análisis financieros de plantaciones con diferentes densidades de sombra en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 4(13), 8-13.
- Herrera, Z. y Lanuza, B. (1997). *Especies para reforestación en Nicaragua*. Nicaragua: Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA).
- ICAFE (Instituto Nacional del Café). (2015). *Costos de Producción Agrícola de Café Fruta Cosecha 2014-2015. Fincas de 26 a 34 Und.400L/ha*. San José, Costa Rica: ICAFE.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario*. San José, Costa Rica: INEC.
- Jiménez, G. (2012). *Producción de madera y almacenamiento de carbono en cafetales con cedro (Cedrela odorata) y caoba (Swietenia macrophylla) en Honduras*. (Tesis de maestría). CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Lojan, L. (1966). Una fórmula para estimar volúmenes en un bosque tropical húmedo. *Revista Turrialba*, 16(1), 67-72.
- Mata, R. y Ramírez, J. E. (2002). *Caracterización de suelos y cultivo de café en el cantón de Pérez Zeledón*. Heredia, Costa Rica: CICAPE-ICAFE.
- Mehta, N. y Leuschner, W. (1997). Financial and economic analyses of agroforestry systems and a commercial timber plantation in the La Amistad Biosphere Reserve, Costa Rica. *Agroforestry Systems*, 37(2), 175-185. [Doi: 10.1023/A:1005840524116](https://doi.org/10.1023/A:1005840524116)
- Molina, E. y Meléndez, G. (2002). *Tabla de interpretación de análisis de suelos*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Moret, A., Jerez, M. y Mora, A. (1998). Determinación de ecuaciones de volumen para poblaciones de teca (*Tectona grandis* L.) en la unidad experimental de la reserva forestal Caparo, estado Barinas-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 42(1), 41-50.
- Murillo, O. y Badilla, Y. (2004). *Evaluación de la calidad y estimación del valor en pie de la plantación forestal*. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- ONF (Oficina Nacional Forestal). (2016). *Precios de la madera para las especies más comercializadas. Primer semestre del 2016*. Recuperado de <http://www.onfcr.org/media/uploads/documents/precios-de-la-madera-en-costa-rica-2016.pdf>
- Orozco, L., López, A., Rojas, M. y Somarriba, E. (2005). Tipologías de fincas cafetaleras con sombra de maderables en Pérez Zeledón, Costa Rica. *Agroforestería de las Américas*, 43-44, 86-91.



- Osorio, E. (1983). *Volumen y conicidad del cedro (Cedrela odorata)*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Prodan, M., Rolan, P., Cox, F. y Real, P. (1997). *Mensura forestal. Serie de investigación y educación en desarrollo sostenible*. San José, Costa Rica: Agroamérica.
- PROECEN (Proyecto de Estudio de Comportamiento de especies Nativas del Trópico Húmedo en Honduras) y ESNACIFOR (Escuela Nacional de Ciencias Forestales). (2003). *Guías silviculturales de 23 especies forestales del bosque húmedo de Honduras*. Siguatepeque, Honduras: PROECEN- ESNACIFOR.
- Ramírez, D. (2014). *Estimación de la absorción de nutrimentos de cedro amargo (Cedrela odorata L.) como mecanismo de diagnóstico para mejorar las recomendaciones de manejo sostenible de la especie en plantaciones de pequeños agricultores del Programa Forestal de CoopeAgri R. L., Costa Rica*. (Tesis de licenciatura). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Somarriba, E., Valdivieso, R., Vásquez, W. y Galloway, G. (2001). Survival, growth, timber productivity and site index of *Cordia alliodora* in forestry and agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 51(2), 111-118. [Doi: 10.1023/A:1010699019745](https://doi.org/10.1023/A:1010699019745)
- Suatunce, P., Díaz, G. y García, L. (2009). Evaluación de cuatro especies forestales asociadas con café (*Coffea Arabica* L.) y en monocultivo en el litoral ecuatoriano. *Ciencia y Tecnología*, 2(2), 29-34.
- Timyan, J. (1996). *BWA YO: Important tree of Haiti*. Washington D. C.: SECID.
- Villareal, A., Carrero, G., Arends, E., Sánchez, D. y Escalante, E. (2006). Evaluación de rendimientos y rentabilidad de los componentes asociados *Swietenia macrophylla* (caoba), *Cedrela odorata* (cedro) y *Carica papaya* (lechosa), establecidos en ensayos agroforestales en la Finca ULA, Estación Experimental Caparo, Edo. Barinas, Venezuela. *Revista Forestal Latinoamericana*, 39, 85-104.
- Yépez, C. (2002). ¿Cómo diversificar la sombra en cafetales con criterios locales de selección? *Agroforestería en las Américas*, 9(35), 95-98.