

## COSTOS DEL CULTIVO DE ÁRBOLES MADERABLES EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ EN COSTA RICA

Olman Murillo-Gamboa<sup>1\*</sup>, Yorlenny Badilla-Valverde<sup>2</sup>

**Palabras clave:** caficultura; plantaciones forestales; sistemas agroforestales; servicios ambientales.

**Keywords:** coffee production; forestry plantations; agroforestry systems; environmental services.

**Recibido:** 21/02/23

**Aceptado:** 02/05/23


### RESUMEN

**Introducción.** La ausencia de información económica constituye una barrera para el fomento de sistemas agroforestales (SAF). El componente forestal podría representar una contribución importante en la economía y aumento de biodiversidad de los SAF con café, que mantiene una huella de carbono alta y se desarrolla en más de 93 600 ha en 8 regiones de Costa Rica. Se requiere un nuevo modelo de asociación café con árboles maderables, que aporte valor económico, adicional a los servicios ambientales tradicionales. **Objetivo.** Determinar los costos del cultivo de árboles maderables de sombra en SAF de café. **Materiales y métodos.** Se reporta la estructura de costos de cultivo de maderables en cafetales, basada en árboles individuales por su aplicabilidad. La base de datos se construyó a partir de experiencias en SAF establecidas en cooperativas de café. El modelo se basa en el cultivo máximo de 275 árboles.ha<sup>-1</sup> (6 x 6 m en tresbolillo), que permite efectuar un raleo (50%) al año 7, con especies como laurel (*Cordia alliodora*


y cedro (*Cedrela odorata*) principalmente, en altitudes entre 700 a 1450 msnm. **Resultados.** El costo del cultivo de un árbol hasta el año 15 es de  $\text{¢}2386.\text{árbol}^{-1}$  (US\$4 con tasa de cambio de  $\text{¢}600$ ), 50% corresponde a mano de obra, 24% a regencia y asistencia técnica, 15% insumos y 11% al costo del árbol. El laurel interceptó un 60% de radiación sin afectación de la producción de 36,5 fanegas por ha de café ovata a 1200 msnm. **Conclusiones.** El costo total para cultivar 275 árboles maderables.ha<sup>-1</sup> en un SAF café es de  $\text{¢}2386.\text{árbol}^{-1}$  (US\$3,98). Un escenario de financiamiento podría realizar un aporte de capital de  $\text{¢}950$  por árbol en el año 0, otro aporte en el año 5 de  $\text{¢}850$ , para un total de  $\text{¢}1750.\text{árbol}^{-1}$  (\$2,9). Sin embargo, el modelo de financiamiento actual del FONAFIFO para SAF café, podría mantener su esquema actual de aportes de capital en 5 años y mismo monto de  $\text{¢}2000$  por árbol, con el fin de evitar el efecto de la volatilidad en los precios de los insumos. El costo del cultivo de árboles maderables como sombra en café es bajo y tendría un alto impacto económico, social y ambiental en la caficultura.

\* Autor para correspondencia. Correo electrónico: omurillo@itcr.ac.cr

1 Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Cartago, Costa Rica.

 0000-0003-3213-8867.

2 Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Cartago, Costa Rica.

 0000-0002-6743-9734.

## ABSTRACT

### Costs of growing timber trees in agroforestry systems with coffee in Costa Rica.

**Introduction.** The lack of economic information is a barrier to the promotion of agroforestry systems (AFS). The forestry component could represent an important contribution to economy, an increase in biodiversity and, a high carbon footprint in coffee AFS, which are promoted throughout more than 93 600 ha in 8 regions of Costa Rica. A new coffee-timber production relationship model is required, which would provide additional economic value to the coffee growers, than the traditional environmental services. **Objective.** To determine the costs required for cropping timber trees in a coffee plantation. **Materials and methods.** A complete cost structure of shading-trees cultivation in coffee plantations is reported. It is based on an individual tree model due to its greater applicability. The cost model is based on the cultivation of a maximum of 275 trees.ha<sup>-1</sup> (6 x6 m in an irregular distribution), which allows a thinning of 50% of the trees in year 7, for

the cultivation of laurel (*Cordia alliodora*) and cedro (*Cedrela odorata*) trees mainly, at altitudes between 700 and 1450 meters above sea level.

**Results.** Production costs of a timber tree up to year 15 is  $\text{¢}2386.\text{tree}^{-1}$  (US\$4, exchange rate of  $\text{¢}600$ ), where 50% corresponds to labor work, 24% to management and technical assistance, 15% to fertilizers and other inputs and 11% for the trees. Laurel tree intercepts 60% of solar radiation with no effect in the production of 36.5 bushels.ha<sup>-1</sup> in ovatá coffee variety at 1200 masl. **Conclusions.** The total costs of planting 275 trees.ha<sup>-1</sup> in AFS with coffee is  $\text{¢}2386.\text{tree}^{-1}$  (US\$3.98). A financing scenario could make a capital contribution of  $\text{¢}950$  per tree in year 0, another capital contribution of  $\text{¢}850$  in year 5, for a total of  $\text{¢}1750.\text{tree}^{-1}$  (\$2.9). However, FONAFIFO's current financing model for coffee production in AFS could keep its capital contribution scheme in the first five years and same amount of  $\text{¢}2000$  per tree, in order to avoid volatility in agrochemicals prices. The cultivation of timber-shade trees in coffee is low and would have a high economic, social and environmental impact on coffee farming in Costa Rica.

## INTRODUCCIÓN

La caficultura en Costa Rica es una actividad productiva tradicional que se desarrolla desde hace más de 200 años, donde se benefician más de 38 000 familias productoras en 8 regiones del país que suman un total de 93 697 ha (SEPSA 2023).

El café en Costa Rica es la actividad económica con mayor trascendencia a lo largo de la historia, con influencia importante en el desarrollo del modelo socioeconómico del país, hasta casi finales del siglo XX (Jiménez 2013). El café siempre ha sido base fundamental y motor para el desarrollo económico, social y cultural de Costa Rica, que ha llegado a representar el 8% de la fuerza laboral costarricense. El asocio del cultivo del café con árboles maderables como

el cedro (*cedrela odorata*) y el laurel (*cordia alliodora*), ha sido una práctica convencional de amplia utilización no solo en Costa Rica (Beer *et al.* 1997, Salgado 2010, Castillo *et al.* 2017, González-Rojas *et al.* 2018a, Murillo 2016, Murillo y Badilla 2022), sino en países como Colombia, México, Nicaragua, Guatemala y Honduras (Salgado 2010, Jiménez 2012, López-Sánchez y Musalem 2007, Sánchez *et al.* 2017, López-Sampson *et al.* 2020). La caficultura ofrece, por tanto, un espacio prometedor para la producción sostenible de madera de alta calidad en toda las 8 regiones cafetaleras del país. Sin embargo, el SAF en café, ha sido abordado casi exclusivamente como proveedor de servicios ambientales, como sombra, aporte de nitrógeno, biodiversidad, protección contra el viento, entre otros, donde el enfoque sobre su aporte

socioeconómico ha sido débilmente analizado (Beer *et al.* 1997, Dzib Castillo 2003, Salgado 2010, Jiménez 2012, Murillo y Badilla 2022). De manera excepcional están los trabajos desarrollados en CATIE, Turrialba, en los años 80 y 90's, donde Hernández *et al.* (1997) revisaron el aporte económico de la madera de laurel en la economía de cafetales con la variedad caturra.

En los últimos años, cambios sensibles en el precio internacional del grano, tienen al sector en condiciones que han provocado el colapso de algunas organizaciones y de muchos productores de café. Junto con la inestabilidad en el precio, los problemas fitosanitarios como la roya, el ojo de gallo y la antracnosis afectan directamente la productividad y la economía de los productores (Dzib Castillo 2003, Calvé *et al.* 2020). Los precios de los insumos junto con la mano de obra costosa de la región, aún son elementos críticos en la actividad cafetalera.

Es así como el asocio de árboles maderables como sombra en el cafetal podrían incrementar los servicios ambientales, como lo es en la biodiversidad y en la fijación de carbono, en concordancia con las políticas nacionales (NAMA) de acciones para mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Salgado 2010). Más relevante aún, para el productor es procurar más ingresos y estabilidad económica como ha sido reportado recientemente (González-Rojas *et al.* 2018a, Calvé *et al.* 2020, López-Sampson *et al.* 2020), a partir del abastecimiento de materia prima para la generación de energía.

La actividad productiva forestal ha registrado una baja tasa anual de reforestación en la última década, lo que ha provocado una escasez importante de madera en el mercado local (ONF 2022). Por tanto, la caficultura nacional ofrece una oportunidad para promover la incorporación del cultivo asociado de madera con alto valor de aceptación del mercado. Estudios recientes han mostrado el impacto económico y financiero del cultivo de cedro en la región de Pérez Zeledón, Pacífico sur del país, (González-Rojas *et al.* 2018b), donde se reporta un ingreso promedio de \$5000.ha<sup>-1</sup> en 16 años (Calvé *et al.* 2020). Los

casos analizados evidenciaron que la incorporación de los árboles ha ocurrido sin planificación o manejo técnico, con ausencia de elementos de manejo como densidad de siembra, calidad genética de los árboles, priorización de especies por su mercado y calidad de madera, realización de poda de ramas, entre otros (Murillo 2016, Murillo 2018, Murillo *et al.* 2018, Murillo y Badilla 2022). El Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), adscrito al MINAE, creó hace más de 10 años la opción de financiamiento del cultivo de árboles maderables en sistemas agroforestales (SAF). Sin embargo, el monto general que se otorga de €2000 por árbol para todo tipo de SAF, es un aproximado de los costos reales. Esto ha motivado el desarrollo de estudios técnicos conjuntos entre la academia y el FONAFIFO, para revisar modelos de costos y proponer esquemas de financiamiento diferenciados por actividad, tal y como se realizó recientemente con SAF silvopastoriles (Ospino *et al.* 2020, Ospino *et al.* 2022).

Los cafetales podrían entonces convertirse en proveedores de madera de alto valor para la sociedad, siempre y cuando se trabaje con un programa tecnológico, apoyado por un esquema de financiamiento adaptado a las condiciones del manejo de los árboles. Este estudio por tanto, se realizó con el propósito de determinar los costos reales asociados a las actividades exclusivas de establecimiento y manejo de los árboles en el SAF de café y proponer una estructura de financiamiento, fundamentado en las necesidades de capital y momento oportuno para su otorgamiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo de café con árboles maderables utilizado en esta investigación, se apoya en las experiencias generadas desde el 2016 en fincas cafetaleras y de productores asociados de CoopeVictoria y CoopeAtenas, en el valle central occidental, así como en CoopeAgri en Pérez Zeledón, Pacífico central del país (Murillo 2016, Castillo *et al.* 2017, Calvé *et al.* 2020, Murillo y

Badilla 2022). Se establecieron SAF de café con las especies maderables nativas laurel (*Cordia alliodora*), cedro (*Cedrela odorata*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), cenízaro (*Samanea saman*), almendro (*Dipteryx panamensis*) a distintas densidades de siembra. En zonas cálidas y por debajo de los 1000 msnm se plantaron clones de melina (*Gmelina arborea*) por su ciclo rápido de 6 años. Todos los cafetales plantados con maderables se localizan en altitudes desde los 700 hasta los 1450 msnm, donde predomina un clima con un periodo lluvioso establecido desde mayo a diciembre y con una precipitación no menor a los 2400 mm.año<sup>-1</sup>, con lluvias esporádicas durante el periodo seco comprendido entre enero y abril.

El estudio de costos se desarrolló con base en la cantidad de árboles plantados con un espaciamiento de 6 x 6 m (cada 4ta hilera y cada 7 plantas, para un total de 275 individuos. ha<sup>-1</sup>). Este distanciamiento de siembra se basó en la proyección esperada de desarrollo de la

copa (sombrió), que permitiera producir la mayor cantidad de madera y fijación de carbono posible por ha (Murillo 2016, Castillo *et al.* 2017). Como elemento importante, se asumió que las labores habituales de manejo del cafetal como el control de malezas, fertilización, atomizaciones contra plagas y enfermedades, etc., no se mezclaran con los costos de manejo de los árboles. El modelo de costos desarrollado se basó solamente en los aspectos técnicos asociados a la siembra y manejo de los árboles maderables, como fueron el costo de los árboles, costos de distribución y siembra en el terreno, labores de podas, raleos y cosecha final (Tabla 1). Es importante mencionar que las actividades silviculturales de manejo de los árboles fueron las mismas en este grupo de especies. Este mismo principio metodológico se realizó para la construcción del modelo de costos del SAF silvopastoril (Ospino *et al.* 2020), donde se cuantificaron solamente las labores e insumos relacionadas con el componente arboreo del SAF.

Tabla 1. Actividades e insumos incluidos en la estimación del costo de manejo de árboles maderables en el SAF-café en Costa Rica.

| Actividad, insumo  | Año de aplicación, puede variar según el desarrollo de la especie |
|--|---|
| Árbol, 275 individuos de sombra por ha más 150 de rompeviento  | Año 1   |
| Cal y fertilizante inicial por árbol, 100 y 75 g respectivamente   | Año 1   |
| Siembra con hoyadora, aproximadamente 1000 hoyos/jornal  | Año 1   |
| Combustibles y lubricantes del equipo hoyador de siembra, aproximadamente 3 tanques de combustible y aceites | Año 1   |
| Poda temprana de formación   | Mes 3 al 6  |
| I Poda baja (1,5 m)  | Mes 12 al 18  |
| II Poda baja (2,5m)  | Mes 24  |
| Poda media (4,75m)   | Mes 30 al 36  |
| Raleo semi comercial, 40-50% árboles de sombra y 40-50% de los maderables del rompeviento                    | Año 7   |
| Cosecha  | Año 6 (melina) y año 15 las demás especies                        |

El SAF se manejó bajo el supuesto de que los árboles maderables alcanzarían dimensiones de alto valor comercial (DAP aproximado de 35 cm) a los 15 años en todas estas especies. Experiencias con cedro en la región de Pérez Zeledón (González-Rojas *et al.* 2018b, Calvé *et al.* 2020) y con laurel en el valle central (Murillo y Badilla 2022), demuestran que la tasa de crecimiento anual es elevada, por la integración con el manejo del café, en relación con el control de malezas y la fertilización anual.

Se cuantificaron los costos de los diversos tipos de poda asociados al manejo de los árboles, tal y como la poda de formación temprana (a los 3 a 5 meses para eliminar plantas con pérdida de dominancia apical), poda baja (hasta los 2,5 m del fuste, en el año 1 o 2) y poda media (hasta los 4,75 m del fuste, en el año 2 a 3). También se incluyó la poda de rama gruesa, que suele aparecer en los primeros 2 a 4 años de edad de los árboles. Los valores de rendimiento del trabajador para cada una de estas labores, se cuantificó en campo y se compararon con estas mismas labores determinadas para plantaciones forestales ordinarias, según el método de tiempos y rendimientos (Guevara y Murillo 2009, Guevara y

Murillo 2021, Vallejos 2019). La altura de la poda baja y poda media del fuste se basó en el criterio técnico utilizado en plantaciones forestales ordinarias, donde se define la altura de poda con base en el largo de la troza comercial, usualmente de 2,3 m de longitud.

La práctica del descope o descumbra tal y como se practica usualmente con el poró (*Erythrina poeppigiana*) y la guaba (*Inga spp.*), no fue incluida en el modelo de costos debido a que del árbol maderable se espera un mayor desarrollo de fuste con fines comerciales. La experiencia de campo determinó como mejor estrategia de sombra, permitir al árbol maderable que continuara con su desarrollo como sombra alta. Se observó también como una mejor práctica, mantener la presencia del árbol de guaba (*Inga spp.*) en el SAF intercalada con los maderables, de modo que provea sombra de estrato bajo y como fuente de aporte de nitrógeno.

El costo de la mano de obra se basó en el salario mínimo establecido por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de Costa Rica, II semestre (MTSS 2022) para un trabajador no calificado (Tabla 2). El costo del jornal utilizado fue de ₡10 875. De acuerdo con la normativa

Tabla 2. Cargas sociales del sistema costarricense de seguridad social correspondientes al II semestre 2022, Costa Rica.

| Rubro                                   | Porcentaje (%) |
|---|----------------|
| Invalidez, Vejez y Muerte (IVM)         | 5,25           |
| Seguro de Enfermedad y Maternidad (SEM) | 9,25           |
| IMAS                                    | 0,50           |
| FODESAF                                 | 5,00           |
| Banco Popular                           | 0,25           |
| Régimen Obligatorio Pensiones Complem.  | 2,00           |
| Fondo de Capitalización Laboral         | 1,50           |
| INS (Inst. Nacional de Seguros)         | 1,00           |
| INA (Inst. Nacional de Aprendizaje)     | 1,50           |
| Prestaciones Legales (Cesantía)*        | 0,00           |
| Aguinaldo                               | 8,33           |
| Vacaciones                              | 5,20           |
| <b>Total</b>                            | <b>39,78</b>   |

\* Se asume que por ser un contrato ocasional y de tiempo definido, no se incluye el costo de la cesantía (8,33%).

actual de protección al trabajador, se debe incluir la mayor parte de las cargas sociales, tal y como se indica en dicha tabla.

Adicional a las cargas sociales, al peón agrícola en labores forestales se le incluye una póliza obligatoria de riesgo laboral con un costo de un 4,61% del jornal o la planilla según la Superintendencia General de Seguros (SUGESE 2017). Por lo tanto, el jornal con cargas sociales utilizado en esta investigación fue de  $\text{¢}15\,200$ . Mientras que el jornal con cargas sociales y la póliza obligatoria del Instituto Nacional de Seguros (INS) de riesgos laborales fue  $\text{¢}15\,902$ .

Los costos de la regencia forestal y de la asistencia técnica se establecieron y se adecuaron con la base definida por el Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica (CIAgro) para el 2022 como se muestra en la Tabla 3. El costo de una

hora profesional de visita a campo se basó en  $\text{¢}27\,100$  y el costo de una hora oficina se estimó en  $\text{¢}16\,260$  (60% de visita a campo). Como parte de los costos de las visitas a campo, se consideró que son visitas cortas con una única alimentación establecida en  $\text{¢}5\,000$ , mientras que el gasto de combustible se asumió en  $\text{¢}10\,000$ . El costo de inscripción de la regencia fue de  $\text{¢}4\,140$ , mientras que la inscripción de la regencia para el raleo y cosecha fue de  $\text{¢}6\,665$ , ambos montos establecidos por el CIAgro para una pequeña producción menor a 2000 árboles. El modelo de costos se construyó sobre la base de 3 ha como tamaño promedio de una finca de café en Costa Rica (INEC 2015). Por tanto, los costos de la regencia y asistencia técnica se basaron en esta relación de área y cantidad de árboles según densidad de siembra flexible.

Tabla 3. Costos de la asistencia técnica\*, regencia e informes técnicos para el cultivo de árboles maderables como sombra en sistema agroforestal de café (N = 425 árboles.ha<sup>-1</sup> entre sombra y rompeviento). Esta cantidad de árboles se aumentó a 1275, basado en 3ha como tamaño promedio del cafetal en Costa Rica.

| Año                                  | Horas Campo | Horas Oficina | Viaje al Proyecto | Asistencia Campo Oficina (¢) | Viáticos + Gasolina (¢) | Inscripción Informes (¢) | Total Asistencia Técnica (¢) |
|--------------------------------------|-------------|---------------|-------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Año 0                                | 2           | 2             | 1                 | 102 980                      | 15 000                  | 6665                     | 124 645                      |
| Año 1                                | 1           | 1             | 1                 | 59 620                       | 15 000                  | 4140                     | 78 760                       |
| Año 3                                | 1           | 1             | 1                 | 59 620                       | 15 000                  |                          | 74 620                       |
| Año 7 raleo (50%)                    | 2           | 1             | 1                 | 86 720                       | 15 000                  | 6665                     | 108 385                      |
| Año 15 cosecha (225 m <sup>3</sup> ) | 4           | 1             | 1                 | 140 920                      | 15 000                  | 6665                     | 162 585                      |
| Total                                | 10          | 6             | 5                 | 449 860                      | 75 000                  | 24 135                   | 548 995                      |

\* Datos del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica (CIAGRO).

Todos los costos se ajustaron por árbol, por adecuarse a distintas densidades de siembra de los maderables para sombra. Para el prorrateo de los cálculos por árbol, se utilizó una base de densidad de 275 árboles.ha<sup>-1</sup> (distanciamiento de 6 x 6 m), más una cantidad de 150 árboles.ha<sup>-1</sup> en rompevientos, plantados en 2 hileras de

100 m.ha<sup>-1</sup> de longitud (distanciamiento de 2 m para los maderables como el pino y el ciprés y, 1 m para el rompeviento de porte bajo, como el colpachí, trueno entre otros). En total, cada ha de café contó con 275 árboles maderables de sombra y 150 árboles en 100 m lineales de rompeviento, en uno de sus flancos de mayor exposición.

Como parte de los estudios se determinó también el rendimiento del café bajo sombra y sin sombra con árboles de laurel en CoopeVictoria, Grecia, a 1200 msnm, con la variedad de café Ovatá. De una muestra aleatoria de 15 árboles de laurel de 5 años de edad, se tomaron datos de producción de granos de café en 4 plantas próximas, en cada uno de los 4 puntos cardinales debajo de árbol. Los datos se compararon con 4 plantas próximas por árbol sin el efecto de la sombra (a unos 7m de distancia). Con el uso de un Ceptómetro se determinó la magnitud de

intercepción de la radiación solar entre las 9 y 11 am en un día sin nubes.

Finalmente, para la relación de los costos en colones con el dólar, se estableció con la tasa de cambio en ₡600.

## RESULTADOS

En la Tabla 4 se detallan los costos de formulación técnica y gestión de los fondos (regencia), costos del árbol maderable y su siembra en asocio con el cultivo de café en modalidad agroforestal.

Tabla 4. Costo por árbol relacionado con la formulación y gestión financiera técnica (regencia), junto con la siembra en el sistema agroforestal de café. Costa Rica.

| Actividad  | Año | Costo/árbol (₡) |
|--|-----|-----------------|
| Formulación y gestión del SAF ante el FONAFIFO                           | 0   | 151             |
| Costo de cada árbol  | 0   | 265*            |
| Siembra y fertilización del árbol (costo de la planta, hoyado e insumos) | 0   | 552             |
| Total  | 0   | 968             |

\* El costo de la planta en vivero fue de ₡265 por unidad (Murillo, Badilla y Barboza 2018).

Se observó que el costo de la siembra y los insumos asociados constituyó el rubro más alto con un 57% del gran total, seguido por el costo de los árboles con un 27% del total. Mientras que la asistencia técnica de gestión fue de un 16%.

En la Tabla 5 se exponen los costos asociados a las labores de manejo y cosecha de los árboles maderables en el sistema agroforestal de café.

Tabla 5. Costos del manejo y cosecha de los árboles maderables en el sistema agroforestal de café (IUS\$ = ₡600).

| Actividad  | Año     | Costo/árbol (₡) |
|--|---------|-----------------|
| Poda inicial de formación y poda de rama baja hasta 2,5 m de fuste | 0,5 y 2 | 73              |
| Poda de rama y poda gruesa hasta 4,75m                             | 2 y 3   | 39              |
| *Cosecha de melina (n = 700 en 3ha)                                | 6       | (608*)          |
| Raleo 50% de los maderables del rompeviento (n = 60 en 3ha)        | 7       | 273             |
| Raleo 50% de árboles de sombra (n = 350 en 3ha)                    | 7       | 507             |
| Despunta lateral de copa para reducir sombrío (opcional)           | 10      | 88              |
| Cosecha (n = 400 en 3ha)   | 15      | 608             |
| Total  |         | 1588            |

\* Datos exclusivos para melina (*Gmelina arborea*) por su ciclo corto de 6 años.

De las actividades de manejo de los árboles maderables, se observa que la cosecha es la más costosa pues representó un 38% del total.

Si se suman todos los costos resulta en un total de  $\text{¢}2386.\text{árbol}^{-1}$  (US\$3,98 a una tasa de  $\text{¢}600/1\text{\$}$ ), que es ligeramente superior a los  $\text{¢}2000.\text{árbol}^{-1}$  que otorga el FONAFIFO para sistemas agroforestales por un periodo de 5 años.

En la Figura 1 se observa la distribución de los costos según el rubro, donde sobresale la mano de obra con poco más del 50%. Puede también notarse que la asistencia técnica representa un costo elevado superior al 24%, sin embargo, contempla el apoyo técnico a lo largo de todo el cultivo hasta el año 15. Con especial participación en los momentos críticos, como lo son, las podas, los raleos y la cosecha final.

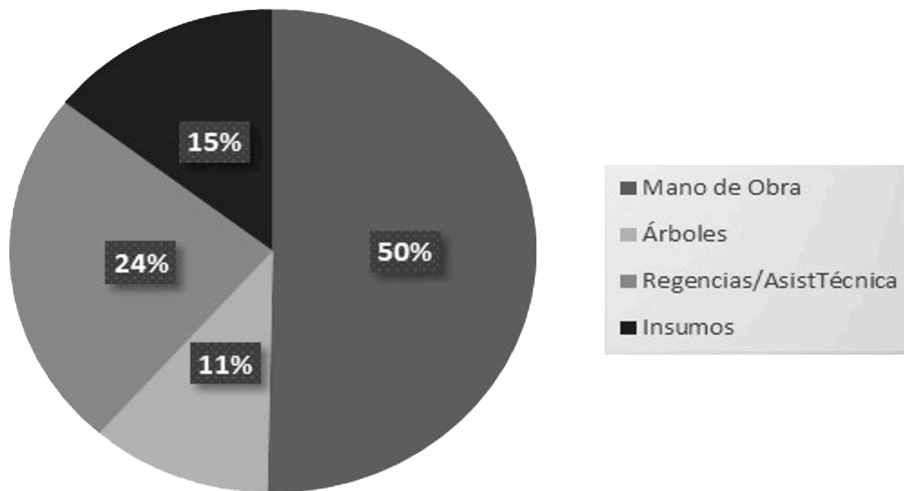


Figura 1. Distribución de los costos de manejo y producción de árboles maderables en sistemas agroforestales de café, Costa Rica.

## DISCUSIÓN

De manera complementaria, los datos de producción de café variedad Ovatá con sombra de laurel ( $275 \text{ árboles}.\text{ha}^{-1}$  o  $6 \times 6 \text{ m}$ , con un 60% de intercepción solar), no mostraron diferencias significativas con respecto a las plantas de café en plena exposición solar, con  $36,25 \text{ fanegas}.\text{ha}^{-1}$ , a 1200 msnm en CoopeVictoria, Grecia.

De manera general, los resultados son congruentes con lo esperado en el sentido de que los únicos costos reales son los asociados a las podas, raleos y cosecha forestales. Las demás actividades de mantenimiento de los árboles como el control de malezas, fertilizaciones, atomizaciones de plagas y enfermedades entre otros, son asumidas por el cafetal en su programa convencional de manejo y producción. Lo cual



explica que el peso de la asistencia técnica/regencia alcance un 24%, superior al valor reportado recientemente en otros sistemas agroforestales, superior también al tradicional 18% otorgado por el FONAFIFO a las ONG que fomentan reforestación (Ospino *et al.* 2020).

El modelo de financiamiento que otorga el FONAFIFO no contempla el apoyo financiero para la asistencia técnica a través de los 15 años de producción, ni para las actividades de raleos o cosecha final. Se destaca que este modelo de costos resultante es más completo y logra incluir todas las actividades necesarias durante los 15 años del ciclo de producción del árbol maderable, lo cual justifica parcialmente el monto relativo alto de la asistencia técnica, que supera el 24% de los costos totales.

Si se analiza la función de la regencia/asistencia técnica; incluyeron solamente las visitas y asistencia técnica mínimas de rigor, en los momentos esenciales, es decir, durante el establecimiento, al año 1 y durante los 2 raleos y cosecha. Se asume que durante el año 1 es cuando se debe realizar, por ejemplo, la poda de formación al mes 3-4 y la primera poda baja a los 9-12 meses. En relación con la tasa de crecimiento del árbol, una segunda poda baja hasta limpiar de ramas 3m de fuste se debe realizar, aproximadamente entre el año 2 y 3, que se estima que podría ser satisfecha con una asistencia técnica corta y breve de menor costo para el productor (visita de 1 hora, Tabla 3). Sin embargo, la actividad de raleo y de cosecha, requieren ambas de mayor apoyo técnico en aspectos como, selección de los árboles a eliminar, medición correcta de la madera, supervisión de la ejecución correcta de las labores, así como la gestión de los permisos para transportar la madera hasta la industria. Lo cual explica una mayor cantidad de horas de visita técnica para ambas actividades de corta de árboles.

Ya que el modelo de costos se basa integralmente en las actividades durante todo el ciclo de producción de la madera definida para 15 años, podría explicarse la diferencia con un costo levemente inferior a los  $\text{¢}2000.\text{árbol}^{-1}$ , que

ha propuesto el FONAFIFO con fundamento en contratos de 5 años para SAF.

A pesar de que el sistema de producción de café asume importante cifra de los costos de mantenimiento de los árboles en el SAF, las actividades de siembra y manejo como podas y raleos, requieren más jornales para su ejecución que en suma, comprenden el 50% de todos los costos. Estudios similares de costos con otros SAF (sistemas silvopastoriles) determinaron que la mano de obra registra entre un 41 y un 44% (Ospino *et al.* 2020).

Si se analizan los costos en el tiempo, se puede determinar que para el inicio del proyecto (años 0 y 1), se requiere de un aporte de capital de poco más de  $\text{¢}900.\text{árbol}^{-1}$  (38%), que bien podrían establecerse en  $\text{¢}950.\text{árbol}^{-1}$  (40%) para cubrir imprevistos. Para los años 2 y 3 se requiere de un aporte de capital sumamente bajo ( $\text{¢}64 < 3\%$ ), que podría incluir el 40% inicial de financiamiento requerido. Por tanto, el aporte de capital inicial bien podría quedar en  $\text{¢}950.\text{árbol}^{-1}$  para asegurar el buen inicio del proyecto en sus primeros 3 años, junto a la asistencia técnica.

Para el año 5 debería ocurrir un aporte de capital que cubra los costos de los 2 raleos (año 5 y 7), por un monto de  $\text{¢}780.\text{árbol}^{-1}$  (33%), que bien podría establecerse en  $\text{¢}800$  (33%), monto suficiente para incluir la regencia respectiva. Finalmente, está el costo de la despunta de copa o reducción de rama lateral para disminuir la sombra excesiva (año 11), cuyo costo es de tan solo  $\text{¢}88$ . Esta es una actividad optativa y no necesariamente presente para todas las especies, que trata de reducir la sombra excesiva en caso de que ocurra. Por tanto, no se asume que signifique un costo alto ni significativo para el productor de café.

Finalmente, si se asume que para la cosecha no es necesario aporte de capital, dado que es una actividad rentable, el 27% restante podría no incluirse en el financiamiento. Un buen escenario de financiamiento podría entonces, reducirse a un aporte de capital inicial en el año 0 de un 40% de los costos y otro en el año 5 de un 35% de los costos, por un total de  $\text{¢}1750.\text{árbol}^{-1}$  ( $\text{\$}2,9.\text{árbol}^{-1}$ ).

Resultaría en una suma ligeramente inferior a los  $\text{¢}2000.\text{árbol}^{-1}$ , monto que actualmente otorga el sistema de financiamiento del FONAFIFO para SAF para los primeros 5 años. Sin embargo, el precio de los agroquímicos muestra una volatilidad importante que podría afectar el esquema de financiamiento de los maderables. Para evitar un efecto negativo para los productores, sería conveniente aumentar en proporción, el aporte de capital inicial para mantener el monto total en  $\text{¢}2000$  por árbol.

El financiamiento del cultivo de los árboles maderables se podría mantener en el esquema actual del FONAFIFO en monto y plazos, para SAF con café. Adicionalmente se evidenciarían de manera general los ingresos reportados recientemente por la madera de cedro en cafetales de Pérez Zeledón (González-Rojas *et al.* 2018a, Calvé *et al.* 2020). Se determinó un valor aproximado de  $\text{\$}5000.\text{ha}^{-1}$  en 125 árboles de cedro de cosecha, que corresponde a aproximadamente  $\text{\$}40.\text{árbol}^{-1}$ . Sin embargo, si se observa que las demás maderas plantadas en estos SAF con café, mantienen un precio en el mercado de alrededor de un 50% inferior al cedro (ONF 2022), aún así los ingresos esperados por la madera superarían los  $\text{\$}20\text{-}\text{\$}25.\text{árbol}^{-1}$ , valor que supera ampliamente los costos de inversión.

De manera complementaria, se pudo determinar específicamente que el laurel ejerce una sombra o intercepción de un 60% con más de 250 árboles. $\text{ha}^{-1}$  en la zona de Grecia (1200 msnm), en los meses de la estación seca. Más importante aún, la sombra ejercida, no registró una disminución significativa en la producción promedio de 36,5 fanegas por ha con la variedad Ovatá. La intercepción de la radiación puede variar de manera importante según la arquitectura de copa de cada especie. El laurel resulta por excelencia, un árbol cuya sombra no es agresiva ni densa, ideal para sistemas agroforestales en general. Futuros estudios deberán abordar el tema de la densidad de sombra apropiada para cada especie, en función de la producción del cafetal. Los resultados de estas investigaciones se espera que contribuyan al fomento del cultivo de árboles maderables en el SAF de café en el país.

## CONCLUSIONES

El costo total para cultivar árboles maderables en un SAF café es de  $\text{¢}2386.\text{árbol}^{-1}$  (US $\text{\$}3,98$ ).

La mano de obra representa el 50% del costo total, mientras que la asistencia técnica supera el 24%. Los insumos requieren de un 15% de la inversión, mientras que árboles solamente un 11% del total.

Un buen escenario de financiamiento podría realizar un aporte de capital en el año 0 por un monto de  $\text{¢}950$  por árbol y otro aporte en el año 5, por un monto de  $\text{¢}800$  por árbol, por un total de  $\text{¢}1750.\text{árbol}^{-1}$  ( $\text{\$}2,9.\text{árbol}^{-1}$ ). Sin embargo, para evitar un efecto negativo para los productores, producto de la volatilidad de los costos de mercado de los insumos, sería conveniente aumentar en alguna medida, el aporte de capital inicial para mantener el monto total en  $\text{¢}2000$  por árbol.

El modelo de financiamiento actual del FONAFIFO para SAF café, podría mantener su esquema de aportes de capital en los primeros 5 años.

## LITERATURA CITADA

- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1997. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry systems* 38(1-3):139-164.
- Calvé, S; Murillo, O; Salazar, L; Córdoba, D. 2020. Aporte económico de la madera de cedro (*Cedrela odorata* L.) como árbol de sombra en cafetales de Pérez Zeledón, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 17(41):68-77.
- Castillo, H; Montoya, P; Badilla, Y; Murillo, O. 2017. Diseños para incorporar maderables de alto valor en SAF café. *In* I Simposio Cultivo Especies Forestales Nativas. Estación Forestal Experimental Horizontes, Liberia, Guanacaste. 5-6 diciembre. sp.
- 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 M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 124 p.
- González-Rojas, M; Murillo-Cruz, R; Ávila, C. 2018a. Rentabilidad financiera de *Cedrela odorata* L. en sistemas agroforestales con café en Pérez Zeledón,

- Costa Rica. Revista de Ciencias Ambientales 52(1):129-144.
- González-Rojas, M; Murillo-Cruz, R; Virgínio-Filho, E. de M; Ávila-Arias, C. 2018b. Influencia de factores biofísicos y de manejo en el crecimiento de *Cedrela odorata* L. en asocio con café en Pérez Zeledón, Costa Rica. Revista Forestal Mesoamericana Kurú 15(36):46-58.
- Guevara, M; Murillo, O. 2009. Costos y rendimientos de ocho tipos de poda en plantaciones jóvenes de *Acacia mangium* Willd en la zona norte de Costa Rica. Revista Forestal Mesoamericana Kurú 6(17):51-57.
- Guevara, M; Murillo, O. 2021. Productividad y costos del primer raleo en plantaciones de *Acacia mangium* Willd en la zona norte de Costa Rica. Revista Forestal Mesoamericana Kurú 16(42):55-61.
- Hernández, O; Beer, J; 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.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2015. VI Censo Nacional Agropecuario: Resultados Generales. San José, Costa Rica. 146 p.
- Jiménez, NG. 2012. Producción de madera y almacenamiento de carbono en cafetales con cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en Honduras. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 122 p.
- Jiménez, A. 2013. El café en Costa Rica. Gran modelador del costarricense. San José, Costa Rica, Editorial Universidad de Costa Rica. 692 p.
- López-Sampson, A; Sepúlveda, N; Barrios, M; Somarriba, E; Munguía, R; Moraga, P; Ponce, A; Orozco-Aguilar, L; Navarrete, E; Navarrete, L. 2020. Long-term effects of shade and input levels on coffee yields in the Pacific region of Nicaragua. Bois et Forêts des Tropiques 346(4):21-33.
- López-Sánchez, E; Musalem, MA. 2007. Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, una alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en los Tuxtlas, Veracruz, México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 13(1):59-66.
- MTSS (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social). 2022. Lista de salarios mínimos sector privado año 2022. Costa Rica, Según Decreto N° 43365-MTSS, publicado en la Gaceta N° 247, del 23 de diciembre del 2021.
- Murillo, O. 2016. Diseños para aumentar el aporte económico del componente forestal en sistemas silvopastoriles y en café arbolado. In I Congreso Internacional de Vainilla y Sistemas Agroforestales. Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. 7-11 marzo. sp.
- Murillo, O. 2018. ¿Cuáles especies forestales nativas debemos priorizar en el país? Ambientico 267(1):4-9.
- Murillo, O; Badilla, Y; Barboza, S. 2018. Costos de producción de clones de especies forestales en ambiente protegido. Revista Forestal Mesoamericana Kurú 15(37):15-24.
- Murillo, O; Badilla, Y. 2022. Árboles maderables como sombra de café. Investiga. TEC. 15(45):11-14.
- ONF (Oficina Nacional Forestal). 2022. Usos y aportes de la madera en Costa Rica. Estadísticas 2021 y Precios 2022. Heredia, Costa Rica, Oficina Nacional Forestal. 48 p.
- Ospino, M; Badilla, Y; Paniagua, W; Campos, C; Murillo, O. 2020. Costos de producción de teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*) en sistemas silvopastoriles de la zona norte de Costa Rica. Agronomía Costarricense 44(2):155-173.
- Ospino, M; Murillo, O. Alfaro, M. 2022. Análisis financiero y escenarios de financiamiento del componente forestal en sistemas silvopastoriles. Revista Forestal Mesoamericana Kurú 19(45):28-45.
- Salgado, JL. 2010. Fijación de carbono en biomasa aérea y rentabilidad financiera de sistema agroforestales con café en Turrialba, Costa Rica y Masatepe, Nicaragua. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 110 p.
- Sánchez, S; Mendoza, MA; García, RV. 2017. Diversificación de la sombra tradicional de cafetales en Veracruz mediante especies maderables. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 8(40):7-17.
- SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria). 2023. Boletín Estadístico Agropecuario Serie Cronológica 2019-2022. Edición N°. 33. Disponible en <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/BEA-0033.pdf>
- SUGESE (Superintendencia General de Seguros). 2017. Seguro de Riesgos del Trabajo. Tarifas autorizadas del sector privado por actividad económica. Publicado en Alcance N° 207 de La Gaceta N° 191 del 05 de octubre de 2016. Costa Rica. Consultado 30 ene. 2023. Disponible en [www.sugese.fi.cr/seccion-seguros-obligatorios/SegurosRT/Tarifas\\_RT\\_sector\\_privado\\_a\\_partir01\\_01\\_7.pdf](http://www.sugese.fi.cr/seccion-seguros-obligatorios/SegurosRT/Tarifas_RT_sector_privado_a_partir01_01_7.pdf)
- Vallejos, J. 2019. El cultivo del pilón (*Hyeronima alchorneoides* Allemão) en Costa Rica. Tesis de Maestría, Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción. Cartago, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 117 p.

