

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Vicerrectoría de Investigación y Extensión
Programa de Regionalización

1

Informe Final de proyecto de extensión

**Mejoramiento de la sostenibilidad del sistema de producción de
café con sombra de árboles maderables (1709-010)**

Ing. For. Olman Murillo Gamboa, Ph.D.
Ing. For. Yorleny Badilla Valverde, Ph.D.

Abril 2023

1. Tabla de contenido

1. Tabla de contenido	2
2. Código y Título del proyecto	3
3. Autores y direcciones.....	3
4. Resumen.....	3
5. Palabras clave: Agroforestería, forestación, silvicultura, café, costos, Costa Rica	3
6. Abstract.....	3
7. Contextualización del proyecto.....	4
8. Estrategia de abordaje.....	5
9. Análisis de resultados	6
10. Logro del propósito y los componentes	7
11. Integración de la academia:	10
12. Cumplimiento del plan de difusión	11
13. Ejecución Presupuestaria:.....	12
14. Limitaciones y problemas encontrados	13
15. Observaciones generales y recomendaciones.....	14
16. Agradecimientos	14
17. Referencias	14
18. Apéndices	16

2. Código y Título del proyecto

Mejoramiento de la sostenibilidad del sistema de producción de café con sombra de árboles maderables, código 1709-010

3. Autores y direcciones

Nombre	Escuela	Correo electrónico	Periodo
Olman Murillo Gamboa, Ph.D.	Ing. Forestal, TEC	olmuga@yahoo.es	2019-2021
Yorleny Badilla Valverde, Ph.D.	Ing. Forestal, TEC	ybadilla@itcr.ac.cr	2019-2021

3

4. Resumen

El proyecto tuvo como propósito mejorar la sostenibilidad del sistema de producción de café con sombra, mediante la incorporación de árboles maderables como sustitutos de la sombra convencional. De manera estratégica se trabajó con las cooperativas de caficultores CoopeVictoria (Grecia), CoopeAgri (Pérez Zeledón) y CoopeAtenas, con el ICAFE y con el FONAFIFO (Fondo de Financiamiento Forestal). En todas las cooperativas se logró una buena participación, donde se logró el cultivo de 7 especies maderables en fincas de productores asociados (Pérez Zeledón, Grecia, Poás, Atenas, San Mateo, Puriscal, San Rafael de Heredia). Se descubrió que el laurel puede ser plantado a 275 árboles/ha sin detrimento de la producción de café, con buen suceso productivo y como sombra hasta una altitud de 1500 msnm. Un nuevo modelo de costos fue desarrollado basado en árboles individuales, donde se determinó un costo total de producción de ¢2386 (\$3,95 por árbol) en 15 años. Los aportes de capital deben ocurrir al año 0 y al año 5, por un monto total de ¢ 1750 con una leve modificación del modelo de financiamiento actual del FONAFIFO. El COVID afectó seriamente la proyección de actividades de extensión y limitó la adopción del proyecto. El corto periodo de los proyectos del TEC impide el buen desarrollo de proyectos forestales. La rotación de personal en algunas cooperativas fue limitante y afectó también su adopción. Un nuevo manual técnico fue elaborado con todo el paquete tecnológico generado durante el proyecto. Existe un gran potencial para el cultivo de maderables con alto impacto en la caficultura del país.

5. **Palabras clave:** Agroforestería, forestación, silvicultura, café, costos, Costa Rica

6. Abstract

The purpose of the project was to improve the sustainability of the coffee production system by incorporating timber trees as substitutes for conventional shade. We worked strategically with the coffee growers' cooperatives CoopeVictoria (Grecia), CoopeAgri (Pérez Zeledón) and CoopeAtenas, with ICAFE and with FONAFIFO (Forest Financial Fund System). There was a good general participation in all the cooperatives, where 7 timber species were grown on the farms of associated producers (Pérez Zeledón, Grecia,

Poás, Atenas, San Mateo, Puriscal, San Rafael de Heredia). It was found that laurel can be planted at 275 trees/ha without detriment to coffee production, with good productive success and as shade up to an altitude of 1500 meters above sea level. A new cost model was developed based on individual trees, where a total production cost of ¢2386 (\$3.95 per tree) over 15 years was determined. Capital contributions should occur at year 0 and year 5, for a total amount of ¢ 1750 with a slight modification of the current FONAFIFO financing model. COVID seriously affected the projection of extension activities and limited the adoption of the project. The short period of TEC projects impedes the good development of forestry projects. Staff turnover in some cooperatives was limiting and also affected adoption. A new technical manual was developed which comprehends the whole knowledge generated. There is great potential for the cultivation of commercial trees with a high impact on the country's coffee industry.

Key words: agroforestry, forestry, coffee production, silviculture, costs, Costa Rica

7. Contextualización del proyecto

La caficultura en Costa Rica es una actividad productiva tradicional que se desarrolla desde hace más de 200 años y hoy día se estima que cerca de 93 000 ha del territorio nacional se dedican a esta actividad, con 70 500 en plena producción (INEC 2015; INEC 2018), de las que dependen más de 35 mil familias productoras y 290 beneficios en 8 regiones geográficas.

En los últimos años, los fuertes cambios en el precio internacional del grano han tenido al sector en continuas crisis, hasta provocar el colapso de algunas organizaciones y de muchos productores. El área bajo producción de café se ha venido reduciendo de casi 110 000 ha hace unos 20 años, a poco más de 85 000 ha en la actualidad. Los problemas fitosanitarios como la roya y el ojo de gallo han aumentado los costos y reducido significativamente la productividad, lo que incide en la disminución de los ingresos de los productores. La mano de obra continúa siendo uno de los elementos críticos, no solo por su aumento en costos año con año, sino por su escasez. En términos ambientales, se estima que la actividad tiene una balanza negativa, ya que puede generar hasta un 1,56% de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero (GEI), debido al componente de beneficiado del café y al uso excesivo de fertilizantes nitrogenados.

Por su parte, el sector productivo forestal se ha sumido en una profunda crisis en la última década. Cada año continúa la disminución de la tasa anual de reforestación y se registra un aumento de las importaciones de madera. La caficultura nacional ofrece un espacio importante donde poder promover el cultivo asociado de madera de alto valor, prioritariamente especies nativas, y con esto, aumentar el valor económico, ambiental y social del modelo café. A mayor número de especies maderables que se logre incorporar al cafetal, aumentará la tasa de diversidad, requisito importante para lograr alcanzar la certificación ambiental y aumentar los servicios ambientales asociados. Importante también mencionar, que el aumento de árboles de mayor densidad de madera y mayor volumen/ha, permitirían aumentar la producción de

materia prima para la generación de energía que disminuiría el costo de beneficiado del café.

El proyecto establece una alianza entre un grupo de cooperativas nacionales emblemáticas y líderes del sector café (CoopeVictoria, CoopeAtenas, CoopeAgri), junto con el ICAFE y el ITCR, para contribuir con el fortalecimiento de la caficultura nacional a través de la incorporación de maderables de alto valor económico. Cada una de estas cooperativas tiene su región geográfica definida de acción y un número muy significativo de productores asociados. Coopeagri desarrolla sus proyectos en el cantón de Pérez Zeledón y parte de Buenos Aires, con más de 5200 asociados. CoopeVictoria trabaja en la zona del valle central oriental con predominancia en Grecia, Sarchí, Naranjo, San Ramón y Poás principalmente, con más de 3000 asociados. Finalmente, CoopeAtenas trabaja en la zona de Atenas, Puriscal, Turrubares y San Mateo, con más de 1200 asociados. El ICAFE es la institución nacional establecida por ley como órgano rector del sector cafetalero, conformada por la participación del sector productivo, académico y estatal.

Por tanto, el proyecto tuvo como propósito mejorar la sostenibilidad del sistema agroforestal de producción de café, mediante la incorporación de árboles maderables como sombra. Como principales resultados esperados se propuso la construcción de un paquete tecnológico que permitiera un mejor asocio entre la caficultura y el cultivo de maderables de alto valor como sombra. En el proceso se trabajó en la determinación de los costos de la siembra y manejo de los árboles maderables, así como en una revisión de la propuesta de financiamiento con que cuenta hoy día el FONAFIFO (Fondo de Financiamiento Forestal) para SAF (sistemas agroforestales).

8. Estrategia de abordaje

El proyecto fue diseñado para su ejecución en conjunto entre la academia (TEC), el ICAFE (órgano semi estatal), el FONAFIFO (estado) y un grupo de tres cooperativas de caficultores emblemáticas y líderes (sector productivo). Cada una de las partes debía aportar su mayor experiencia en el tema. La construcción del paquete tecnológico fue liderado por el TEC, dado que existían vacíos importantes de información técnica. Para esto se diseñaron ensayos de campo (prueba de especies) y su evaluación respectiva en el tiempo disponible dentro de la corta duración del proyecto. En segundo plano las cooperativas aportaron apoyo técnico-logístico, aportaron mano de obra, costos de mantenimiento de los ensayos y realizaron acciones de fomento para la siembra de árboles maderables en fincas de sus asociados. Las cooperativas tuvieron una acción protagónica en la búsqueda y motivación de finqueros para plantar los árboles. CoopeAtenas gestionó inclusive la creación de un vivero forestal propio para lograr una mayor participación de productores asociados en el proyecto. El ICAFE participó con un apoyo político y presencia activa en las pocas actividades de extensión que se logró realizar durante el proyecto. El FONAFIFO tuvo también participación en las actividades de extensión. Una funcionaria de su Departamento de Crédito, se integró a revisar el modelo de

costos y de financiamiento. Todos los integrantes del proyecto tuvieron participación activa en las pocas actividades de extensión, días de campo organizados.

Antes del COVID se realizaron varias reuniones de planeamiento estratégico entre los técnicos de las cooperativas, el ICAFE y el FONAFIFO.

9. Análisis de resultados

De manera general el proyecto tuvo resultados positivos en materia técnica en todos sus productos planteados y parcialmente, en materia de apropiación debido a la imposibilidad de realizar actividades de extensión.

En materia técnica puede mencionarse a) nuevo conocimiento sobre el comportamiento en crecimiento inicial y adaptación a la caficultura de más de 7 especies maderables (melina, laurel, cedro, almendro, pilón, guanacaste y cenízaro; b) conocimiento sobre poda y descopa en árboles de laurel; c) nuevo modelo de costos de producción por árbol; mucho más flexible y apropiado para SAF, que determinó un costo de ¢2386 por árbol en 15 años; d) análisis de estrategia de financiamiento del cultivo de los maderables; que determinó que los aportes de capital deben ocurrir al año 0 y al año 5, por un monto total de ¢ 1750, con una leve modificación del modelo de financiamiento actual del FONAFIFO; e) se pueden plantar 275 árboles/ha sin detrimento en la producción de café; f) **se descubrió que se puede plantar laurel hasta los 1500 msnm** con una tasa de crecimiento de al menos 3,5 cm DAP/año. **Este fue el mayor logro del proyecto, se logró establecer al laurel como especie maderable, proveedor de sombra permanente, capaz de plantarse hasta una altitud de 1500 msnm** g) análisis del impacto económico del cedro en la caficultura de Pérez Zeledón; h) conocimiento sobre posibles densidades de siembra y de manejo de los árboles en el cafetal; i) estimaciones de captura de carbono según densidad de siembra; j) se logró seleccionar árboles plus de todas las especies investigadas y plantadas con el proyecto. Finalmente, toda la información fue compilada y registrada en un primer manual de producción de árboles maderables en cafetales, que está en fase de publicación (Taller de publicaciones del TEC, ver apéndices). Los demás detalles técnicos mencionados fueron debidamente publicados en artículos científicos, notas técnicas, ponencia en congreso, en una conferencia webinar sobre el tema (incluidos en los apéndices).

En materia de adopción, el proyecto no logró un alto desempeño como se propuso por limitaciones del efecto COVID y por el corto tiempo de vida para un proyecto forestal. En CoopeVictoria hubo cambios de personal durante todos los años de vida del proyecto que afectó la continuidad del proyecto. Sin embargo, si se logró plantar árboles maderables en una buena cantidad de fincas de asociados de las tres cooperativas (Pérez Zeledón, Grecia, Poás, Atenas, San Mateo, Puriscal, San Rafael de Heredia). Se logró realizar un día de campo en finca Pinto, sitio experimental del proyecto en CoopeVictoria (Grecia), así como la visita de varios productores a los sitios de ensayos. Se logró que CoopeAtenas gestionara la creación de un primer vivero forestal propio. Los estudios de costos, de rentabilidad al plantar cedro, datos de crecimiento y producción iniciales, sin duda continuarán aportando información e

impacto en las fincas donde se logró la siembra de los árboles. Al final del proyecto, se logró establecer una alianza con la empresa internacional de café Starbucks, para que el TEC realice la reproducción clonal de variedades élite de café y para el seguimiento del desarrollo del laurel en su finca experimental (finca Alsacia, Sabanilla de Alajuela).

10. Logro del propósito y los componentes

Propósito: Mejorar la sostenibilidad del sistema agroforestal de producción de café mediante la incorporación de árboles maderables como sombra			
Componentes	Indicador	% de logro	Comentarios
1. Determinar el estado del manejo forestal en la caficultura y gestionar la obtención del mejor material genético forestal para modelo SAF-café	<p>1.1 Artículo en la revista Investiga.Tec (Murillo & Badilla 2022. Árboles maderables como sombra de café. Evidencia 2, Apéndice 18.2) que compila buena parte del estado del manejo de árboles en la caficultura.</p> <p>1.2 El artículo con Calvé et al. (2020) describe la realización de un censo en 25 fincas de café asociadas a CoopeAgri en Pérez Zeledón, donde se diagnosticó el estado de conocimiento en el manejo de los maderables en cafetales, así como el aporte económico de la madera al productor. Evidencia 3. Apéndice 18.3</p> <p>1.3 Selección de árboles plus en cafetales de cedro y laurel; uso de material genético de GENFORES de pilón, melina y almendro; uso de semilla de árboles plus de guanacaste y cenízaro de la Estación Exp. Forestal Horizontes en Liberia. Evidencia 4. Apéndice 18.4 Fotos de árboles plus de laurel seleccionados en cafetales de Starbucks, Sabanilla de Alajuela y en</p>	100	<p>Los primeros años del proyecto fueron muy activos en la generación del estado del conocimiento y en especial, en la eliminación de resistencia al cambio con la introducción de maderables al cafetal. El trabajo de Calvé et al. (2020) realiza un censo amplio en la zona de Pérez Zeledón, que permite conocer la realidad del cultivo de maderables y su aporte económico para el caficultor. Esta es una experiencia única y con más de 18 años de desarrollo empírico. En el proyecto se logró seleccionar una buena cantidad de árboles plus de cedro (plantados en cafetales de Pérez Zeledón, de donde se colecta semilla anualmente desde el 2020) y recientemente de laurel (más de 25 individuos en cafetales de altura). Esto permitirá el desarrollo de un nuevo programa de mejoramiento genético especializado para SAF café con estas dos especies. Que a la fecha, han sido las mejores dos opciones de maderables.</p>

	CoopeVictoria.		
2. Desarrollar un paquete tecnológico SAF-Café con especies forestales de alto valor comercial en las cooperativas beneficiadas	<p>2.1 Generación de conocimiento nuevo que forma parte de los dos artículos científicos publicados, de la nota técnica publicada en Investiga.Tec y de las conferencias virtuales. Pero el más relevante es el nuevo Manual “Árboles maderables como sombra en el cafetal”, en proceso final de publicación en el Taller de Publicaciones del TEC (Evidencia 1, Apéndice 18.1).</p> <p>2.2 El descubrimiento de que el laurel puede ser plantado con éxito como maderable de sombra en cafetales hasta 1500 msnm. Se llevan datos de crecimiento de 50 árboles en dos fincas con 5 y 7 años de edad.</p>	100	<p>Como mayor aporte técnico se descubrió que el laurel puede ser plantado con muy buen comportamiento productivo, hasta los 1500 msnm. Nuevas experiencias recientes registran buen suceso a los 1650 msnm. Se espera publicar nuevo artículo científico específico sobre el crecimiento y rendimiento del laurel, crecimiento de la copa (sombra) en cafetales.</p> <p>En el trabajo de Calvé et al. (2020) se publicó un modelo de crecimiento del cedro en cafetales, junto con información sobre su aporte económico en promedio de \$5000.ha⁻¹.</p> <p>El nuevo manual compila todo el conocimiento generado en estos años del proyecto.</p> <p>El proyecto logró generar una importante cantidad de conocimiento nuevo sobre este potencial campo de desarrollo de la actividad forestal.</p>
3. Proponer opciones de financiamiento para la incorporación de maderables en el SAF-café.	<p>3.1 En un primer paso se desarrolló un nuevo modelo de costos del cultivo de maderables en cafetales. Junto con esta información se realizó un análisis de las necesidades de aporte de capital para este tipo de SAF y se contrastó con el modelo actual de financiamiento del FONAFIFO para SAF en general. Toda esta información forma parte de un artículo sometido y aprobado por la Rev. Agron. Costarr.</p> <p>Evidencia 5. Apéndice 18.5</p>	100	<p>Se logró un nuevo modelo de costos basado en árboles individuales, que es mucho más flexible y apropiado para SAF. Que determinó un costo de ¢2386 por árbol en 15 años. Los aportes de capital deben ocurrir al año 0 y al año 5, por un monto total de ¢ 1750, que implica una leve disminución con respecto al modelo de financiamiento actual del FONAFIFO. Sin embargo, se propuso dejar el monto total en ¢2000/árbol por las fluctuaciones en el precio de los agroquímicos.</p>
4. Gestionar la	4.1 En los primeros dos	80	El proyecto tuvo muchas

<p>formación de un equipo técnico agroforestal</p>	<p>años del proyecto se logró realizar reuniones frecuentes con los agrónomos y técnicos de las cooperativas y del ICAFE. (Evidencia 6. Apéndice 18.6 anexos en PDF).</p> <p>4.2 Los días de campo y visitas técnicas a los ensayos sirvieron para capacitar a los técnicos participantes. En estas reuniones en campo participaron ingenieros forestales del FONAFIFO, agrónomos del ICAFE y de las cooperativas.</p> <p>4.3 Hubo siempre participación de los agrónomos de las cooperativas, al momento de la siembra de los árboles en las fincas de los productores.</p> <p>A continuación se muestran 6 evidencias de las actividades y capacitaciones en campo en las cooperativas (Evidencia 6. Apéndice 18.6 anexos en PDF).</p> <p>4.4 Hubo iniciativa en CoopeVictoria y en CoopeAtenas, para establecer un invernadero o vivero propio para la producción de los árboles y abastecer a los productores, con apoyo técnico y abastecimiento del material genético de GENFORES. Sin embargo, la acción no llegó a concretarse oficialmente. El TEC les sigue supliendo de semilla mejorada y de plantas para reforestar. Ellos las distribuyen con sus</p>	<p>limitaciones para lograr una participación constante del personal técnico de las cooperativas. Hubo mucho cambio de personal y no se contaba con apoyo suficiente de tiempo para el proyecto en todos los casos. El COVID tuvo un gran impacto que limitó la posibilidad de una mayor cohesión entre el grupo humano de todas las partes.</p> <p>Hubo sin embargo, participación masiva por parte de los agrónomos de todas las cooperativas al momento de ir a plantar los árboles en los cafetales. Ver evidencia 6 de giras conjuntas a campo para la siembra de maderables, en fincas de asociados a CoopeAtenas y CoopeVictoria, años 2019-2020</p> <p>El manual técnico servirá de apoyo para la continuidad y adopción del proyecto. Esta primera versión del manual aportará conocimiento y permitirá contribuir a resolver el vacío de información existente en el tema.</p> <p>A pesar de que el proyecto concluyó hace más de 1 año, se ha logrado dar continuidad y apoyo técnico en la producción de árboles, en el fomento a la siembra de árboles, en la medición del crecimiento de los árboles. La siembra de árboles en cafetales no ha parado a la fecha de hoy.</p> <p>La participación del FONAFIFO en los días de campo fue positiva y les permitió mantenerse cerca del desarrollo del proyecto.</p>
--	---	--

	<p>asociados.</p> <p>4.5 La siembra de árboles en cafetales no se ha detenido al día de hoy. Han aparecido caficultores interesados de fincas no asociadas a las tres cooperativas participantes. GENFORES continúa aportando plantas y semilla seleccionada a las cooperativas.</p>		
--	--	--	--

11. Integración de la academia:

El proyecto logró una participación relativamente baja de la academia por causa de las limitaciones de giras y días de campo durante los años de COVID. Se tuvo participación de una estudiante realizando su tesis de Licenciatura en Ing. Forestal (TEC), sin embargo, no logró su conclusión. En los cursos de manejo de plantaciones forestales y Agroforestería de la EIFO (TEC), se logró incorporar buena parte del conocimiento generado durante el proyecto.

En los días de campo participaron profesores del curso de Agroforestería de la EIFO, que sirvió además para establecer sitios potenciales a ser visitados en giras con estudiantes.

Los resultados fueron debidamente publicados y divulgados en varias instancias a todo nivel (científico, técnico, productores de café) mediante la elaboración de artículos científicos, notas técnicas, manual, presentaciones en conferencias Webinar, en congresos técnicos, entre otros.

Asistencias Estudiantiles

Nombre del estudiante	Carrera	Actividades realizadas
No hubo asistentes		

Trabajos de Grado y Postgrado

Nombre de obra	Tipo de obra	Autor	Enlace al documento
Modelo de costos del cultivo de árboles en SAF	Tesis de Licenciatura inconclusa	Verónica Madrigal	Total y directo en el tercer componente

Cursos

Curso	Carrera	Objetivo del curso	Actividades realizadas	Evidencias (enlace al documento)
Manejo de plantaciones	Ing. Forestal	Desarrollo y manejo de tipos de plantaciones forestales	Presentaciones en clase	Evidencia 7. Apéndice 18.7 PPT de clase: Evolución y desafíos de las plantaciones forestales de CR, Jul 2021.

11

12. Cumplimiento del plan de difusión

A pesar del impacto del COVID, que impidió la realización de días de campo, se logró divulgar los resultados principales en:

- 1 Manual Técnico (**Evidencia 1, Apéndice 18.1**)
- 1 Nota técnica (**Evidencia 2, Apéndice 18.2**)
- 2 Artículos científicos (**Evidencias 3 y 5, Apéndice 18.3 y 18.5**)
- Clases en el curso de Manejo de Plantaciones de la EIFO. Evolución y desafíos de las plantaciones forestales de CR. PPT. (**Evidencia 7, Apéndice 18.7**)
- 2 días de campo en CoopeVictoria, Grecia (**Evidencia (Evidencias 8 y 9, Apéndices 18.8 y 18.9)**)
- 2 Presentaciones en II y III Simposio Nacional de especies nativas (**Evidencias 10 y 11, Apéndices 18.10 y 18.11**)
- 1 Presentación en Conferencia Internacional Webinar, (**Evidencia 12, Apéndice 18.12**) "Siembra de maderables en cafetales" 28 abril 2021.

Nombre de obra	Tipo de obra	Estado	Base de datos de indexación	Nombre de Evento	Contó con Comité científico
Calvé, S., Murillo, O., Córdoba, D., Salazar, L. 2019. Aporte económico de la madera de cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.) como árbol de sombra en cafetales de Pérez Zeledón, Costa Rica.	Ponencia en congreso	Presentada	NA	II Simposio Especies Nativas. Estación Exp. For. Horizontes, Liberia, Guanacaste. 7-8 Nov 2019.	Si

Murillo, O. 2021. Cultivo de maderables en sistemas de producción de café.			NA	Conferencia internacional WEBINAR, Abril 2021. Instituto Tecnológico de CR, Escuela de Ing. Forestal. Cartago, Costa Rica.	
Calvé, S., Murillo, O., Salazar, L., Córdoba, D. 2020. Aporte económico de la madera de cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.) como árbol de sombra en cafetales de Pérez Zeledón, Costa Rica.	Artículo científico	Publicado	Scielo	Rev. For. Mesoam. Kurú 17 (41): 68-77.	Si
Murillo, O. Badilla, Y. 2022. Árboles maderables como sombra de café.	Nota Técnica	Publicado	NA	Revista Investiga.TEC. Setiembre 2022. Vol 15 No 45: 11-14.	Si
Murillo, O., Badilla, Y. 2023. Potencial económico del cultivo de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) en sistemas agroforestales con café en Costa Rica.	Ponencia en Congreso	Presentado	NA	En: III Simposio de cultivo de especies nativas en Costa Rica. Turrialba, CATIE, Costa Rica 18-20 Abril 2023.	Si
Murillo, O., Badilla, Y. 2023. Árboles maderables como sombra en el cafetal. Manual. Taller de Publicaciones del ITCR. Cartago, Costa Rica. 18 pp.	Manual				No
Murillo, O., Badilla, Y. 2023. Costos del cultivo de maderables como sombra en sistemas agroforestales de café en Costa Rica. Rev. Agron. Costarr. (ver apéndice)	Artículo científico		Scielo	Revista Agronomía Costarricense	Si

13. Ejecución Presupuestaria:

Partida específica	Monto solicitado	Monto ejecutado	Porcentaje ejecución	Justificación
2019	4 150 000	3 646 759	87,87	La mayor subejecución ocurrió en la partida de Otros productos químicos , con una ejecución del 56,5%. Ese primer año no se logró plantar los árboles en todas las fincas, tal y como se había planificado, debido a dificultades con los promotores del proyecto en dos de las cooperativas. Esto limitó la compra de insumos. Esta situación no se volvió a presentar los siguientes dos años.
2020				
2021	3 750 000	3 637 490	97,97	Conforme el proyecto fue avanzando, se logró una mucho mejor coordinación entre los participantes, que redundó en una mejor ejecución presupuestaria, como puede observarse.

14. Limitaciones y problemas encontrados

La afectación del COVID impidió la realización de días de campo durante los años 2020 y 2021, sin embargo, si se logró celebrar dos de ellos, así como llevar a visitantes interesados del sector cafetalero a los sitios de investigación en finca Pinto, CoopeVictoria, Grecia. Este fue la mayor limitante desde el punto de vista de actividades de extensión/adopción del proyecto.

El periodo tan corto de los proyectos de la VIE en el TEC (2 a 3 años), siempre ha sido una limitante importante en el desarrollo de los proyectos forestales. Los árboles tardan varios años para crecer y que permitan sus datos poder establecer actividades de extensión, capacitación, transferencia, publicaciones, etc.

La gestión de compras del TEC ha venido empeorando en los últimos años. Esto ocasionó trastornos en la producción de los árboles para ser sembrados en los ensayos con las cooperativas.

La CoopeVictoria (Grecia) fue el principal socio durante el desarrollo del proyecto. La empresa ha tenido un movimiento muy fuerte de personal en los últimos 5 años, lo que ocasionó que nos cambiaran el equipo técnico de apoyo en 3 oportunidades. Los nuevos ingenieros agrónomos tenían que empezar desde el inicio (de cero literalmente) con el proyecto y tenían que llevar una capacitación y motivación hacia el proyecto, lo que retrasó el avance del mismo a todo nivel. En los últimos años, por ejemplo, no se logró continuar con la promoción del sistema en nuevas fincas de asociados a la cooperativa.

15. Observaciones generales y recomendaciones

El proyecto tuvo serias limitaciones para su desarrollo (efecto COVID), que impidieron la realización de días de campo y actividades relacionadas, sumado a la inestabilidad del personal técnico en dos de las cooperativas participantes. Sin embargo, si logró una buena ejecución y alcance de sus objetivos, productos esperados y difusión de los principales resultados.

La apropiación del proyecto es sin duda el factor limitante del proyecto y sin duda, el elemento más difícil de alcanzar en proyectos de este tipo. Algunas acciones que podrían aportar para su mejora podrían ser las siguientes:

- a) Darle seguimiento a las cooperativas participantes en acciones como, producción de plantas de alta calidad genética; realización de días de campo en conjunto con todas las Instituciones participantes.
- b) Incorporar algunas cooperativas estratégicas como CoopeTarrazú y CoproNaranjo, con quienes tuvimos acercamientos durante el proyecto.
- c) Continuar con la nueva relación establecida con la empresa Starbucks, en la reproducción clonal de variedades élite de café y en el seguimiento del desarrollo del laurel.
- d) Continuar con la selección de árboles plus y mejoramiento genético con énfasis en las especies laurel y cedro.
- e) Mayor participación de la EIFO en este proyecto. Incorporar los sitios de investigación en posibles giras de cursos de Manejo y Agroforestería.
- f) Gestionar una nueva fase de proyecto en la ronda VIE del 2024, con el propósito de lograr una mayor adopción de los resultados del proyecto.
- g) Lograr una mayor participación del ICAFE.
- h) Intentar presentar los logros y resultados alcanzados en algún Congreso de Café en el país.
- i) Realizar al menos un día de campo en los sitios de investigación, donde se cuenta con 5 años de registros de crecimiento de los árboles.

16. Agradecimientos

Un agradecimiento a la VIE por el apoyo financiero al desarrollo del proyecto. Así como a la Cooperativa Victoria por el apoyo en el establecimiento de los ensayos en la finca Pinto, Grecia.

17. Referencias

- a. Calvé, S., Murillo, O., Córdoba, D., Salazar, L. 2019. Aporte económico de la madera de cedro (*Cedrela odorata* L.) como árbol de sombra en cafetales de Pérez Zeledón, Costa Rica. En: II Simposio Especies Nativas. Estación Exp. For. Horizontes, Liberia, Guanacaste. 7-8 Nov 2019.

- b. 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. Rev. For. Mesoam. Kurú 17 (41): 68-77.
- c. Murillo, O. 2021. Cultivo de maderables en sistemas de producción de café. Conferencia internacional WEBINAR, Abril 2021. Instituto Tecnológico de CR, Escuela de Ing. Forestal. Cartago, Costa Rica.
- d. Murillo, O. Badilla, Y. 2022. Árboles maderables como sombra de café. Revista Investiga.TEC. Setiembre 2022. Vol 15 No 45: 11-14.
- e. Murillo, O., Badilla, Y. 2023. Potencial económico del cultivo de laurel (*Cordia alliodora*) en sistemas agroforestales con café en Costa Rica. En: III Simposio de cultivo de especies nativas en Costa Rica. Turrialba, CATIE, Costa Rica 18-20 Abril 2023.
- f. Murillo, O., Badilla, Y. 2023. **Árboles maderables como sombra en el cafetal. Manual**. Taller de Publicaciones del ITCR. Cartago, Costa Rica. 18 pp.
- g. Murillo, O., Badilla, Y. 2023. Costos del cultivo de maderables como sombra en sistemas agroforestales de café en Costa Rica. Rev. Agron. Costarricense.

18. Apéndices

18.1 Evidencia 1. Manual Técnico

Árboles maderables como sombra en el cafetal



16

Presentación

La caficultura en Costa Rica es una actividad productiva tradicional que se desarrolla desde hace más de 200 años y hoy día se estima que cerca de 84 000 ha del territorio nacional se dedican a esta actividad, con 70 500 en plena producción (INEC 2015; INEC 2018), de las que dependen más de 50 mil familias productoras y 290 beneficios. 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 finalizar el siglo XX.

El asocio del cultivo del café con árboles maderables como el cedro y el laurel ha sido una práctica convencional de amplia utilización en varias regiones de Costa Rica, así como en Colombia, México, Guatemala y Honduras. Sin embargo, la presencia de árboles en el cafetal ha sido entendida casi siempre, únicamente como proveedores de servicios ambientales, es decir, como aporte de sombra, de leña, aumento de biodiversidad, protección contra el viento y belleza escénica, entre otros. Por tanto, se ha propuesto generar un cambio en la caficultura tradicional y promover la creación de una nueva

actividad económica a partir del cultivo de madera. Los árboles de sombra podrían también proveer madera de alta calidad y valor, podrían sembrarse junto con el café acompañado de actividades de manejo esenciales como podas y raleos, con lo cual generar un impacto socioeconómico para el caficultor. Si conocemos que las especies que utiliza el mercado del mueble en el país son principalmente el cenízaro, guanacaste, cedro, laurel y melina, cuya mayor cantidad de fabricantes se localizan próximos a las regiones cafetaleras, podríamos dirigir esfuerzos por asociar el cultivo de árboles maderables en el cafetal en esta dirección.

Este documento pretende orientar y motivar a los productores a cultivar madera de alta calidad en sus cafetales, en sustitución total o parcial de la sombra tradicional. Un aumento en el número de especies forestales podría no solo aumentar los ingresos económicos del caficultor, sino también contribuir con la biodiversidad, con una mayor captura de carbono, con una mejora de protección del viento, entre otros servicios.

Producción de café con árboles maderables como sombra



18

Es una opción para la caficultura donde además de la producción del café, se puede lograr obtener buenos resultados económicos a través de la producción de madera de alta calidad y valor en el mercado. En este sistema los árboles se plantan preferiblemente en los primeros dos años del nuevo cafetal, a un distanciamiento desde 6 x 6m (un árbol cada 4 calles y cada 7 plantas), hasta 8 x 8m, dependiendo de la especie. De esta manera, el caficultor podrá aumentar el valor económico de su finca, obtener sombra para el café, embellecimiento, aumento de la biodiversidad y mayor visita de aves y fauna, entre otros beneficios.

¿Qué especies se pueden plantar?

Para elegir apropiadamente la(s) especie(s) maderable(s) se debe tomar en cuenta la altitud, el clima de la región y el tipo de suelo de la finca, así como si se desea producir madera en ciclo corto (3 a 6 años como la melina), ciclo mediano (7 a 10 años), o también a largo plazo (12 a 16 años). También es posible combinar especies y ciclos de producción en una misma finca, donde puede tenerse sectores con melina (ciclo corto) y laurel, pilón, almendro, cedro (ciclo largo).

Entre las especies recomendables para la producción de madera se puede elegir entre la melina (*Gmelina arborea*), y las especies nativas como el laurel (*Cordia alliodora*), cedro (*Cedrela odorata*), pilón (*Hieronyma alchorneoides*) y almendro (*Dipteryx panamensis*). De todas estas especies se cuenta con semilla segura de muy alta calidad genética y buen crecimiento en campo, que aseguran una alta rentabilidad en la producción de madera. Hay experiencias con la siembra de otros árboles leguminosos nativos y de alto valor en la mueblería, como el guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) y el cenízaro (*Samanea saman*), sin embargo, han mostrado algunas dificultades de manejo que requieren de mayores estudios antes de ser promovidas en la caficultura.



Algunos productores han manifestado la idea de combinar un árbol maderable y dejar o plantar el árbol de guaba para sombra baja. Esta bien podría ser otra modalidad y permitiría que muchos caficultores no sintieran un cambio muy severo en su experiencia y tradición. Pero se lograría también un avance hacia ampliar el manejo del cafetal hacia objetivos de producción de maderas de buena calidad.

Siembra de los árboles

Los principios de la siembra de los árboles maderables siguen los mismos pasos y cuidados utilizados en la siembra del café. Los conceptos básicos del control previo de malezas, el encalado y la fertilización, deben ser también practicados.

Control de malezas: Se estima que la maleza puede ocasionar pérdidas de hasta un 30% en el crecimiento de los árboles, donde la gramínea o pastos, puede ejercer un efecto negativo aún mayor. Hay especies como el laurel, que presentan una intolerancia severa a las gramíneas y a la maleza en general. La maleza puede ser también hospedera de muchas plagas. El control de malezas puede ser realizado de manera manual (guadaña), mecanizada (chapeadora), mediante el uso de coberturas o mediante control químico, según los recursos que se dispongan. El control químico suele ser el más efectivo y popular, pero no se debe aplicar antes de que los árboles alcancen al menos 75 cm de altura.

Corrección de acidez: En regiones del país con suelos ácidos ($\text{pH} < 5,5$ o con porcentaje alto de saturación de acidez $> 25\%$) es recomendable su corrección temprana a través de la práctica del uso de la cal en sus diferentes tipos y presentaciones. La acidez impide que las plantas puedan absorber los nutrientes disponibles del suelo, con lo cual se afecta el desarrollo del árbol. Esta información se obtiene de un análisis de suelo denominado, químico completo. Como medida correctiva se recomienda aplicar cal al fondo y alrededor del hueco (150 a 200 g por árbol, dependiendo de la severidad de la acidez), se mezcla luego con un poco de tierra para evitar que tenga contacto directo con las raíces del árbol (ver Figura 1).



Figura 1: Encalado a la siembra. 100 g al fondo del hueco y 100 g en la periferia externa.

La continuidad del encalado en el tiempo se basa en el principio del efecto residual, o también, de por cuanto tiempo logra mantener neutralizada la acidez en el suelo. Esto dependerá de varios factores, como el tipo de cal empleado (líquida, granulada, fina, gruesa), el tamaño de la partícula o granulometría (entre más fina mayor velocidad de reacción), modo de aplicación en el suelo, entre otros factores. Por lo general la

caficultura convencional sigue protocolos bien establecidos en el tema del encalado, donde se ha observado que logran un efecto positivo en el crecimiento de los árboles.

Eliminación de hormigueros: Esta labor es especialmente crítica en especies como la melina, aunque también importante en otras especies maderables. Se deberá localizar los nidos próximos al sitio a plantar y tratar de eliminarlos. Para esto existen varias opciones, desde insecticida granulado que se deja sobre el camino de la hormiga, hasta el uso de repelentes como el Regent u otros productos que logran eliminar el hongo que convive en simbiosis con la hormiga dentro del nido. La vigilancia del ataque de la hormiga deberá hacerse cada 3-4 semanas. Por lo general, ante presencia severa de hormiga, los productos logran alejarlas por unos 2 a 3 meses como máximo. Por lo que es necesario mantener la vigilancia frecuente y prever la aplicación de productos cada 2 a 3 meses, durante los primeros 2 años de establecido el cafetal con los árboles.

Distribución y espaciamiento entre los árboles en el cafetal

En la figura 2 se muestra un modelo básico de siembra de árboles en el cafetal. Si se desea una mayor producción de madera, los árboles se podrán plantar a un distanciamiento de 6 x 6m aproximadamente, que corresponde con un árbol cada 7 plantas de café y cada 4 calles, si el café ha sido sembrado a 2 x 1m de distancia. De manera ideal los árboles se ubican en distribución tresbolillo entre calles. Esto permite un mejor desarrollo de su copa.



Figura 2: Distribución espacial de los árboles maderables sembrados en la misma hilera junto con las plantas de café.

Es importante que el árbol se plante en la misma línea junto con las matas de café. Si se le planta en el callejón podrán sufrir daños severos causados por el paso regular de los trabajadores en sus labores de mantenimiento. La experiencia ha mostrado que a pesar

de que se les proteja con estacas o cualquier otro método, los árboles en el callejón sufrirán el impacto del tránsito de los trabajadores.



Esta densidad de siembra es la que logra la mayor cantidad de árboles maderables por área (N = 275 árboles por hectárea). Dependiendo de la especie, su copa no llegará a entrecruzarse antes de los 8 a 10 años. Sin embargo, se prevé una primera ralea de un 40 a 50% de los árboles en el año 7, precisamente con el fin de eliminar los individuos de bajo crecimiento, los defectuosos para la producción de madera o aquellos con algún problema fitosanitario. Esto logra impedir que el crecimiento de la copa logre entrecruzarse y causar un sombrío excesivo. La distribución espacial en tresbolillo, logra también contribuir con el exceso de sombrío, ya que la distancia entre árboles entre callejones será mayor en un 11% (+70 cm).

Otros espaciamientos de siembra podrán ser utilizados también, como 7 x 6m, 6x 8m, 8 x 8m etc. En particular si se tiene algún temor de que el tipo de copa del árbol desarrolle ramas grandes en dirección horizontal, como en el caso del guanacaste o el cenízaro, y con esto provocar un exceso de sombra.

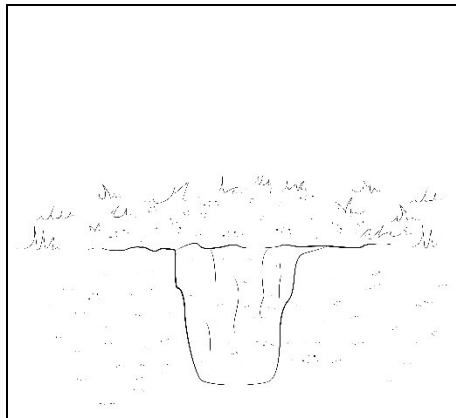
Algunos productores han expresado la opción de sembrar un maderable combinado con la guaba como sombra baja. En este caso, una opción sencilla sería intercalar ambas especies entre callejones. También se podría experimentar con los distanciamientos mencionados anteriormente.

La densidad de siembra de árboles maderables dependerá del tipo o patrón o arquitectura de copa del árbol, de la densidad de su follaje (cantidad de luz que permiten dejar pasar a través), y por supuesto, si pierden el follaje durante el período seco. Especies como el laurel y el almendro son dos árboles de fácil asocio con otros cultivos, sus copas son poco densas (permiten buen paso de luz) y con ramas poco extendidas horizontalmente. La pérdida de follaje (caducidad) durante el verano puede ocurrir de forma total o parcial,

dependiendo de la severidad y extensión del período seco en la zona. Por lo general, a mayor altitud el período seco es más corto y con ocurrencia de lluvias esporádicas, que logran que el árbol mantenga alguna proporción de follaje. El cedro es una especie que pierde su follaje completamente y muy temprano (diciembre) sin importar la zona donde se le plante.

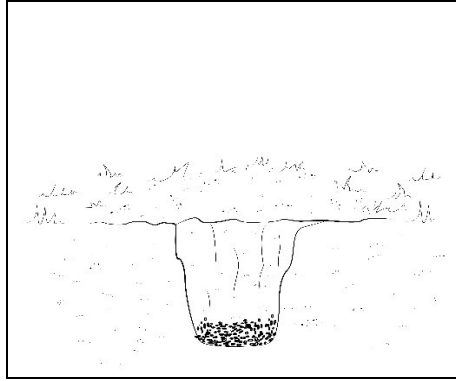
¿Cómo se debe plantar los árboles?

- a. Realice un hueco de al menos 30 cm de profundidad o dos veces la altura del arbolito. Limpie en tierra con una pala ancha, una superficie alrededor del árbol de 1m de diámetro (rodajea).

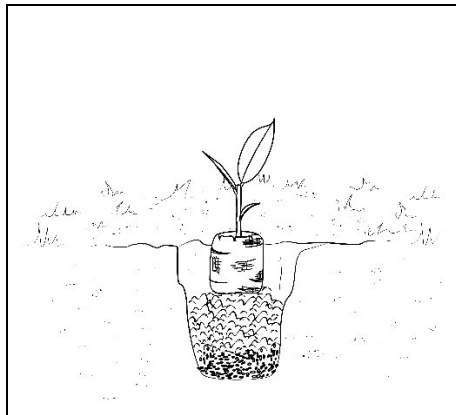


El uso de la hoyadora mecánica se ha venido popularizando por su mayor rendimiento para el operador. Este equipo logra un rendimiento de aproximadamente 1000 a 1200 hoyos por día por operador (3 a 4 veces más que con barreno o palín). Más importante aún, permite romper suelos compactados y crea un mejor hoyado donde crecerá la masa radical de la planta en forma libre sus primeros meses de vida.

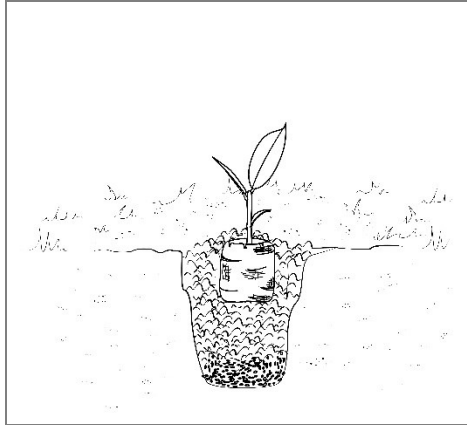
- b. En suelos ácidos, se puede agregar 50g de cal dentro del hueco y otros 100 g dispersos en la periferia inmediata del árbol. La cal dentro del hoyo se deberá mezclar con tierra para evitar que toque las raíces de la planta. En suelos básicos ($\text{pH} > 5,5$ o con muy baja saturación por aluminio, $< 25\%$), se podrá prescindir del encalado y colocar directamente 50 g de fertilizante al fondo del hoyo.



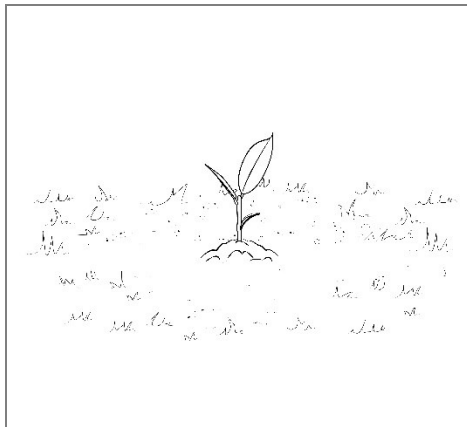
- c. Elimine la bolsa plástica y recójala. Las nuevas tecnologías utilizan el sistema Jiffy o *paper pot*, ambos biodegradables, por lo que no requieren su eliminación. Estas tecnologías favorecen el desarrollo libre de raíces. Pero se ha observado que al momento de plantar el árbol, se logra acelerar el crecimiento inicial de la raíz cuando se rasga ligeramente dos lados de esta cobertura. Finalmente posicione en forma recta el árbol en el centro del hueco.
- d.



- e. Llene con tierra el hueco, presione alrededor del árbol hasta dejarlo firme y evitar dejar espacios vacíos. El árbol debe quedar levantado sobre la superficie, de modo que el agua no se encharque alrededor y escurra de forma libre.



- f. Recuerde que un árbol bien plantado es aquel que:
- Se encuentra en una posición recta, sin inclinación.
 - Tiene tres pares de hojas, sin quebradura de tallo ni de la yema principal.
 - Con una altura de la parte aérea entre 15 y 25cm.
 - Tiene una rodajea limpia en tierra, de 1m de diámetro alrededor.
 - Se observa ligeramente sobre el nivel de la línea del terreno, de modo que se asegure que el agua escurra alrededor y no se encharque.
 - Sano y sin hojas con deficiencia nutricional visible (clorosis, otras).
 - Con abundante presencia de raíces alrededor del pote.



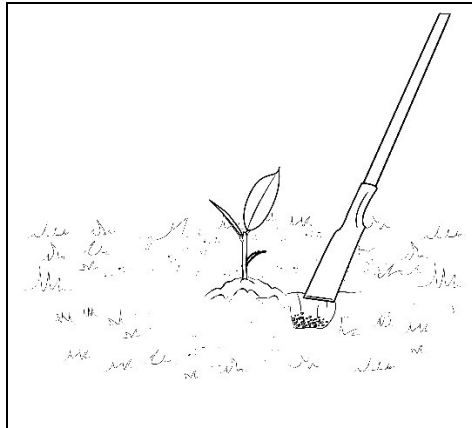
Arbolito correctamente plantado

Fertilización del suelo después de plantado el árbol

Con base en el análisis del suelo se logra definir la necesidad de abonar. En un suelo de baja fertilidad natural no podremos producir madera en forma comercial, a menos que se le suplemente con alguna fuente nutritiva y materia orgánica. Por lo general, se recomienda fertilizar al momento de la siembra o un mes posterior al encalado. Se inicia con 50 g de fertilizante alto en fósforo (10-30-10 /12-24-12), aplicado al hoyo o cerca de la

planta mediante el método de espeque, con uno o dos hoyos a 10 cm de distancia del árbol. Se puede reforzar a los 3 meses con 100 gramos por árbol de fertilizante alto en nitrógeno.

Sin embargo, se espera que un cafetal que sigue buenas prácticas de manejo supla todas las necesidades básicas de siembra, enclado, fertilización y control de malezas mencionadas.



Método de incorporación de fertilizante con el espeque

Mantenimiento del árbol plantado

Las labores de mantenimiento son necesarias para asegurar el óptimo desarrollo y el valor comercial a futuro de la madera de los árboles. Por lo general, la intensidad del mantenimiento es alta los primeros dos años.

El control de malezas es la actividad de mayor relevancia y costo. El pasto (gramínea) es una planta muy agresiva y reprime el crecimiento de los árboles, por lo que debe ser eliminado del cafetal lo antes posible. Desde el momento de la siembra, se recomienda rodajear dejando limpio alrededor del árbol. En adelante, el árbol va a recibir los protocolos de control de malezas en la misma línea de siembra de los cafetos, que por lo general mantienen 1m de distancia entre plantas.



Durante el período lluvioso es necesario realizar intervenciones cada dos meses o cuando la maleza supere unos 50 cm de altura. El uso del herbicida al inicio deberá ser aplicado muy cuidadosamente mientras el árbol tenga una altura menor a 1m. El control del bejuco y enredaderas es vital, en pocos días pueden causar estrangulación, quebradura y hasta pérdida del árbol.

El control de plagas como la hormiga en melina, los chupadores en guanacaste y cenízaro, y el barrenador del cedro, deben formar parte del manejo inicial de los árboles. Con estas especies es necesario incorporar atomizaciones frecuentes de insecticidas cada 30-45 días. En el caso del cedro, deberá atomizarse cada 3 a 4 semanas a partir de los 3 meses de plantado.

Resiembra

Es normal que ocurra mortalidad de arbolitos, causado por factores bióticos como ataque de hormiga, de grillo, bejucos, maleza. O por factores abióticos como por efecto del viento, encharcamiento o inundación, sequía, mal uso del herbicida. Si la mortalidad ocurre distribuida por toda la franja y es inferior al 8-10%, no es necesario replantar. Pero si se concentra en sectores, dejando espacios amplios sin árboles, se recomienda resembrar en los primeros 45 días.

Manejo de los árboles en el cafetal

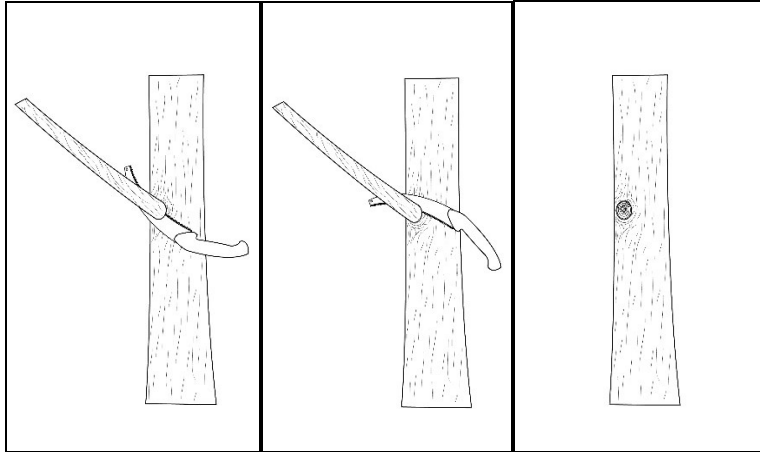
La siguiente información sirve de referencia para la ejecución de labores de mantenimiento durante los primeros 24 meses.

Actividad	Melina	Almendro	Laurel	Pilón	Cedro
Control de malezas (cada 2-3 meses)	x	x	x	x	x
Control de hormiga cortadora cada 60 días	x				
Poda de Formación	x	x	x		x
Despunta de rama lateral	x				
Deshija	x				
Poda de rama baja y rama gruesa hasta 2,5m, (6 a 18 meses)	x	x	x	x	x
Poda media hasta 5 m	x	x	x	x	x
Raleo del rompeviento (año 5)	x	x	x	x	x
Raleo de los árboles de sombra (Año 7)	x	x	x	x	x

Poda de ramas

La poda se realiza con el objetivo de producir madera libre de nudos a futuro, mejorar la forma del árbol, para facilitar el paso del personal en el callejón y por supuesto, para tener un mejor manejo de la sombra. La copa irá subiendo conforme avancen las podas, hasta llegar a una altura aproximada, de unos 2 a 3m sobre las matas de café. El corte de la rama debe ser lo más limpio posible sin dejar ningún segmento de la rama. Debe evitarse eliminar lo que se llama la garganta de la rama, que es una especie de arruga que se forma en la parte inmediata debajo de la rama. Un corte muy profundo de la rama puede eliminarla, lo que produce que el proceso de cicatrización tarde más tiempo. Muchos productores acostumbran a colocar un sello en la herida de la poda, con el fin de prevenir el ataque de insectos o el ingreso de patógenos. En el mercado se puede conseguir pasta sellante para herida de poda, que por lo general contiene elementos preventivos de alguna infección causada por hongos o bacterias.

Si aparecen ramas gruesas la poda se debe ejecutar en dos pasos; un primer corte por debajo de aproximadamente 1 cm de profundidad, para evitar que durante el segundo corte por arriba, se desgaje la rama con su peso. Algunos técnicos acostumbran también, realizar un primer corte a la mitad de la rama para reducirle peso, para luego, terminar de podar la rama gruesa con un menor peso y un menor riesgo de desgaje.



Despunte

En especies de muy rápido crecimiento como la melina, se practica la técnica del despunte o corta de las ramas laterales. El propósito es fortalecer el crecimiento de la yema principal o apical y mantener o disminuir temporalmente, el crecimiento acelerado de la rama lateral, que podría competir con el eje principal. Esta práctica se debe realizar aproximadamente en el mes 3 y 6 en melina.



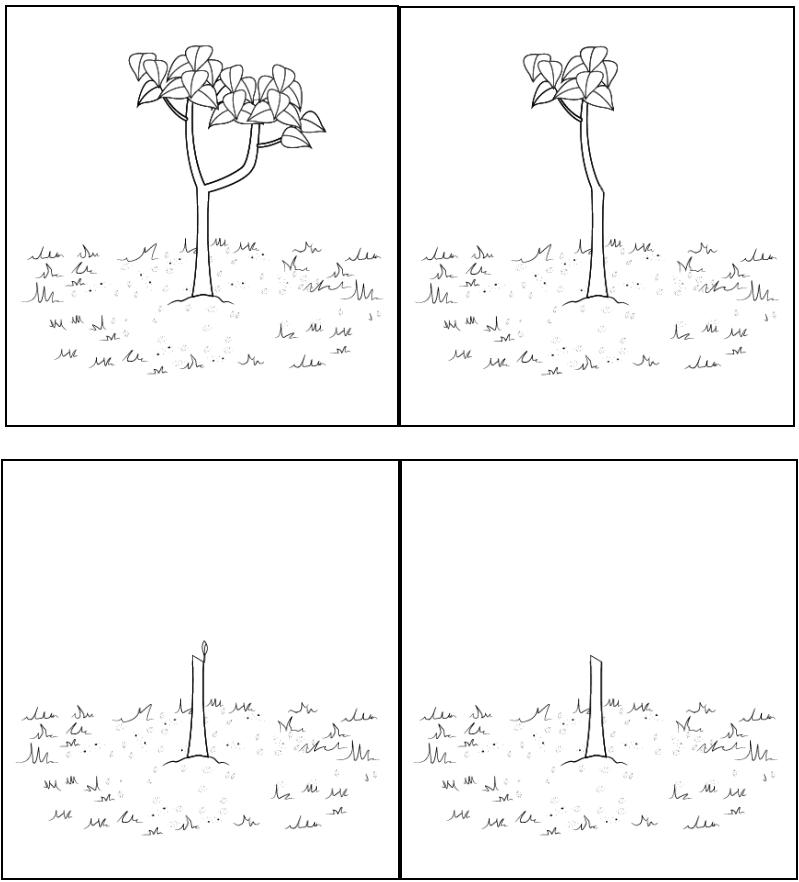
Este principio del llamado despunte, es practicado en los primeros meses del árbol, pero puede también considerarse como una poda lateral de ramas. Esta práctica podría tener aplicación si se quisiera evitar el avance lateral/horizontal de las ramas en algunas especies con copa muy densa. Con lo cual se lograría reducir una sombra excesiva dentro del cafetal.



Ejemplo de un árbol de laurel con una buena poda baja. Nótese la eliminación de ramas en los primeros 3 m del fuste. Obsérvese también la aparición de rebrote que requiere de un repaso de poda para su eliminación.

Poda de formación o de eliminación temprana de la bifurcación

En algunos casos, los daños por insectos, aves que se posan en el árbol, efecto de viento, o por descuido con la herramienta durante las labores de control de maleza o de manejo del café, todos pueden provocar la quebradura o pérdida de la yema principal. Inclusive el origen genético de las plantas. Esta situación desencadena en la aparición de varios brotes, momento en que es importante elegir temprano el de mejor posición o liderazgo. Con el objetivo de lograr recuperar el crecimiento vertical del árbol y obtener a futuro madera comercial. En algunos casos se forma una bifurcación que no es posible corregir por selección del mejor eje. Esto obliga a realizar la corta completa del tallo por debajo de la bifurcación (ver dibujos), o inclusive desde la base (en melina). Con esta acción se espera que alguno de los nuevos brotes emerja con una mejor posición y forma, con lo cual poder recuperar la formación de un tronco recto a futuro. La regla de oro es, entre más temprano se logre intervenir con poda la bifurcación, mayor será la posibilidad de recuperación comercial del árbol.



¿Cuándo ralear, cuántos y cuáles individuos eliminar?

El raleo se realiza de manera general, con el objetivo de liberar espacio de crecimiento a los mejores árboles y de eliminar aquellos individuos de muy bajo o nulo valor comercial. En este sistema agroforestal con café el raleo tiene también como objetivo, disminuir la sombra excesiva y generar un primer ingreso económico al productor. Los criterios de eliminación son básicamente tres, los individuos de bajo crecimiento, mala forma o calidad de tronco y, con problemas fitosanitarios. Por lo general, se realiza una extracción de un 40-50% de los árboles a los 4 años (en melina) y a los 7 años (las demás especies).

La dirección de caída de los árboles es importante para evitar un daño excesivo con la copa en los cafetos. Una práctica recomendada es realizar previamente una poda de las calles de café más próximas.

En el cuadro siguiente se muestra una guía para la ejecución de los raleos y la producción esperada por especie, sumando raleos y cosecha (Vallejos 2018, Calvé *et al* 2020) en un cafetal de 1 ha, con 250 árboles iniciales

Especie	Raleo (40-50%)	Cosecha	Producción/ha esperada del Raleo + 125 árboles de
---------	-------------------	---------	--

	Año		cosecha pulgadas (m3)
Melina	4	Año 6	21 000 (60m ³)
Laurel (<i>Cordia a.</i>)	7	Año 15	21 000 (60m ³)
Cedro (<i>Cedrela o.</i>)	7	Año 15	21 000 (60m ³)
Pilón (<i>Hieronyma a.</i>)	7-8	Año 15	14 250 (40m ³)
Almendra (<i>Dipteryx p.</i>)	7-8	Año 15	14 250 (40m ³)

Raleo: 110 árboles/ha, DAP = 18cm (6 pulg), 5m altura comercial, forma = 0,65.

Cosecha: 125 árboles/ha, DAP Melina/Laurel/cedro = 40cm (15 pulg),
DAP Pilón/almendra = 32 cm(12 pulg), 8m altura comercial, forma = 0,65.

Las siguientes figuras muestran el costo total por árbol y su distribución según actividad y rubro, como parte del cultivo de las especies cedro y laurel. El costo por árbol se refiere a todo el ciclo del cultivo o rotación de ambas especies en 15 años.



Figura 1: Costo total en colones por árbol (**¢ 2312**, donde 1US\$ = ¢600) para su cultivo como sombra productiva en cafetales de Costa Rica, en un ciclo de 15 años.

Conclusión

Puede determinarse que es posible utilizar varias especies maderables como sombra de café, que podrían ofrecer un aporte económico importante al caficultor, adicional a los servicios ambientales y al aumento en la biodiversidad.

Referencias

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. Rev. For. Mesoam. Kurú 17 (41): 68-77.

Costa Rica. Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2018. Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. Resultados generales de la actividad agrícola y forestal. San José, Costa Rica 67 p.

González-Rojas, M., Murillo-Cruz, R., Ávila, C. "Rentabilidad financiera de *Cedrela odorata* L. en sistemas agroforestales con café en Pérez Zeledón," Costa Rica. Revista de Ciencias Ambientales Vol 52(1): 129-144. 2018.

Jiménez, N.G. "Producción de madera y almacenamiento de carbono en cafetales con cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en Honduras". Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2012

Jiménez, J., Murillo, O., Badilla, Y. En prensa. Modelo de costos por árbol para el cultivo de madera de teca (*Tectona grandis*) en sistemas silvopastoriles. Revista Tec Empresarial.

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. Volumen 346 (4): 21-33.

Murillo, O. Badilla, Y. 2022. Árboles maderables como sombra de café. Investiga.TEC. Setiembre 2022. Vol 15 No 45: 11-14.

Murillo, O. Badilla, Y. En prensa, aceptado. Modelo de costos del cultivo de maderables como sombra en sistemas agroforestales de café en Costa Rica. Rev. Agron. Costarr.

Vallejos, Jonathan. 2018. El cultivo del pilón (*Hieronyma alchorneoides* Allemão) en Costa Rica. Maestría académica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica.

Elaboración técnica
Olman Murillo
Yorleny Badilla
Escuela de Ingeniería Forestal
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Febrero 2023

Evidencia 2. 18.2

Murillo, O. Badilla, Y. 2022. Árboles maderables como sombra de café. Revista Investiga.TEC. Setiembre 2022. Vol 15 No 45: 11-14.



34

Palabras clave:

Café; agroforestería; producción forestal; Costa Rica.

¿Qué representa el cultivo de café en nuestra sociedad?

La caficultura en Costa Rica es una actividad productiva tradicional que se desarrolla desde hace más de 200 años y hoy día se estima que cerca de 84 000 ha del territorio nacional se dedican a esta actividad, con 70 500 en plena producción (INEC 2015; INEC 2018), de las que dependen más de 50 mil familias productoras y 290 beneficios.

El café en Costa Rica es la actividad económica con mayor trascendencia a lo largo de la historia, con influencia

los actores del sector, desde productores pequeños y grandes, hasta beneficiadores, comercializadores y exportadores, para la generación consensuada de la política nacional de esta actividad económica.

El sector cafetalero representa aproximadamente el 8% de la fuerza laboral costarricense. En la cosecha 2015-2016 aportó un 11,5% del Producto Interno Bruto Agrícola (PIB), correspondiente a 8,9% de la producción total de café en Centroamérica, donde se proporciona empleo hasta a 150 000 personas, en su mayoría migrantes. El país exporta un 82% del total de café producido, con lo que genera un alto impacto en la economía nacional.

Modelo actual de producción de café y baja tasa de reforestación

así como en Colombia, México, Guatemala y Honduras. La caficultura ofrece, por tanto, un espacio prometedor para la producción sostenible de otras plantas, arbustos, alimentos, chile y tomate en los primeros años, árboles de navidad en zonas altas, etc. Como ejemplo, en los años 80 en respuesta a la primera gran crisis del petróleo, se motivó el cultivo de árboles leguminosos con alto potencial para la producción de leña y energía. Allí sobresalieron la leucaena y la mimosa scabrella, entre otros.

En las cercas, linderos o divisorias entre lotes, se acostumbra plantar arbustos como caña india, colpachí y trueno, entre otros, algunos de ellos con valor comercial, pero principalmente como rompevientos. Sin embargo, la presencia de árboles y arbustos en el cafetal ha sido entendida casi en su totalidad en una función de proveedores

Palabras clave: café; agroforestería; producción forestal; Costa Rica

¿Que representa el cultivo de café en nuestra sociedad?

La caficultura en Costa Rica es una actividad productiva tradicional que se desarrolla desde hace más de 200 años y hoy día se estima que cerca de 84 000 ha del territorio nacional se dedican a esta actividad, con 70 500 en plena producción (INEC 2015; INEC 2018), de las que dependen más de 50 mil familias productoras y 290 beneficios.

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. El café siempre ha sido base fundamental y motor para el desarrollo económico, social y cultural de Costa Rica. La evolución del sector ha pasado por varias etapas, desde su tenencia en manos de pocos productores ricos e influyentes políticamente, hasta el día de hoy donde el sector cooperativo aporta aproximadamente un 70% de la producción nacional.

El Instituto del Café es un fiel ejemplo de esta evolución, donde convergen todos los actores del sector, desde productores pequeños y grandes, hasta beneficiadores, comercializadores y exportadores, para la generación consensuada de la política nacional de esta actividad económica.

El sector cafetalero representa aproximadamente el 8% de la fuerza laboral costarricense. En la cosecha 2015-2016 aportó un 11,5% del Producto Interno Bruto Agrícola (PIB), correspondiente a 8,9% de la producción total de café en Centroamérica, donde se proporciona empleo hasta a 150 000 personas, en su mayoría migrantes. El país exporta un 82% del total de café producido, con lo que genera un alto impacto en la economía nacional.

Modelo actual de producción de café y baja tasa de reforestación

En una alta proporción, nuestro café se cultiva bajo sombra de árboles leñosos, con una densidad de aproximadamente 5000 plantas por ha, donde predomina el poró extranjero y la guaba, ambos árboles leguminosos pero cuya madera no tiene ningún valor económico en sí misma. Así también es posible encontrar cítricos, banano o plátano, y otros árboles con valor maderable como el cedro y el laurel. El asocio del cultivo del café con árboles maderables como el cedro y el laurel ha sido una práctica convencional de amplia utilización en varias regiones de Costa Rica, así como en Colombia, México, Guatemala y Honduras. La caficultura ofrece, por tanto, un espacio prometedor para la producción sostenible de otras plantas, arbustos, alimentos, chile y tomate en los primeros años, árboles de navidad en zonas altas, etc. Como ejemplo, en los años 80 en respuesta a la primera gran crisis del petróleo, se motivó el cultivo de árboles leguminosos con alto potencial para la producción de leña y energía. Allí sobresalieron la leucaena y la mimosa scabrella, entre otros.

En las cercas, linderos o divisorias entre lotes, se acostumbra plantar arbustos como caña india, colpachí y trueno, entre otros, algunos de ellos con valor comercial, pero principalmente como rompevientos. Sin embargo, la presencia de árboles y arbustos en el cafetal ha sido entendida casi en su totalidad en una función de proveedores de servicios ambientales, es decir, como aporte de sombra, de leña, aumento de biodiversidad, protección contra el viento y belleza escénica, entre otros. **Podría afirmarse que este modelo no es un verdadero Sistema Agroforestal**, en el sentido de que no hay una actividad silvícola real asociada. Por tanto, continúa siendo un sistema de producción de café bajo sombra.

En los últimos años, los fuertes cambios en el precio internacional del grano han tenido al sector en continuas crisis, hasta provocar el colapso de algunas organizaciones y de muchos productores. El área bajo producción de café se ha venido reduciendo de casi 110 000 ha hace unos 20 años, a poco más de 85 000 ha en la actualidad. Los problemas fitosanitarios como la roya y el ojo de gallo han aumentado los costos y reducido significativamente la productividad, lo que incide en la disminución de los ingresos de los

productores. La mano de obra continúa siendo uno de los elementos críticos, no solo por su aumento en costos año con año, sino por su escasez.

En términos ambientales, se estima que la actividad tiene una balanza negativa, ya que puede generar hasta un 1,56% de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero (GEI), debido al componente de beneficiado del café y al uso excesivo de fertilizantes nitrogenados.

Por su parte, el sector productivo forestal se ha sumido en una profunda crisis en las últimas dos décadas, donde la tasa de reforestación anual descendió de casi 9 000 ha a menos de 4000 ha, con un aumento de las importaciones de madera. Se estima que aproximadamente el 80% de los fabricantes de muebles del país se localizan en el Valle Central Occidental (Camacho, Camacho, Monge 2011), donde precisamente se ubica buena parte de las cooperativas y productores de café del país. Esta industria utiliza como materia prima principal madera de las especies laurel, cedro, guanacaste, cenízaro y melina.

Modelo de cambio propuesto: sustitución de árboles de sombra por maderables

El TEC inicia en el 2018 un trabajo formal de investigación y desarrollo con el sector cafetalero, mediante el proyecto denominado “Mejoramiento de la sostenibilidad del sistema de producción de café con sombra de árboles maderables”, cuyo objetivo principal fue mejorar la sostenibilidad de la actividad cafetalera, y a la vez, promover la creación de una nueva actividad económica en la región a partir del cultivo de madera.

Ya en el 2016 se iniciaron las primeras experiencias de siembra de árboles maderables de sombra en conjunto con CoopeVictoria (Grecia) y CoopeAgri (Pérez Zeledón), que se extendieron luego a CoopeAtenas, con participación técnica del ICAFE. Se partió de la premisa de que con el cultivo de maderables en el cafetal, aumentará la producción de materia prima para la industria local de la madera, que podría también participar en la generación de energía renovable y disminuir sus costos de beneficiado.

De manera estratégica se plantaron cinco especies forestales nativas y melina, cuya madera es la de principal consumo en las ebanisterías y mueblerías del Valle Central, próximas a las zonas cafetaleras del país (*Cordia alliodora*, *Cedrela odorata*, *Samanea saman*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Dipteryx panamensis*). Mismas especies nativas que fueron seleccionadas de una consulta nacional, como prioritarias por la Comisión Nacional de Especies Forestales Nativas de Costa Rica (Murillo 2018).

Se plantó a una densidad de 6x6m que equivale a un árbol cada siete plantas de café y cada cuatro calles (Figura 1). Los árboles se plantaron en la misma línea de las matas de café.



Con el distanciamiento de 6x6m se plantan aproximadamente 275 árboles por hectárea, que equivale a aproximadamente un 40% de una plantación convencional de madera. El mejor momento de siembra de los árboles de sombra será desde un año anterior a la siembra o renovación del café nuevo, hasta los 12 o 18 meses de edad del cafetal. En café de mayor edad no es conveniente plantar los árboles, ya que recibirán una sombra excesiva de los cafetos grandes y un alto riesgo de ser dañados durante las faenas de manejo del cafetal. Una opción sin embargo, podría ser si se logra hacer coincidir la labor de poda baja del cafetal, y en la misma línea de plantas de café podadas, sembrar un árbol cada 7 plantas. En este sistema, una de las grandes ventajas es que los árboles reciben el beneficio de todas las actividades rutinarias aplicadas al café, tales como el control de malezas, el encalado, la fertilización, y la prevención de plagas y enfermedades. Es decir, el único costo adicional es el del valor de cada arbolito más el costo asociado a la siembra.

Los árboles deben recibir una primera poda de formación temprana y de eliminación de rama baja, a partir del segundo o tercer mes. Posteriormente, se debe continuar con la realización de podas, conforme el árbol crezca en tamaño, con base en la regla de no podar más arriba del 50% de la altura total, hasta conseguir eliminar de ramas los primeros 4m de fuste. Finalmente está la técnica del descopado o descumbra, que se practica rutinariamente en el poró y la guaba. En este proyecto se inició con experiencias en laurel a partir del tercer y cuarto año de edad, al inicio del período lluvioso, donde se cortó la yema dominante con una sierra con brazo telescópico, siguiendo la misma tradición de descopa anual practicada en los dos árboles tradicionales de sombra. Durante cada año se evaluó el crecimiento del diámetro del fuste de los árboles, para determinar su potencial económico; así como del diámetro de copa, con el propósito de determinar el grado de traslape de sombra.

¿Qué se ha logrado, indicadores de adopción?

En la zona de Pérez Zeledón se ha venido desarrollando desde hace unos 18 años con CoopeAgri, una práctica de plantar empíricamente árboles de cedro en cafetales, sin ningún lineamiento técnico. No se observa por ejemplo, el uso de semilla de árboles superiores o deseables por su forma y crecimiento (árboles plus). Tampoco se observa un distanciamiento de siembra apropiado, donde hay productores con 50 hasta 500 árboles

por ha. A pesar de esto, de manera empírica el modelo café–cedro sí podría decirse que ha tenido un alto grado de adopción en esta región del país.

- Como parte del proyecto se decidió realizar un censo en 25 plantaciones de café con sombra de cedro amargo en Pérez Zeledón, donde se determinó un ingreso promedio de aproximadamente \$5000/ha en 16 años, producto de la venta de su madera (Calvé *et al.* 2020).
- Los experimentos con laurel en CoopeVictoria en Grecia (1100-1200 m de altitud), registran un crecimiento de más de 4 cm/año en DAP hasta los 4 años de edad, que se puede considerar como alto para la especie. Se determinó bajo estas condiciones de densidad de siembra y edad, que el laurel ejerce una sombra promedio de un 60%. Se determinó también que no ocurrió una disminución en la producción del grano en las plantas bajo sombra vs aquellas a plena exposición al sol, con la variedad de café utilizada por la empresa.
- Se observó un crecimiento aceptable del laurel y cedro hasta los 1350 metros de altitud en la zona de Grecia. No es conveniente plantar estas especies a mayor altitud.
- El almendro ha sido introducido con éxito en Pérez Zeledón por CoopeAgri y ha tenido un buen crecimiento hasta sitios con altitud inferior a los 1000 m.
- El cenízaro y el guanacaste registran un crecimiento inicial lento; sin embargo, en cafetales a < 1100 metros de altitud en CoopeAtenas y CoopeVictoria, se observan con buen comportamiento inicial.



Laurel de 4 años, CoopeVictoria, Grecia, 1200m altitud.

Conclusiones

Los cafetales podrían ampliar su oferta de servicios ambientales y económicos, con la introducción de maderables como sombra, con un potencial de alto impacto socioeconómico. Parte del éxito dependerá de la utilización de un paquete tecnológico que incluya material genético forestal de alto rendimiento.

Si se observa la capacidad organizativa y de encadenamiento del sector cafetalero nacional, existe un verdadero potencial para generar una alianza estratégica con el sector forestal.

El reto

Desarrollar una cultura de cultivo de madera asociada con la producción de café.

39

Es necesario continuar impulsando el cultivo de maderables en cafetales, preferiblemente a través de las organizaciones de productores. Sin embargo, para lograr una mayor adopción del modelo, es imprescindible definir una persona con estabilidad laboral como responsable del programa.

Podría considerarse participar a nuevas organizaciones en regiones estratégicas, como en Los Santos, para ampliar el cultivo de maderables en café.

Trabajos en marcha

- 1) Modelo de costos del cultivo de madera en SAF café. Análisis financiero de la producción de madera.
- 2) Mejoramiento genético de las especies maderables asociadas al SAF Café.
- 3) Estimación del crecimiento y rendimiento de los árboles.
- 4) Optimización de la poda, descopa y raleo de los árboles.

Literatura

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. *Rev. For. Mesoam. Kurú* 17 (41): 68-77.

Camacho, M., Camacho, D., Monge, F. 2011. Censo Nacional de la Industria Forestal Primaria de Costa Rica. SINAC. San José, Costa Rica.

Castillo, H., Montoya, P., Badilla, Y., Murillo, O. 2017. "Diseños para incorporar maderables de alto valor en SAF café". Presentado en I Simposio Cultivo Especies

Forestales Nativas. Estación Forestal Experimental Horizontes, Liberia, Guanacaste, 5-6 diciembre. 2017.

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 Mag. Sc. Turrialba. CATIE, Costa Rica.

González-Rojas, M., Murillo-Cruz, R., Ávila, C. 2018. "Rentabilidad financiera de *Cedrela odorata* L. en sistemas agroforestales con café en Pérez Zeledón, Costa Rica". Revista de Ciencias Ambientales Vol 52(1): 129-144.

Costa Rica. Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2018. Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. Resultados generales de la actividad agrícola y forestal. San José, Costa Rica 67 p.

Jiménez, N.G. 2012. "Producción de madera y almacenamiento de carbono en cafetales con cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en Honduras". Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Jiménez, A. 2013. El café en Costa Rica. Gran modelador del costarricense. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 692 p.

López-Sánchez, E., Musálem, M.A. 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.

Murillo, O. 2016. "Diseños para aumentar el aporte económico del componente forestal en sistemas silvopastoriles y en café arbolado". Presentado en I Congreso Internacional de Vainilla y Sistemas Agroforestales. Santa Clara, San Carlos. Costa Rica. 7-11 marzo. 2016.

Murillo, O. 2018. ¿Cuáles especies forestales nativas debemos priorizar en el país? Ambientico Número 267, jul-set: 4-9.

Nieters, A., Grabas, J., Jiménez, G. & Alpízar, W. 2015. NAMA café de Costa Rica—Una herramienta para el desarrollo bajo en emisiones. NAMA Facility Technical Support Unit. GIZ/MINAE/MAG/ICAFE/DCC/Fundecooperación. San José, Costa Rica.

Salgado, J.L. 2010. "Fijación de carbono en biomasa aérea y rentabilidad financiera de sistemas agroforestales con café en Turrialba, Costa Rica y Masatepe, Nicaragua". Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Sánchez, S., Mendoza, M.A., García, R.V. 2017. "Diversificación de la sombra tradicional de cafetales en Veracruz mediante especies maderables", Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol 8 (40): 7-17.

*Olman Murillo Gamboa es Ingeniero Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica (1982), con estudios de posgrado en mejoramiento genético forestal (USA 1988; Alemania 1997), docente e investigador activo desde 1982.

**Yorleny Badilla Valverde es Ingeniera Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica (1999), con estudios de posgrado en mejoramiento genético forestal (Brasil 2014, Costa Rica 2022), docente e investigadora activa desde el 2005.

Evidencia 3. 18.3

Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Julio-Diciembre, 2020) 17 (41): 68-77



DOI: 10.18845/rfmk.v17i41.5287

Aporte económico de la madera de cedro (*Cedrela odorata* L.) como árbol de sombra en cafetales de Pérez Zeledón, Costa Rica

Economic contribution of cedar wood (*Cedrela odorata* L.) as a shade tree in coffee plantations in Pérez Zeledón, Costa Rica

Sergio Calvé Jarque¹  • Olman Murillo²  • Donald Córdoba³  • Luis Salazar⁴ 

Recibido: 29/10/2019

Aceptado: 5/05/2020

Publicado: 28/07/2020

Abstract

The study determined the economical contribution of cedar wood (*Cedrela odorata* L.) in agroforestry systems with coffee in Costa Rica. 26-coffee farms associated to CoopeAgri R.L. in Pérez Zeledón county. Cedar has been planted as a shade tree in coffee production areas in this county, with an average density of 214 trees/ha, which corresponds to a 7x7 m spacing, but it varies from 70 to 700 trees. Cedar in coffee plantations registers a growth rate of 2.5 cm/year in diameter, which allows it to reach 40 cm in dbh at 16 years of age. Planting cedar in coffee areas produce economical incomes from wood sales of approximately \$ 5000ha⁻¹ and a total commercial volume of 100 m³ ha⁻¹ in 16 years. From this amount 60 % has commercial value for sawmill industry in its 6 m merchantable stem. Meanwhile, fuelwood represents 35 % of total volume, but only 8 % of the total tree value. Good silvicultural management techniques, like crown pruning and *Hypsipyla grandella* attack prevention, with an initial density of 277 trees (6 x 6 m that will be thinned to 12 x 6 m at age 8) may increase the wood value up to

Evidencia 4. 18.4

Fotos de árboles plus de laurel seleccionados en Finca Alsacia, Sabanilla de Alajuela, 1450 msnm.



Evidencia 5. 18.5

Artículo: Costos del cultivo de maderables como sombra en sistemas agroforestales de café en Costa Rica. Murillo, O¹., Badilla, Y¹. Sometido a la Revista Agronomía Costarricense. El mismo fue aprobado y saldrá en el 2023, adjuntamos carta

formal de la Revista con las observaciones de correcciones que se hicieron en su oportunidad.



REVISTA AGRONOMÍA COSTARRICENSE

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA-COLEGIO DE INGENIEROS AGRÓNOMOS-MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca-Correo electrónico: rac.cia@ucr.ac.cr
Tel. 2511-2080 - ISSN 2215-2202

27 de abril del 2023
RAC-027-23

43

Señora
Yorleny Badilla Valverde
Instituto Tecnológico de Costa Rica

Estimada autora:

En relación con el manuscrito "**Costos del cultivo de maderables como sombra en sistemas agroforestales de café en Costa Rica**", le comunico que se le solicitan las siguientes modificaciones que deben ser integradas en un nuevo documento.

Resumen

1. Mejorar la redacción del objetivo, ya que no se logra dilucidar claramente, el propósito de la investigación.
2. Es importante revisar, verificar y corregir el dato del área de café, ya que no es el correcto.
3. Debe incorporar el título en inglés.

Introducción

4. Se requiere que revise los datos del área, familias y beneficios de semillas no son correctos y número de empleo durante la cosecha.

Materiales y métodos

5. Deber revisar este apartado detalladamente, no se consideraron elementos importantes en la composición de los costos, que deben ser corregidos y complementados.
6. Este apartado requiere ser descrito de forma tal que se pueda repetir y entender sin necesidad de explicaciones adicionales, debe tener correspondencia con el objetivo planteado en la introducción, por lo que debe ser revisado y planteado con mayor detalle y especificidad.

Resultados

7. Los datos suministrados deben ser expuestos de tal manera que permitan corroborar la pertinencia y confiabilidad de los resultados.

Artículo en extenso:

Costos del cultivo de maderables como sombra en sistemas agroforestales de café en Costa Rica. Murillo, O¹., Badilla, Y¹.

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 del SAF con café, que mantiene una huella de carbono alta y se desarrolla en más de 82 000 ha en Costa Rica. Se requiere un nuevo modelo de asociación café con árboles, que aporte valor económico adicional a los servicios ambientales tradicionales. **Objetivo.** Determinar los costos para el cultivo de maderables 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 275 árboles ha⁻¹ (6x6m en tresbolillo), que permite efectuar un raleo al año 7 (50%), con especies como laurel y cedro principalmente, en altitudes entre 700 a 1450 msnm. **Resultados.** El costo del cultivo de un árbol hasta el año 15 es de $\text{¢}2386$ 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. **Conclusiones.** 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 $\text{¢} 1750$ árbol⁻¹ (\$2,9). El modelo de financiamiento actual del FONAFIFO para SAF café, podría mantener su esquema actual en cinco años, pero con un monto levemente inferior. El cultivo de árboles maderables de sombra en café es viable y tendría un alto impacto económico, social y ambiental en la caficultura.

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


ABSTRACT


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 82,000 ha within Costa Rica. A new coffee-tree relationship model is required, which would provide additional economic value to the traditional environmental services. **Objective.** To determine the costs required for cropping timber trees in a coffee. **Methodology.** A complete cost structure of shading-trees cultivation in coffee plantations is reported. It is based on an individual trees model because of its greater applicability. The cost model is based on the cultivation of a maximum of 275 trees/ha (6 x 6m), which allows a thinning of 50% in year 7, for the

cultivation of laurel and cedro trees mainly, at altitudes between 700 and 1450 meters above sea level. **Results.** Production costs of a timber tree up to year 15 is $\text{¢}2386/\text{tree}$ (US\$4, with an 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. **Conclusions.** 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 $\text{¢}1750/\text{tree}$ (\$2.9). This shows that FONAFIFO's current financing model for coffee production in AFS could keep its capital contribution scheme in the first five years, but with a slightly lower amount. The cultivation of timber-shade trees in coffee is feasible and would have a high economic, social and environmental impact on coffee farming in Costa Rica.

Keywords: Forest economy; coffee production, forestry plantations; agroforestry systems, environmental services.

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

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica.  0000-0002-6743-9734.

¹Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica.  0000-0003-3213-8867.

INTRODUCCIÓN

La caficultura en Costa Rica es una actividad productiva tradicional que se desarrolla desde hace más de 200 años y hoy día se estima que cerca de 84 000 ha del territorio nacional se dedican a esta actividad, con 70 500 ha en plena producción (INEC 2015; 2018), de las que dependen más de 50 mil familias productoras y 290 beneficios.

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. En la cosecha 2015-2016 aportó un 11,5% del Producto Interno Bruto Agrícola (INEC 2018). El país exporta un 82% del total de café producido, con lo que genera un alto impacto en la economía nacional (González

et al. 2018). El asocio del cultivo del café con árboles de cedro y laurel ha sido una práctica convencional de amplia utilización no solo en Costa Rica (Beer *et al.* 1997; Salgado 2010; Castillo *et al.* 2017; González *et al.* 2018; Murillo 2016; Murillo y Badilla 2022), sino en países como Colombia, México, Nicaragua, Guatemala y Honduras (Salgado 2010; Jiménez 2012; López y Musalem 2007; Sánchez *et al.* 2017; López *et al.* 2020). La caficultura ofrece, por tanto, un espacio prometedor para la producción sostenible de madera de alta calidad en todas las regiones cafetaleras del país. Sin embargo, el SAF café ha sido abordado tradicionalmente con mayor énfasis en sus servicios ambientales, por el aporte de sombra de los árboles, en nitrógeno, en el aumento en biodiversidad, en la protección contra el viento, entre otros, donde el enfoque sobre su aporte socioeconómico ha sido débilmente abordado (Beer *et al.* 1997, Dzib 2003; Salgado 2010; Jiménez 2012; Nieters *et al.* 2015; Murillo y Badilla 2022).

La modalidad de café con sombra en Costa Rica hace posible que surjan otros cultivos que puedan asociarse y permitan diversificar los ingresos del caficultor convencional. En los últimos años, los fuertes cambios en el precio internacional del grano tienen al sector en continuas crisis, que han provocado el colapso de algunas organizaciones y de muchos productores. Junto con los vaivenes del precio, los problemas fitosanitarios como la roya, el ojo de gallo y la antracnosis afectan significativamente la productividad y la disminución de los ingresos económicos de los productores (Dzib 2003; Calvé *et al.* 2020). Los altos costos de producción del modelo actual amenazan seriamente la actividad. La mano de obra continúa siendo uno de los elementos críticos, no solo por su aumento en costos año con año, sino por su escasez en algunas regiones y en algunas épocas de recolección tardía.

El asocio de árboles maderables como sombra en el café se espera que tengan un efecto directo en proveer mayores servicios ambientales, por ejemplo, en un aumento en la biodiversidad, en la tasa de fijación de carbono y una mayor compensación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Nieters *et al.* 2015). La producción de café en Costa Rica está íntimamente ligada a la identidad del país y proporciona empleo hasta a 150 000 personas durante la cosecha. Sin embargo, puede generar hasta un 1,56% de las emisiones nacionales de GEI. La huella de carbono de la actividad se ha determinado como negativa, debido al componente de beneficiado del café y al uso excesivo de fertilizantes nitrogenados. Por tal razón, el uso correcto de la sombra puede ayudar a compensar la utilización de fertilizantes en el cafetal (Nieters *et al.* 2015), en concordancia con las políticas nacionales del NAMA café (Acciones Nacionales de Mitigación

Adecuadas). El cultivo de maderables en el cafetal permitirá también aumentar la producción de materia prima, que podría ser utilizada en la generación de energía renovable. Con esto se podría lograr una disminución importante en los costos de beneficiado del café.

Por su lado, el sector productivo forestal se ha sumido en una profunda crisis en la última década. Cada año continúa la disminución de la tasa anual de reforestación y se registra un aumento de las importaciones de madera. Los sustitutos de la madera continúan ganando espacios en el mercado de la construcción y mueblería en general, alejando cada vez más al país de sus metas de carbono neutro. El Plan Nacional de Desarrollo Forestal (PNDF 2011-2020) plantea dentro de sus siete ejes estratégicos, Posicionamiento del Sector Forestal, Competitividad, Sostenibilidad e Innovación. Por tanto, la caficultura nacional ofrece un espacio importante donde poder promover el cultivo asociado de madera de alto valor, prioritariamente especies nativas, y con esto, aumentar el valor económico, ambiental y social del modelo café, tal y como ha sido demostrado (González *et al.* 2018; Calvé *et al.* 2020; López *et al.* 2020). Se espera que árboles de mayor densidad de madera y mayor valor de mercado que el actual árbol de poró extranjero (*Erythrina poeppigiana*) y la guaba (*Inga* spp), contribuyan a disminuir la huella de carbono y generar opciones de ingresos económicos para los productores, en los momentos de precios bajos cíclicos que suelen afectar la caficultura. Estudios recientes han mostrado el impacto económico y financiero del cultivo de cedro (*Cedrela odorata*) en la región de Pérez Zeledón Pacífico sur del país, (González *et al.* 2018), donde se reportan ingresos de hasta \$5000 ha⁻¹ en 16 años (Calvé *et al.* 2020). De manera estratégica se propuso enfocar las investigaciones en 5 especies forestales nativas, cuya madera es la de principal consumo en las ebanisterías y mueblerías del Valle Central, próximas a las zonas cafetaleras del país (*Cordia alliodora*, *Cedrela odorata*, *Samanea saman*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Dipteryx panamensis*). Mismas especies que fueron seleccionadas de una consulta nacional, como prioritarias por la Comisión Nacional de especies forestales nativas de Costa Rica (Murillo 2018).

Los cafetales podrían entonces convertirse en proveedores de madera de alto valor para la sociedad, siempre y cuando se trabaje con un paquete tecnológico apropiado, basado en material genético de alto rendimiento (Murillo y Badilla 2022).

Por tanto, este estudio se ha enfocado en determinar el costo de cultivar madera en ciclos de 15 años en cafetales, con árboles que provean sombra y produzcan madera con un alto valor comercial.

Metodología

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). En las fincas se establecieron SAF de café con las especies maderables nativas laurel (*Cordia alliodora*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), cenízaro (*Samanea saman*), cedro (*Cedrela odorata*), almendro (*Dipteryx panamensis*) a distintas densidades de siembra. 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, con lluvias esporádicas durante el periodo seco (enero a abril).

El modelo se basa en una cantidad de árboles plantados con un espaciamiento de 6 x 6m (cada 4ta hilera y cada 7 plantas, para un total de 275 ha⁻¹). Este distanciamiento se basa en la proyección esperada de desarrollo de la copa (sombrió), que permita producir la mayor cantidad de madera y fijación de carbono posible (Murillo 2016, Castillo *et al.* 2017). El mantenimiento ordinario del cafetal (control de malezas, fertilización, atomizaciones contra hongos e insectos, etc.) se asume que son costos convencionales del manejo del café, acorde con los protocolos técnicos establecidos (Castillo *et al.* 2017). Las actividades de manejo forestal incluidas consistieron básicamente en varias podas tempranas de eliminación de rama baja, de formación (eliminación de bifurcaciones) y de eliminación de rama gruesa, cuyos costos han sido debidamente establecidos en operaciones forestales similares (Guevara y Murillo 2009), así como en otros sistemas agroforestales (Ospino *et al.* 2020). Se incluyó también los costos de realización de la poda hasta los 3 m de altura del fuste, para tratar de obtener una troza comercial libre de nudos.

La práctica del descope o descumbra, tal y como se practica usualmente con el poró y la guaba, no fue incluida en el modelo de costos debido a que del árbol maderable se espera una dinámica diferente de crecimiento y producción de madera, tal y como ocurre con el laurel (*C. alliodora*) y el cedro (*C. odorata*). De manera experimental se realizaron prácticas de descope en laurel hasta una altura superior a los 5 m de fuste. Sin embargo, se observó que una mejor estrategia productiva sería dejar al árbol maderable que continuara como sombra alta y a la guaba como sombra de estrato bajo.

Hasta la fecha no se realizaron actividades de raleo o cosecha de árboles en estos SAF con café, como única labor a la que no se le ha determinado sus costos y rendimientos directamente. Sin embargo, la experiencia en plantaciones forestales en estas labores es sumamente amplia y bien determinada (Guevara y Murillo 2021), en condiciones de mayor densidad y mayor costo de tumbado, extracción, etc. Por lo que se estimó que los costos y rendimientos ordinarios de estas labores en SAF con café, se podrían asemejar de manera conservadora a los utilizados en plantaciones forestales.

El costo de la mano de obra se basó en el salario mínimo establecido por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social del país (MTSS, II semestre 2022) para un trabajador no calificado (cuadro 1). El costo del jornal utilizado fue de ₡10875. De acuerdo con la normativa actual de protección al trabajador, aun cuando sea un contrato ocasional se debe incluir la mayor parte de las cargas sociales, tal y como se indica en el cuadro 1.

Cuadro 1. Cargas Sociales del sistema costarricense de seguridad social correspondientes al II semestre 2022, Costa Rica.

Rubro	Porcentaje (%)
Invalidez, Vez 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
Total	39.78

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

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 (Instituto Nacional de Seguros 2022). Por lo tanto, el jornal con cargas sociales utilizado

en esta investigación fue de ₡15200. Mientras que el jornal con cargas sociales y la póliza obligatoria del INS de riesgos laborales fue ₡15902.

Los costos de la regencia forestal y de la asistencia técnica se establecieron y se adecuaron con la base prescrita por el Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica (Ciagro) para el 2022 como se muestra en el cuadro 2. El costo de una hora profesional de visita a campo se basó en ₡27100 y el costo de una hora oficina se estimó en ₡16260 (60% de visita a campo). Como parte de los costos de las visitas a campo, se asumió que son visitas cortas con una única alimentación establecida en ₡5000, mientras que el gasto de combustible se asumió en ₡10000. El costo de inscripción de la regencia fue de ₡4140, mientras que la inscripción de la regencia para el raleo y cosecha fue de ₡6665, ambos montos establecidos por el CiAgro para una pequeña producción. 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, 2018). Por tanto, los costos de la regencia y asistencia técnica se basaron en esta relación de área y cantidad de árboles respectiva.

Cuadro 2. Costos de la asistencia técnica, regencia e informes técnicos para el cultivo de maderables como sombra en sistema agroforestal de café (N = 425 árboles entre sombra y rompeviento), 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	6 665	124 645
Año 1	1	1	1	59 620	15 000	4 140	78 760
Año 3	1	1	1	59 620	15 000		74 620
7 raleo (50%)	2	1	1	86 720	15 000	6 665	108 385
15 cosecha, (225 m ³)	4	1	1	140 920	15 000	6 665	162 585
TOTAL	10	6	5	449 860	75 000	24 135	548 995

Todos los costos se ajustaron por árbol, dada su mayor flexibilidad para 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 maderables ha⁻¹ (distanciamiento de 6 x 6m), más una cantidad de 150 árboles ha⁻¹ en rompevientos, plantados en 2 hileras de 100 m ha⁻¹ 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 contiene 275 árboles maderables de sombra y 150 en 100 m lineales de rompeviento.

El SAF propuesto asume que los árboles maderables alcanzarán dimensiones de alto valor comercial (DAP aproximado de 35 cm) a los 15 años. Experiencias con cedro en la región de Pérez Zeledón (González *et al.* 2018, Calvé *et al.* 2020) y con laurel en el valle central (Murillo y Badilla 2022), demuestran que la tasa de crecimiento anual es sumamente elevada, gracias al beneficio del manejo del café en relación con el control de malezas y la fertilización anual.

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

Resultados

En el cuadro 3 se detalla los costos de formulación y gestión de los fondos para el financiamiento de la siembra de los árboles maderables, como sombra y rompeviento en cafetales en modalidad agroforestal.

Cuadro 3. Costos de formulación, gestión financiera y siembra de árboles maderables en el sistema agroforestal de café. Costa Rica.

Actividad	Año	Costo/árbol (₡)
Formulación y gestión del SAF ante el FONAFIFO	0	151
Costo de los árboles (275 + 150 = 425 por ha)	0	265
Siembra y fertilización de árboles	0	552
Total	0	968

Puede observarse 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 el cuadro 4 se muestra los costos asociados a las labores de manejo y cosecha de los árboles maderables en el sistema agroforestal de café.

Cuadro 4: Costos del manejo y cosecha de los árboles maderables en el sistema agroforestal de café (1US\$ = ₡600).

Actividad	Año	Costo/árbol (¢)
Poda de rama baja y poda de formación hasta 4,5 m de fuste	1 y 2	73
Poda de rama gruesa hasta 4,5m de fuste	2 y 3	39
Raleo 50% de los maderables del rompeviento (n = 60 en 3ha)	5	273
Cosecha de melina (n = 700 en 3ha)	6	(608)
Raleo 50% de árboles de sombra (n = 350 en 3ha)	7	507
Despunta lateral de copa para reducir sombrío (opcional)	11	88
Cosecha (n = 400 en 3ha)	15	608
Total	0	1588

* Datos exclusivos para cuando se plante melina (*Gmelina arborea*)

De las actividades de manejo de los árboles maderables, se observa que la cosecha es la más costosa y lucrativa a la vez, con un 38% del total de costos.

Si se suma todos los costos resulta en un total de ¢ 2386 árbol⁻¹ (US\$3,98 a una tasa de ¢600/1\$), que es ligeramente superior a los ¢ 2000 árbol⁻¹ que otorga el FONAFIFO para sistemas agroforestales por un periodo de cinco 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.

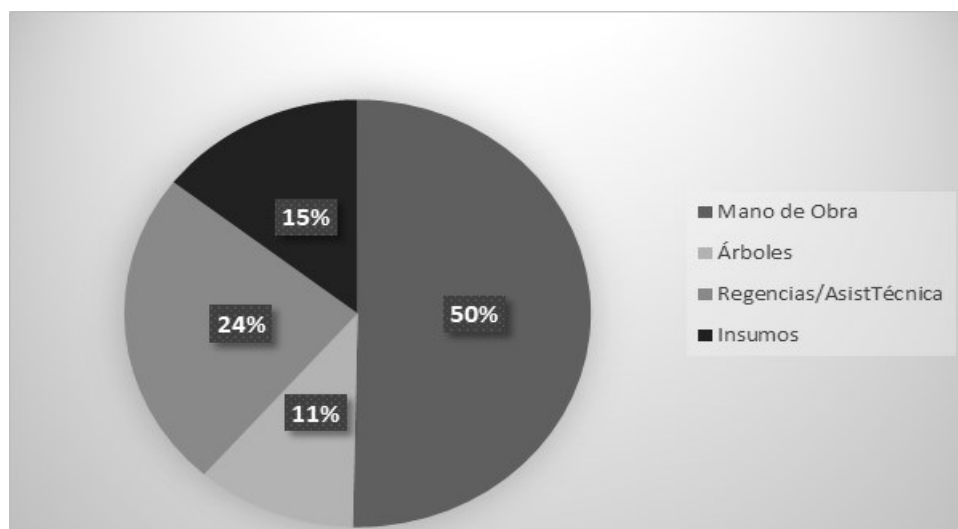


Figura 1: Distribución de los costos de manejo y producción de árboles maderables en sistemas agroforestales de café, Costa Rica.

Discusión

De manera 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. Las demás actividades de mantenimiento de los árboles (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%, muy 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 lo largo de todos los 15 años de producción, ni para las actividades de raleos y cosecha final. Por tanto, este modelo de costos resultante es más completo y logra incluir todas las actividades necesarias durante todos los 15 años del ciclo de producción del árbol maderable. Lo cual explica parcialmente el monto relativo tan alto de la asistencia técnica, que supera el 24% de los costos totales.

Si se analiza la figura de la regencia/asistencia técnica, se trató de incluir solamente las visitas y asistencia técnica mínimas de rigor, en los momentos esenciales, es decir, durante el establecimiento, al año 1 y durante los dos 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, cuadro 2). 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.

Dado que el modelo de costos se basa en las actividades involucradas durante todo el ciclo de producción de la madera (establecida en 15 años), esto podría explicar su

diferencia con un costo levemente superior a los ϕ 2000 árbol⁻¹ que propone el FONAFIFO, basado en contratos de 5 años para SAF.

A pesar de que el sistema de producción de café asume buena parte de los costos de mantenimiento de los árboles en el SAF, las actividades de siembra y manejo (podas y raleos) requieren de una cantidad importante de 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 analiza 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 ϕ 900/árbol (38%), que bien podrían establecerse en ϕ 950 árbol⁻¹ (40%) para cubrir imprevistos. Para los años 2 y 3 se requiere de un aporte de capital sumamente bajo (ϕ 64 < 3%), que podría entonces estar incluido en el 40% inicial de financiamiento requerido. Por tanto, el aporte de capital inicial bien podría quedar en ϕ 950 árbol⁻¹ para asegurar el buen inicio del proyecto en sus primeros 3 años, incluyendo la asistencia técnica.

Para el año 5 debería ocurrir un aporte de capital que cubra los costos de los dos raleos (año 5 y año 7), por un monto de ϕ 780 árbol⁻¹ (33%), que bien podría establecerse en ϕ 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 ϕ 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. Con esto, 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 ϕ 1750 árbol⁻¹ (\$2,9/árbol). Que resultaría en suma ligeramente inferior a los ϕ 2000 árbol⁻¹ que actualmente otorga el sistema de financiamiento del FONAFIFO para SAF para los primeros cinco años. De manera que 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.

Conclusiones

El costo total para cultivar árboles maderables en un SAF café es de ¢ 2386 árbol⁻¹ (US\$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 ¢950 por árbol y otro aporte en el año 5, por un monto de ¢800 por árbol, por un total de ¢ 1750/árbol (\$2,9 árbol⁻¹).

Se demuestra que el modelo de financiamiento actual del FONAFIFO para SAF café, podría mantener su esquema de aportes de capital en los primeros cinco años, pero con un monto total levemente inferior.

Literatura

- 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.
- 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, CATIE, Costa Rica. 124 p.
- González-Rojas, M; Murillo-Cruz, R; Ávila, C. 2018. Rentabilidad financiera de *Cedrela odorata* L. en sistemas agroforestales con café en Pérez Zeledón, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales Vol* 52(1):129-144.
- González-Rojas, M; Murillo-Cruz, R; Virginio-Filho, E. de M; Ávila-Arias, C. 2018. 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.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2015. VI Censo Nacional Agropecuario. Resultados Generales 2014. San José, Costa Rica. 146 p.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2018. Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. Resultados generales de la actividad agrícola y forestal. San José, Costa Rica. 67 p.

- Jiménez, N.G. 2012. Producción de madera y almacenamiento de carbono en cafetales con cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en Honduras. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 122 p.
- Jiménez, A. El café en Costa Rica. 2013. Gran modelador del costarricense. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 692 p.
- López-Sánchez, E; Musalem, M.A. 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.
- 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.
- 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.
- Murillo, O. 2018. ¿Cuáles especies forestales nativas debemos priorizar en el país? Ambientico Número 267, jul-set: 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. Setiembre 202 15 No 45: 11-14.
- Murillo, O., Badilla, Y. 2023. Costos del cultivo de maderables como sombra en sistemas agroforestales de café en Costa Rica. Agron. Costarr.
- Nieters, A; Grabas, J; Jiménez, G; Alpizar, W. 2015. NAMA café de Costa Rica – Una herramienta para el desarrollo bajo en emisiones. NAMA Facility Technical Support Unit. GIZ/MINAE/MAG/ICAFE/DCC/Fundecooperación. San José, Costa Rica.
- 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.
- Salgado, J.L. 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. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 110 p.
- Sánchez, S; Mendoza, M.A.; García, R.V. 2017. Diversificación de la sombra tradicional de cafetales en Veracruz mediante especies maderables. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 8(40):7-17.

Evidencia 6. Apéndice 18.6

Reportes de giras con fotos, con participación de todos los actores en la siembra de árboles maderables en fincas de asociados a CoopeAtenas y CoopeVictoria, capacitaciones en poda y otros temas, años 2019-2020.

1. Informe de gira 28-29 agosto 2019, siembra en CoopeAtenas
2. Foto de Reunión del proyecto con Gerencia de CoopeAtenas 29 agosto 2019
3. Informe de gira 4 junio 2020, siembras, capacitaciones en CoopeVictoria
4. Informe de gira 4 setiembre 2020, siembras en CoopeVictoria
5. Informe de gira 13 agosto 2020, siembras en CoopeVictoria
6. Informe de gira 26-27 agosto 2020, siembras en CoopeVictoria y en CoopeAtenas

Evidencia 7. Apéndice 18.7

Clase del curso de Manejo de Plantaciones de la EIFO. Evolución y desafíos de las plantaciones forestales de CR. Julio 2021.

Evidencia 8. Apéndice 18.8

Día de Campo. 5 de mayo, 2019. Promoción del proyecto café con maderables en la Feria Agroindustrial, organizada por CoopeVictoria R.L. Grecia, Finca Pinto CoopeVictoria R.L. a esta actividad asistieron numerosos asociados de la cooperativa y visitantes en general.





1. Día de Campo 21 abril 2021, Grecia, Finca Pinto CoopeVictoria R.L., la finca de la Sra. Vanessa Quesada Córdoba y Carlos Soto Araya asociados de CoopeVictoria R.L.

Evidencia 9. Apéndice 18.9

Día de campo Finca Pinto, CoopeVictoria, Grecia. 21 abril 2021.

Café con maderables de sombra
Mañana de Campo



Olimar Murillo, TEC
Yorleny Badilla, TEC
Henry Castillo, Coopateras
Wilfredy Vargas, Coopateras
Paul Montoya, Coopvectoria

MIÉRCOLES 21 DE ABRIL, 2021
COOPEVICTORIA, GRECIA

Objetivo

Compartir experiencias sobre el establecimiento, crecimiento y manejo, de especies de árboles maderables en cafetales.

Preguntas iniciales

1. . Especies a plantar según piso altitudinal

Laurel— Almendra— Cedro amargo—Guanacaste—Cenízaro—
Pilon— Melina

2. ¿Distancia de siembra? ¿tipo de sombra de cada especie?

3. Uso de rompevientos maderables ¿con cuál diseño, especies?

4. ¿Posibilidad de reducir la copa como se hace con paró y guaba?.

Permitiría:

- a) mayor densidad de árboles
- b) producir más madera
- c) fijar más carbono

5. Manejo de los árboles

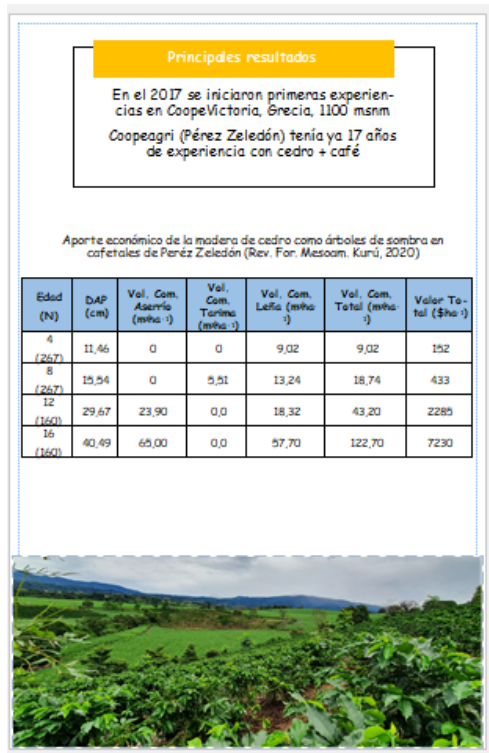
- a) Podas de formación (al mes 3 y 6);
- b) de eliminación de ramas (a los 9-12 meses);
- c) descopa o descumbra a los 5m de altura de fuste (4 - 5 años de edad y cada 2 años (herramienta y logística).

Lecciones aprendidas

- A) Plantar más denso para provocar raleos con ingresos más tempranos—¿cómo disminuir el impacto en el cafetal a la hora de la cosecha?
- B) Beneficios directos por parte del manejo agronómico que se aplica al café
- C) Control de hormiga y plagas
- D) Edad del cafetal para el establecimiento de los árboles maderables
- E) Intercalar los árboles de guaba-poro con los maderables de alto valor — cambio paulatino

Retos

- 1. Apropriación—continuidad del modelos de árboles maderables en cafetales
- 2. ¿Financiamiento? a) el Forafifa; b) un arreglo entre las organizaciones con el Forafifa; c) recursos propios de las organizaciones.



En está actividad se tuvo la participación del FONAFIFO (Cristhian Baltodano, Crédito Forestal), Dirección de proyectos VIE (Maribel Jiménez), Escuela de Ing. Forestal (Mario Guevara/ Yorleny Badilla/ Olman Murillo), CoopeForestal R.L. (Oscar Quirós), CoopeVictoria (Paul Montoya/ Kimberly Cascante), ICAFE (Victor Hugo); CoopeAtenas (Henry Castillo); Marco Barrantes, Coopronaranja).



Figura 1: Día de campo, 21 abril 2021, Finca Pinto, CoopeVictoria R.L. Grecia, Costa Rica.



Figura 2: Día de campo, finca de Vanessa Quesada, asociada a CoopeVictoria R.L. Grecia, Costa Rica.



Figura 3: Día de campo, visita finca Carlos Soto, asociado a CoopeVictoria R.L. Grecia, Costa Rica.

Evidencia 10. Apéndice 18.10

PPT II Simposio Especies Nativas, Horizontes. Ponencia "Aporte económico de la madera de cedro (*Cedrela odorata* L.) como árbol de sombra en cafetales de Pérez Zeledón, Costa Rica". Abril 2021.

Aporte económico de la madera de cedro (*Cedrela odorata* L.) como árbol de sombra en cafetales de Pérez Zeledón, Costa Rica

Sergio Calvé, Univ.Politécnica Valencia, España
Olman Murillo, TEC
Donald Córdoba, CoopeAgri
Luis Salazar, CoopeAgri

63



Cooperativa Internacional de Conservación
y Mejoramiento Genético Forestal

Investigadores de planta en GENFORES

Ing. For. Olman Murillo Gamboa, Ph.D. DIRECTOR (Genética Cuantitativa)
Ing. For. Yorlery Badilla Valverde, M.Sc., candidate a Ph.D. (Silvicultura Clonal y Genética Cuantitativa)
Ing. Biotec. Fabiana Rojas Parajeles, M.Sc., candidate a Ph.D. (Genética Molecular/Genómica).
Ing. Biotec./Forestal. Dawa Méndez Álvarez, candidate a M.Sc. (Resistencia Genética Enfermedades/Genética Molecular)
Biólogo/Jose Pablo Jiménez, Ph.D. (Genética Cuant/Genómica). Sede San Carlos (Ciencias)

Investigadores asociados a GENFORES

Ing. Biotec. Ana Hine, M.Sc. candidate a Ph.D. (Banco de Polen). INISEFOR, UNA
Biólog. Alejandra Rojas, M.Sc. (Banco de Polen). INISEFOR, UNA
Ing. William Hernández, M.Sc. candidate a Ph.D. (Genética Cuantitativa). INISEFOR, UNA

Proyectos en desarrollo

- 1) Sistema silvopastoriles en franjas de madera:
CORFOGA + FONAFIFO + TEC
- 2) Sustitución de sombra de café por maderables de alto valor
ICAFE + CoopeVictoria + CoopeAtenas + CoopeAgri
- 3) Manejo intensivo de minijardines clonales
TEC + Empresas de GENFORES
- 4) Productividad y silvicultura intensiva de plantaciones
TEC + Empresas de GENFORES

Sigamos con el cedro en cafetales

En CR hay más de 84 000 ha con café, de las que dependen unas 50 000 familias y más de 200 beneficios.

El sector representa 8% fuerza laboral del país y 11,5% del PIB Agrícola.

En PZ se registran más de 4500 fincas, promedio 3ha/productor, en su mayoría miembros de la Corporación CoopeAgri.

El cedro tiene buen crecimiento, buen mercado en mueblería, construcción y buen precio.

Café con cedro como sombra es ampliamente conocido. CoopeAgri inició su cultivo en cafetales hace 16 años.

El TEC + CoopeAgri, + CoopeVictoria + CoopeAtenas inician proyecto para incorporar maderables de alto valor en el cafetal, con el objetivo de un mayor aporte económico-social y no solo ambiental

Estudio

Muestreo de cafetales con cedro de más de 10 años, en 3 distritos de PZ. Se escogieron aleatoriamente 10-15 fincas/distrito (25% de fincas). TOTAL 26 fincas evaluadas.

En cada finca incluida en la muestra, se eligió un lote. Se levantó su área efectiva plantada con café, con ayuda de un GPS. Se realizó muestreo árboles individuales, cada 10 individuos en pie (Murillo y Badilla 2015), que produce un censo indirecto de árboles presentes.

Cada árbol fue medido en su DAP, se estimó su número trozas comerciales (2,5m) y se calificó la calidad para aserrío de cada troza (Resende, Murillo y Badilla 2018).

Con el software para Valuación de Plantaciones (Murillo y Badilla 2014) se estimó volumen comercial y valor de la madera en pie de cedro en cada cafetal.

El aprovechamiento potencial de un árbol depende de la optimización de posibles productos en función del mercado.

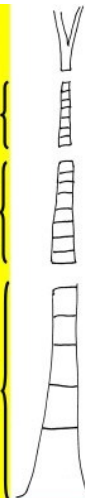
El valor de un árbol puede ser optimizado con el largo de sus trozas y/o decisiones de cuál producto ofrecer

Leña o fibra (desde 5 cm)

Madera delgada (< 30 cm)

Madera gruesa (> 30 cm ó 10")

Distribución de productos en un árbol



Estudio

Precio de leña = ¢5000/m³ estéreo con factor de 0,58.

Precio tarima = ¢60/PMT (Pulgada Maderera Tica).

Precio madera gruesa para aserrío = ¢150/PMT.

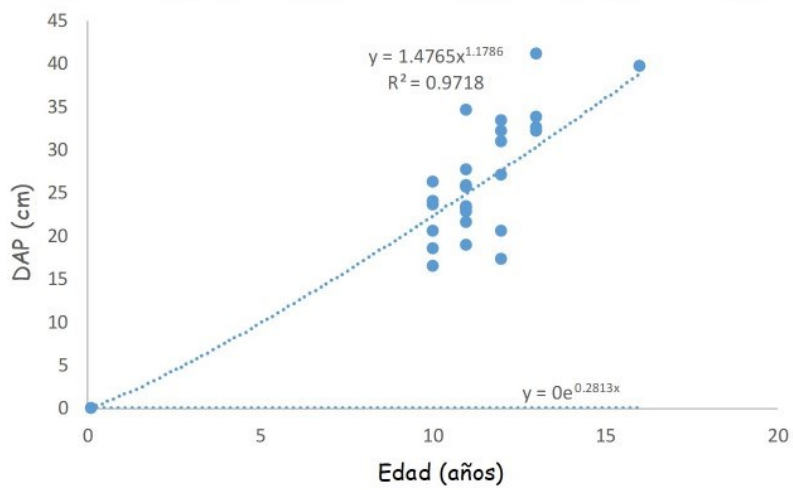
Se ajustó modelo de crecimiento DAP/Edad

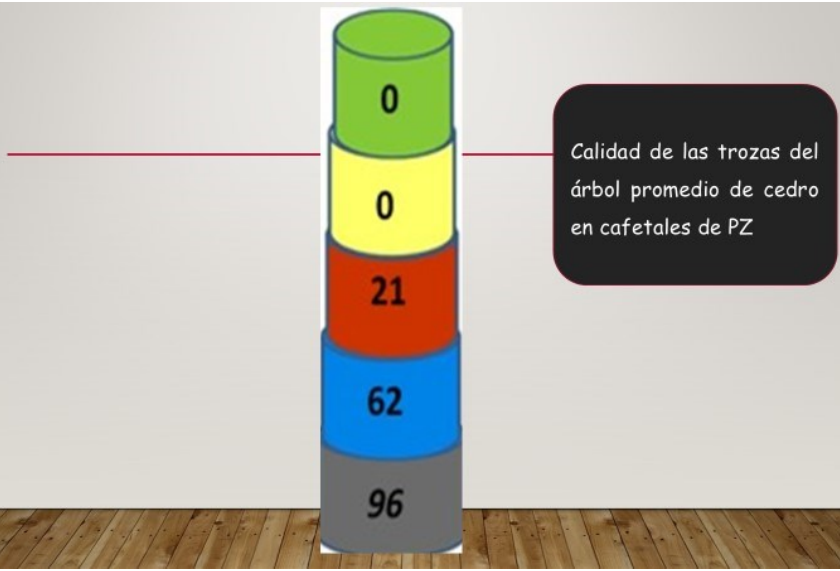
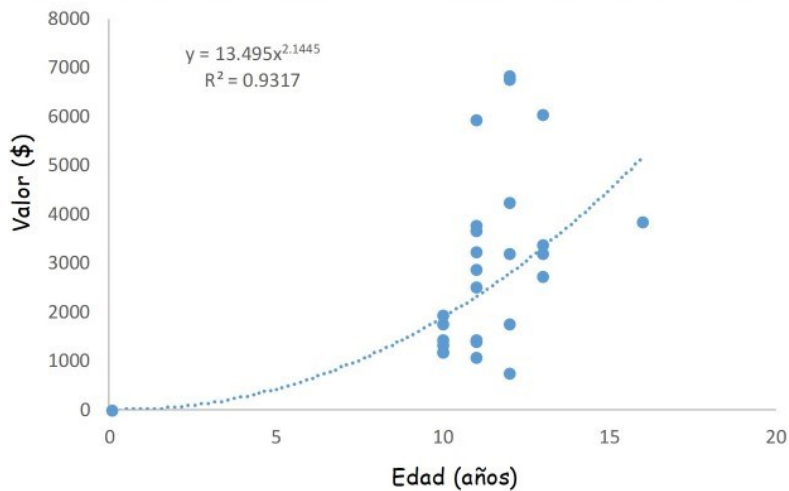
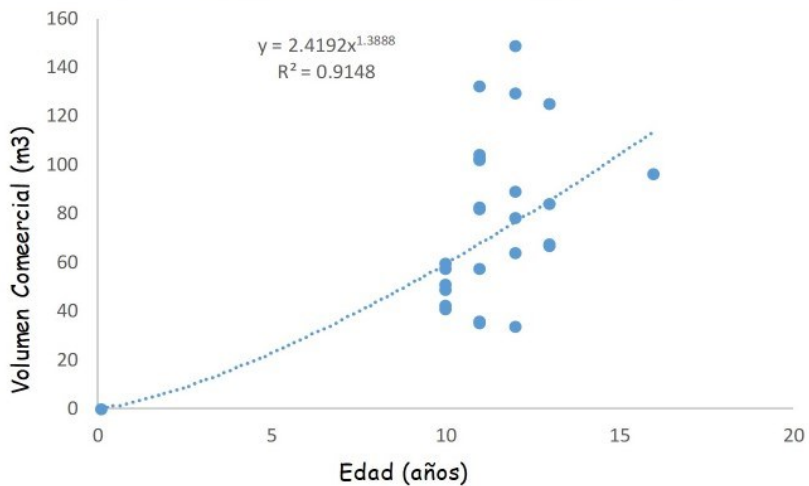
Se ajustó modelo de volumen comercial/Edad

Se ajustó modelo de valor en pie \$/Edad

66

Resultados





Conclusiones

El cedro se cultiva a 7 x 7m de distancia en cafetales en PZ

Se obtiene aproximadamente 113 m³/ha volumen comercial en 16 años con 200 árboles/ha.

Crecimiento promedio de 2,5 cm/año en DAP, alcanza 40 cm en 16 años.

El cedro sin manejo cultivado en cafetales de PZ tiene entre 6 y 7 m de fuste comercial para aserrío.

La madera de cedro en cafetales puede aportar entre \$3000 a \$ 7000/ha en 16 años.

68

Evidencia 11 Apéndice 18.11

PPT III Simposio Especies Nativas, CATIE. Ponencia “Potencial económico del cultivo del laurel en Sistemas agroforestales con café en CR”



forestal
TEC

TEC | Tecnológico de Costa Rica

Potencial económico del cultivo de laurel (*Cordia alliodora*) en sistemas agroforestales con café en Costa Rica

OLMAN MURILLO GAMBOA
YORLENY BADILLA VALVERDE

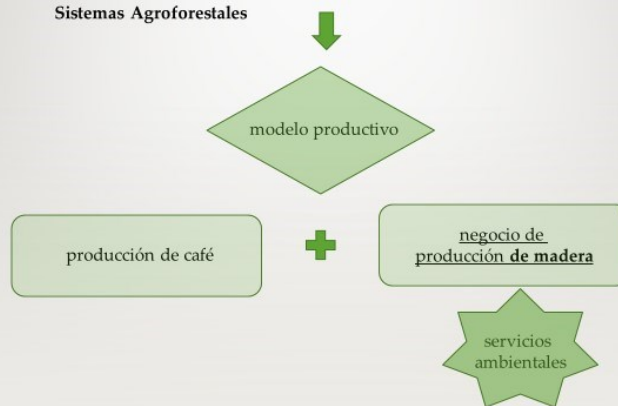
Abril, 2023

Caficultura nacional → crisis producto de precios bajos y el efecto de la roya.

Sector forestal → NO logra aumentar la tasa anual de reforestación



Sistemas Agroforestales



¿Por qué establecer una alianza entre el café y el cultivo de madera?

- La caficultura nacional registra continuamente crisis producto de precios bajos y el efecto de enfermedades (roya, ojo de gallo, otras).
- Más de 80 000 has de café existen en el país.
- Café con sombra tiene beneficios ambientales y en la producción de café de algunas variedades
- Oportunidad de producir madera de alta calidad en los cafetales:
 - 1) aumentar el valor socio económico para el caficultor;
 - 2) más especies + más servicios ambientales.
- ¿Dónde se ubica la mayoría de ebanisterías y mueblerías del país?, ¿cuáles maderas utilizan?



- a) Contribuir con el NAMA Café (compromiso país para reducir emisiones de gases efecto invernadero)
- b) Oportunidad de desarrollar una silvicultura para mejorar el SAF Café + Madera
- c) Utilizar la experiencia, la cultura y el espacio de los árboles de poró y guaba

Dos modalidades de SAF café

- 1) Café con árboles de servicio (poró + Inga)
- 2) Café con árboles maderables, donde la venta de madera podría representar hasta 83% respecto a ingresos del café (Dzib 2003)

Con madera de cedro en Pérez Zeledón (CoopeAgri) se reportó ingresos de aproximadamente \$5000/ha en 16 años (Calvé et al 2020). González et al. (2018) reportaron 92 m³/ha en 17 años. Hernández, Beer y von Platen (1997) hacen una revisión completa de los estudios sobre el efecto del laurel en la producción de *Coffea arabica* variedad Caturra, en CATIE, Turrialba, con 125m³/ha en 10 años.

Algunas preguntas iniciales

¿Distanciade siembra?

Fuimos muy conservadores, 8 x 8m, 10 x 10m

Los caficultores nos pidieron mayor densidad, migramos a 6 x 6m (N = 275/ha, que equivale a un 40% de una plantación compacta ordinaria)



- a) En el 2017 se iniciaron primeras experiencias de silvicultura en CoopeVictoria, Grecia, 1200 msnm
- b) Coopeagri (Pérez Zeledón, 700 a 1000 msnm) con 17 años de experiencia con cedro + café
- c) CoopeAtenas 800 a 1300 msnm



Pocas experiencias en desarrollar una Silvicultura de SAF Café con maderables

INISEFOR (UNA) desarrolla trabajos sobre producción de madera de cedro en cafetales en CoopeAgri, Pérez Zeledón (González et al 2017)

Numerosos trabajos en CATIE similares con cedro, laurel y otros

Revista Forestal Mesoamericana KURU (Julio-Diciembre, 2020) 17 (61): 69-77

REVISTA FORESTAL MESOAMERICANA KURU

DOI: 10.18865/kuru.v17i1.6287

Aporte económico de la madera de cedro (*Cedrela odorata* L.) como árbol de sombra en cafetales de Pérez Zeledón, Costa Rica

Economic contribution of cedar wood (*Cedrela odorata* L.) as a shade tree in coffee plantations in Pérez Zeledón, Costa Rica

Sergio Calvé-Jarque¹ • Olman Muñoz² • Donald Córdoba³ • Luis Salazar⁴

Recibido: 29/10/2019 Aceptado: 5/05/2020 Publicado: 26/07/2020

Abstract

The study determined the economical contribution of cedar wood (*Cedrela odorata* L.) in agroforestry systems with coffee in Costa Rica. 26-coffee farms associated to CoopeAgri R.L. in Pérez Zeledón county. Cedar has been planted as a shade tree in coffee production areas in this county, with an average density of 214 trees/ha, which corresponds to a 7x7 m spacing, but it varies from 70 to 700 trees. Cedar in coffee plantations registers a growth rate of 2.3 cm/year in diameter, which allows it to reach 40 cm in dbh at 16 years of age. Planting cedar in coffee areas produce economical incomes from wood sales of approximately \$ 6000/ha and a total commercial volume of 100 m³/ha² in 16 years. From this amount 60 % has commercial value for sawmill industry in its 6 m merchantable stem. Meanwhile, fuelwood represents 36 % of total volume, but only 8 % of the total tree value.

Diseño para la siembra de maderables como sombra en café



Algunas preguntas
iniciales

¿Posibilidad de reducir la copa como se hace con poró y guaba?. Esto nos permitiría:

- a) mayor densidad de árboles,
- b) producir más madera,
- c) fijar más carbono



Algunas preguntas
iniciales

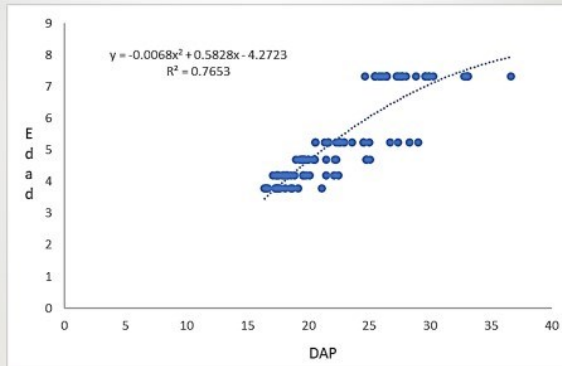
¿Hasta que altitud plantar cada especie?
¿Por qué no incluir rompevientos maderables?

1000 msnm

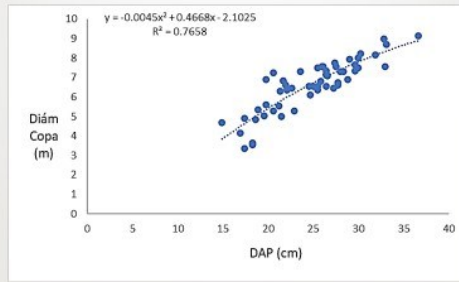
1200 CoopeVictoria

1400 Alsacia, Starbucks

1700 Alejo Castro



Relación entre el desarrollo del DAP con la edad en laurel (*Cordia alliodora*) plantado en cafetales de Costa Rica, en altitudes entre los 1200 y 1450 msnm



Relación entre el desarrollo del DAP y el diámetro de copa en laurel (*Cordia alliodora*) plantado en cafetales de Costa Rica, en altitudes entre los 1200 y 1450 msnmpa

Hablemos del ciclo de la madera y del café, y necesidad de sincronizar acciones de manejo

- El café tiene un ciclo de unos 20-25 años.
- El laurel, 10-12 años
- Necesidad de sincronizar el raleo y la cosecha de los árboles con:
 - a) Podas del café
 - b) La necesidad de mantener una capacidad de sombra permanente (siembra intercalada previa a la cosecha)


Se investigó el efecto de la sombra en la producción de café:

- 1) No hubo diferencias significativas entre bajo sombra y a plena exposición solar
- 2) La sombra de laurel intercepta aproximadamente un 60% de la radiación, en CoopeVictoria, Grecia, 1200 msnm
- 3) El DAP registra un IMA (año 7) de 3,5 a 4 cm/año.
- 4) Se estima 50 m3/ha en bloque a los 12 años, con un valor de \$7000/ha



TEC Tecnológico de Costa Rica

Árboles maderables como sombra en el cafetal



Revista Forestal Mesoamericana Kuru (Lago de Izabal, 2023) 17 (1): 68-77

REVISTA FORESTAL MESOAMERICANA KURU

DOI: 10.18845/rfm.v17i1.5287

Aporte económico de la madera de cedro (*Cedrela odorata* L.) como árbol de sombra en cafetales de Pérez Zeledón, Costa Rica

Economic contribution of cedar wood (*Cedrela odorata* L.) as a shade tree in coffee plantations in Pérez Zeledón, Costa Rica

Sergio Calvé Jarque¹ • Olman Murillo² • Donald Córdoba³ • Luis Salazar⁴

Recibido: 29/10/2019 Aceptado: 5/05/2020 Publicado: 28/07/2020

Abstract

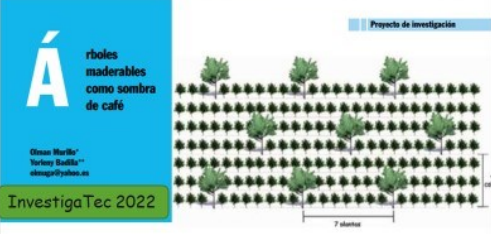
The study determined the economical contribution of cedar wood (*Cedrela odorata* L.) in agroforestry systems with coffee in Costa Rica. 26-coffee farms associated to CoopeAgri R.L. in Pérez Zeledón county, Cedar has been planted as a shade tree in coffee production areas in this county, with an average density of 214 trees/ha, which corresponds to a 7x7 m spacing, but it varies from 70 to 700 trees. Cedar in coffee plantations registers a growth rate of 2.5 cm/year in diameter, which allows it to reach 40 cm in dbh at 16 years of age. Planting cedar in coffee areas produce economical incomes from wood sales of approximately \$ 5000ha⁻¹ and a total commercial volume of 100 m³ha⁻¹ in 16 years. From this amount 60 % has commercial value for sawmill industry in its 6 m merchantable stem. Meanwhile, fuelwood represents 35 % of total volume, but only 8 % of the total tree value.

74

Costos del cultivo de maderables como sombra en sistemas agroforestales de café en Costa Rica. Murillo, O¹, Badilla, Y². En prensa, *Agronomía Costarricense*

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 del SAF con café, que mantiene una huella de carbono alta y se desarrolla en más de 82 000 ha en Costa Rica.



Palabras clave:
Café; agroforestería; producción forestal; Costa Rica.

¿Qué representa el cultivo de café en nuestra sociedad?

La caficultura en Costa Rica es una actividad productiva tradicional que se desarrolla desde hace más de 200 años y hoy día se estima que cerca de 84 000 ha del territorio nacional se dedican a esta actividad, con 70 500 en plena producción (INEC 2015; INEC 2016), de las que dependen más de 50 mil familias productoras y 290 beneficias.

El sector cafetalero representa aproximadamente el 8% de la fuerza laboral costarricense. En la cosecha 2015-2016 aportó un 13,5% del Producto Interno Bruto Agrícola (PIB), correspondiente a 8,9% de la producción total de café en Centroamérica, donde se proporciona empleo hasta a 150 000 personas, en su mayoría migrantes. El país exporta un 82% de la cosecha de café, principalmente hacia los mercados de Colombia, México, Guatemala y Honduras. La caficultura ofrece, por tanto, un espacio promisorio para la producción sostenible de otros plantas, arbustos, alifaneros, cítricos y tomate en las primeras filas, árboles de naranjo en zonas altas, etc. Como ejemplo, en los años 80 en respuesta a la primera gran crisis del granillo, se promovió el cultivo de árboles leguminosos con alto potencial para la producción de leña y energía. Allí sobresalieron la leucaena y la mimosa subulata, entre otras.

En las cercas, árboles o divaltes entre líneas, se acostumbró plantar albarico como árbol de café, maderable, con la...

Evidencia 12. Apéndice 18.12

WEBINAR Escuela de Ing. Forestal, Unidad de Vinculación.

Siembra de maderables en cafetales, 28 abril 2021



REVISTA AGRONOMÍA COSTARRICENSE

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA-COLEGIO DE INGENIEROS AGRÓNOMOS-MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca-Correo electrónico: rac.cia@ucr.ac.cr
Tel. 2511-2080 - ISSN 2215-2202

27 de abril del 2023
RAC-027-23

Señora
Yorleny Badilla Valverde
Instituto Tecnológico de Costa Rica

Estimada autora:

En relación con el manuscrito “**Costos del cultivo de maderables como sombra en sistemas agroforestales de café en Costa Rica**”, le comunico que se le solicitan las siguientes modificaciones que deben ser integradas en un nuevo documento.

Resumen

1. Mejorar la redacción del objetivo, ya que no se logra dilucidar claramente, el propósito de la investigación.
2. Es importante revisar, verificar y corregir el dato del área de café, ya que no es el correcto.
3. Debe incorporar el título en inglés.

Introducción

4. Se requiere que revise los datos del área, familias y beneficios de semillas no son correctos y número de empleo durante la cosecha.

Materiales y métodos

5. Deber revisar este apartado detalladamente, no se consideraron elementos importantes en la composición de los costos, que deben ser corregidos y complementados.
6. Este apartado requiere ser descrito de forma tal que se pueda repetir y entender sin necesidad de explicaciones adicionales, debe tener correspondencia con el objetivo planteado en la introducción, por lo que debe ser revisado y planteado con mayor detalle y especificidad.

Resultados

7. Los datos suministrados deben ser expuestos de tal manera que permitan corroborar la pertinencia y confiabilidad de los resultados.

Literatura citada

8. Revisar las citas y lista de referencias: Instituto Nacional de Seguros 2022 y Ministerio de Trabajo 2022 hace falta la referencia. Castillo *et al.* 2017, Murillo 2016, Nieters *et al.* 2015 deben incluir las páginas de cada documento consultado según corresponda. Murillo 2018 completar la información de la referencia de acuerdo con el manual. Murillo *et al.* 2018 no se menciona en el texto.



27 de abril del 2023

Pág. 2

RAC-027-23

Aspectos generales

- Refiere a varios proyectos SAF, sin embargo, los datos de manejo que arrojan los costos pertinentes no son puntualizados en el estudio, lo que impide tener idea de las posibles variaciones en las horas de las actividades señaladas.
- Asume costos que se hacen en la plantación de café, que favorece el desarrollo del proyecto forestal, y que no son incorporados de ninguna forma en la evaluación económica del área productiva, árbol maderable como sombra de café.
- No incorpora el valor de la cosecha del árbol, asumiendo que es rentable sin suministrar ningún tipo de información para las áreas referidas en el estudio.
- No presenta información que puede ser verificable respecto al valor inicial del árbol, un factor determinante en el balance económico para maderables en asocio con café y la economía de la familia cafetalera. Ejemplo

Proveedor Consultado	Monto estimado
Vivero de la Universidad Nacional	435 colones /planta
Vivero del Tecnológico de Costa Rica	250 colones /planta
INJERTOS Y JARDINES S.A	300 colones /planta
Vivero Hortensia	350 colones/ planta
Vivero Tecno Verde	500 colones /planta
Vivero Herpa	450 colones/planta
Vivero CoopeAgu	300 colones/ planta
Vivero ORMAFRUT	350 colones/planta

Se señalan otras observaciones que deben ser consideradas. Las mismas aparecen en los documentos que se adjuntan.

Mucho le agradeceré el envío del trabajo corregido a más tardar el **08 de mayo del 2023** para considerar su posible publicación. Por último, no omito señalar que el documento modificado será sometido a una nueva revisión, por lo que podría solicitársele de nuevo aclaraciones o correcciones.

Sin otro en particular se despide cordialmente,

Silvia
Arce Q.

Firmado digitalmente por
Silvia Arce Q.
Fecha: 2023.04.27
11:56:17 -06'00'

Silvia Elena Arce Quesada
Editora
Revista Agronomía Costarricense

Informe de Gira

Proyecto:	Extensionistas que participaron en la gira:
Fecha de salida: miércoles 28 agosto	Fecha de regreso: jueves 29 agosto
Propósito de la gira: <i>(reunión, trabajo de campo, visita de seguimiento, actividad programada, etc)</i>	Supervisar y coordinar el establecimiento de nuevos ensayos en fincas de asociados a CoopeAtenas

Detalle de las actividades realizadas: (visitas, reuniones, encuentros, talleres)

- 1) Supervisión de producción de plantas para el establecimiento de ensayos (sede del TEC en Sta Clara), día miércoles 28 de agosto;
- 2) Reunión de coordinación para el desarrollo de actividades, celebrada en CoopeAtenas (día jueves 29 de agosto);
- 3) Exposición de los mecanismos existentes de financiamiento de los SAF (árboles en café), donde el nuevo modelo del FONAFIFO de crédito + PSA, resulta ser el más conveniente;
- 4) Fortalecimiento del equipo técnico interdisciplinario café+forestal. Hubo discusiones técnicas muy valiosas sobre temas como el efecto de sombra en productividad y manejo de enfermedades, espaciamientos de siembra de árboles, diseños experimentales en campo, propuesta de manejo de la copa de los maderables (descumbra), sombra baja y sombra alta con maderable, árboles para rompeviento, cosecha de árboles disminuyendo daños en el cafetal, entre otros temas.
- 5) Coordinación para el desarrollo de nuevos eventos como día de campo en CoopeVictoria para fines de noviembre.
-

Observaciones generales:

- Se revisó y discutió con los 12 participantes (ICAFÉ, CoopeAtenas, FONAFIFO, TEC) los objetivos, productos esperados y actividades del proyecto.
-

Productos:

- Se van a establecer nuevos ensayos en 10 fincas en la región de Atenas. Todos deben quedar plantados en la primera quincena de setiembre. El TEC supe los árboles para los ensayos y participa en la siembra de los mismos, en coordinación con los técnicos de CoopeAtenas y finqueros.
- CoopeAtenas continúa con la gestión y formalización del crédito y PSA con el FONAFIFO.

●

Anexos:

- Fotografías reunión en CoopeAtenas, 29 agosto 2019. Charlas técnicas, revisión de estado de avance, discusión modelo financiero, coordinación nuevos ensayos.







Informe de Gira

Proyecto:	Extensionistas que participaron en la gira: Olman Murillo- Yorleny Badilla
Fecha de salida: 4 de junio, 2020	Fecha de regreso: 4 de junio, 2020
Propósito de la gira: <i>(reunión, trabajo de campo, visita de seguimiento, actividad programada, etc)</i>	Poda demostrativa de árboles del ensayo en café en la finca Pinto en Coopevictoria,

Detalle de las actividades realizadas: (visitas, reuniones, encuentros, talleres)

- A la actividad de demostración de poda de árboles maderables en cafetales, participaron Víctor Julio Vargas (ICAFE), Cristian Baltodano (FONAFIFO), Sergio Arias (INFOCOOP), Wilfredy Vargas y Guillermo Ruíz (CoopeAtenas), Alfonso Cubillo y Kevin Núñez (CoopeVictoria), Yorleny Badilla y Olman Murillo (TEC).
- Se dio una explicación general del objetivo del proyecto, así como el detalle del ensayo establecido en esa finca (Grecia 1150 msnm).
- Se realizó una poda de rama y poda de formación a dos árboles de cada especie plantada en el ensayo. Se aprovechó para explicar y demostrar la forma de hacerla, se discutió los beneficios de la misma, así como el control de la sombra en las plantas de café.

Observaciones generales:

- Es necesario hacer una cuantificación de la producción del cafetal, con ayuda del APP CR-CAFÉ para determinar el efecto de la sombra de los árboles maderables en la producción de los cafetales. Esta será una labor por realizar a principios del año siguiente en esta finca.

Productos:

- Se coordinó con los técnicos de CoopeVictoria para que realicen la poda al resto

de los árboles del ensayo. Además se definió que se le va a realizar descope a 3 árboles de laurel para ver la respuesta de los árboles a esa técnica.

- Se acordó también que se va a replantar el área donde murieron árboles, posiblemente con las especies laurel y cedro.
- Se va a realizar una reunión virtual con otras cooperativas para motivarlos a plantar árboles maderables en cafetales, con el apoyo de ICAFE e INFOCOOP.
- Anexos:
- Fotografías de poda demostrativa en la finca Pinto, CoopeVictoria, Grecia. 4 de junio, 2020.



Reunión con el Grupo técnico de maderables en café (ICAFÉ, CoopeVictoria, CoopeAtenas, TEC, invitado INFOCOOP).



Poda de árbol de almendro (2,5 años), CoopeVictoria, Grecia, 1150 msnm.



Poda en árboles de cedro (2,5 años), CoopeVictoria, Grecia, 1150 msnm



Poda en árboles de laurel (2,5 años), CoopeVictoria, Grecia, 1150 msnm

Informe de Gira

Proyecto: Diseño de sistemas de producción de café asociado con maderables nativos de alto valor	Extensionistas que participaron en la gira: Olman Murillo- Yorleny Badilla
Fecha de salida: 13 de agosto, 2020 6 am	Fecha de regreso: 13 de agosto, 2020 5 pm
Propósito de la gira: <i>(reunión, trabajo de campo, visita de seguimiento, actividad programada, etc)</i>	Coordinar el establecimiento de nuevos ensayos en fincas de asociados a CoopeVictoria en agosto de este año.

Detalle de las actividades realizadas: (visitas, reuniones, encuentros, talleres)

- Reunión de coordinación y visita a fincas para el desarrollo de actividades, celebrada en CoopeVictoria. Por parte de la cooperativa participaron Paul Montoya y Vanessa Quesada (caficultora).
- Fortalecimiento del equipo técnico interdisciplinario café+forestal. Hubo discusiones técnicas sobre cuáles especies plantar, pues se el cafetal de doña Vanessa Quesada se localiza en Ratoncillal de Poás a 1275 msnm. Se observó la necesidad urgente de establecer cortinas rompevientos en esta finca y en muchas otras localizadas a altitudes superiores a los 1000 msnm.
- Paul Montoya buscará 4 fincas más para plantar este mismo año. Nosotros como TEC vamos a donar 100 árboles de una mezcla de las 6 especies nativas que se están utilizando.
- Se visitó primer ensayo con especies nativas establecido hace 23 meses cerca de la Cooperativa. Se observó el buen comportamiento del cedro, laurel y el almendro en este sitio (1100 msnm) y su respuesta a la poda realizada hace 3 meses.
- Se acordó evaluar el efecto de la sombra en los cafetos. Se aprovechará la sombra de un árbol grande viejo de llama del bosque, que quedó en el ensayo en CoopeVictoria. Se utilizará la App que desarrolló ICAFÉ para estimar la producción en plantas bajo sombra y a plena exposición al sol, localizadas en el mismo micrositio.

Productos:

- Se van a establecer nuevos ensayos en 5 fincas en la región de Grecia-Poás. Todos deben quedar plantados en la segunda quincena de agosto. El TEC supe los árboles todos de seis especies nativas para los ensayos y, participa en la siembra de los mismos, en coordinación con los técnicos de CoopeVictoria y finqueros.

Anexos:

- Fotografía reunión en la finca de doña Vanessa Quesada en Ratoncillal de Poás, 13 de agosto, 2020.





- Fotografías del comportamiento del laurel y el almendro en la finca de CoopeVictoria, Grecia, con 23 meses de edad

Informe de Gira

<p>Proyecto: Diseño de sistemas de producción de café asociado con maderables nativos de alto valor</p>	<p>Extensionistas que participaron en la gira: Olman Murillo- Yorlenny Badilla</p>
<p>Fecha de salida: 26 y 27 de agosto, 2020 5:30 am ambos días</p>	<p>Fecha de regreso: 26 y 27 de agosto, 2020 5 y 6 pm respectivamente</p>
<p>Propósito de la gira: <i>establecimiento de ensayos nuevos (siembra de árboles maderables)</i></p>	

Detalle de las actividades realizadas: (visitas, reuniones, encuentros, talleres)

- Visita a fincas de asociados a CoopeAtenas (miércoles 26) y de CoopeVictoria (jueves 27) para proceder con la siembra de los árboles maderables. En CoopeAtenas participó Wilfredy (técnico agrícola) y los dueños de las fincas. En CoopeVictoria participó Paul Mayorga (técnico agrícola) y Kimberly (gestora ambiental y certificadora) y los dueños de las fincas.
- Fortalecimiento del equipo técnico interdisciplinario café+forestal. Hubo discusiones técnicas con los dueños de fincas, con los que se compartió diversos aspectos prácticos sobre cómo plantar debajo de café ya establecido. Se observó la necesidad urgente de establecer cortinas rompevientos en las fincas localizadas arriba de los 1000 msnm.
- Se plantaron 100 árboles por finca de la siguiente manera: 20 de almendro, 20 de laurel, 20 de cedro, 20 de cenízaro y 20 de guanacaste. En las fincas más bajas en altitud se plantó 10 árboles de melina. Las distancias de siembra fueron de 6 x 6 m (un árbol cada 6 plantas en la línea de siembra) y cada 4ta de siembra.
- Se plantaron 4 fincas en CoopeAtenas (una en Puriscal) y 3 fincas en CoopeVictoria en distintos pisos altitudinales (desde los 800 hasta los 1300 msnm). Este viernes 4 de setiembre se planea terminar de plantar varias fincas.

Productos:

- 7 fincas plantadas con maderables de 5 especies nativas y melina.

Anexos:

- Fotografías de la finca de doña Vanessa Quesada en Ratoncillal de Poás, 27 de agosto, 2020.





En esta finca el café fue plantado hace poco menos de un mes, lo que facilitó enormemente la siembra de los árboles en medio de las plantas de café.

Fotografía de la finca de don Jonhy Sanabria, Estanquillos de Atenas (800 msnm), pendientes de más de 45%. Se logró sembrar las cinco especies nativas.



Finca en Llano Brenes, San Mateo, 800 msnm. Se logró plantar las cinco especies nativas y la melina.



Este año los arbolitos han sido donados. Se planea como estrategia para el año siguiente, producir una mucho mayor cantidad de arbolitos, dada la gran demanda que ha generado el proyecto. Se pretende lograr producir los arbolitos en CoopeAtenas, mediante el desarrollo de una capacidad local y poco a poco, una actividad económica alrededor de la producción de arbolitos para los cafetales de esta región del Valle Central.

Informe de Gira

Proyecto:	Extensionistas que participaron en la gira: Olman Murillo- Yorleny Badilla
Fecha de salida: 4 de junio, 2020	Fecha de regreso: 4 de junio, 2020
Propósito de la gira: <i>(reunión, trabajo de campo, visita de seguimiento, actividad programada, etc)</i>	Poda demostrativa de árboles del ensayo en café en la finca Pinto en Coopevictoria,

Detalle de las actividades realizadas: (visitas, reuniones, encuentros, talleres)

- A la actividad de demostración de poda de árboles maderables en cafetales, participaron Víctor Julio Vargas (ICAFE), Cristian Baltodano (FONAFIFO), Sergio Arias (INFOCOOP), Wilfredy Vargas y Guillermo Ruíz (CoopeAtenas), Alfonso Cubillo y Kevin Núñez (CoopeVictoria), Yorleny Badilla y Olman Murillo (TEC).
- Se dio una explicación general del objetivo del proyecto, así como el detalle del ensayo establecido en esa finca (Grecia 1150 msnm).
- Se realizó una poda de rama y poda de formación a dos árboles de cada especie plantada en el ensayo. Se aprovechó para explicar y demostrar la forma de hacerla, se discutió los beneficios de la misma, así como el control de la sombra en las plantas de café.

Observaciones generales:

- Es necesario hacer una cuantificación de la producción del cafetal, con ayuda del APP CR-CAFÉ para determinar el efecto de la sombra de los árboles maderables en la producción de los cafetales. Esta será una labor por realizar a principios del año siguiente en esta finca.

Productos:

- Se coordinó con los técnicos de CoopeVictoria para que realicen la poda al resto

de los árboles del ensayo. Además se definió que se le va a realizar descope a 3 árboles de laurel para ver la respuesta de los árboles a esa técnica.

- Se acordó también que se va a replantar el área donde murieron árboles, posiblemente con las especies laurel y cedro.
- Se va a realizar una reunión virtual con otras cooperativas para motivarlos a plantar árboles maderables en cafetales, con el apoyo de ICAFE e INFOCOOP.
- Anexos:
- Fotografías de poda demostrativa en la finca Pinto, CoopeVictoria, Grecia. 4 de junio, 2020.



Reunión con el Grupo técnico de maderables en café (ICAFÉ, CoopeVictoria, CoopeAtenas, TEC, invitado INFOCOOP).



Poda de árbol de almendro (2,5 años), CoopeVictoria, Grecia, 1150 msnm.



Poda en árboles de cedro (2,5 años), CoopeVictoria, Grecia, 1150 msnm



Poda en árboles de laurel (2,5 años), CoopeVictoria, Grecia, 1150 msnm

**Desde la siembra de árboles al cultivo de madera:
evolución y desafíos de las plantaciones forestales
en Costa Rica**

Olman Murillo
GENFORES
Escuela de Ing. Forestal
Instituto Tecnológico de Costa Rica

¡Las plantaciones forestales en CR han evolucionado!



Periodos de las plantaciones forestales

I Finales 1800's hasta 1946: siembra de árboles, los primeros ambientalistas.

II 1946 - 1979: El Estado benefactor participa en la siembra de árboles. Introducción de exóticas.

III 1979 - 1986: Nace un nuevo sector económico.

IV 1986-1997: Consolidación Política Económica y Social del sector forestal, atracción de capital e inicia crisis de la industria tradicional de la madera.

V 1997-2010: inicia la era del cultivo de madera ante un escenario de mercados abiertos. Se acentúa crisis de la industria de la madera.

VI > 2010: Transición hacia una silvicultura clonal intensiva.



I Finales 1800's hasta 1946: siembra de árboles, los primeros ambientalistas.

1860 primeras siembras de ciprés (*Cupressus lusitanica*) en Carrizal de Alajuela por don Ricardo Cazorla (Bucarey, 1967).

1894 Alfredo Anderson llega desde Suecia, promueve la siembra de árboles en CR (1900 -1936?) y dirige el Plan de reforestación del Llano de La Sabana > 1918, desde el Centro Nacional de Agricultura (hoy campus UCR) (Hilje, 2008).

¿**1920-1940**? Se siembran rompevientos de ciprés en fincas al norte de Heredia, Alajuela, San José y Cartago (Bucarey, 1967).



- **II 1946 - 1979:** El Estado benefactor participa en la siembra de árboles, el sector privado introduce especies exóticas.
- **1946** IICA en Turrialba inicia introducción de 250 especies: Pino, Eucaliptos, Cedro, Laurel, Caoba,.. (Combe y Gewald, 1979)
- **1946** Compañía bananera **introduce la teca** en Quepos (Keogh et al, 1979).
- **1949 y 50's** ICE inicia plantaciones con especies exóticas alrededor de embalses, en Cachí (Bolaños, 1981).
- **1963** Defensa Civil reforesta zona devastada por Irazú (Prusia). Planta exóticas y jaúl como primera especie nativa (Bolaños, 1981).
- **1967** Compañía papelera introduce **la melina** en Manila de Siquirres (Lega, 1988)
- **1969** Creación de la DGF dentro del MAG, ley 4465. (Deptos. Repoblación y de Investigación).
- **1975-1976** Creación de la enseñanza forestal y de tecnología de la madera (UNA e ITCR).



- **III 1979 - 1986: Nace un nuevo sector económico forestal.**
- Inician los incentivos, \$16 000/ha = \$2000 hoy día, inicia la REFORESTACIÓN PRIVADA.
- Exóticas (Pinos + eucaliptos + teca + melina) vs nativas.
- Fracaso en introducción de nativas (laurel + pochote + jaúl).
- Proyecto Madeleña y fuentes... energía impacta al país (CATIE/ROCAP/DGF). Impulso a la agroforestería.
- Fuerte cooperación internacional.
- La Dirección General Forestal inicia su desarrollo dentro del MAG.



Empresas inician con el Mejoramiento Genético

- **IV 1986-1997: Consolidación Política Económica y Social del sector forestal, atracción de capital e inicia crisis de la industria tradicional de la madera**
- Creación de un ministerio propio, MIRENEM (DGF + Parques) en 1986.
- Diversificación de los incentivos y auge de la silvicultura social (DECAFOR, CAF, CAF adelantado, FDF con Holanda en canje de deuda). Nacen organizaciones forestales (JUNAFORCA, AGUADEFOR, CACH, CODEFORSA, etc). Inicia Crédito forestal.
- Fuerte cooperación internacional.
- Se consolidan compañías forestales nacionales en San Carlos, Guanacaste.
- Inicia fuerte inversión extranjera en teca y melina (Puerto Carrillo, Flor y Fauna, Ston Forestal).
- El país alcanza Máxima Tasa de Reforestación (> 10 000 ha/año)

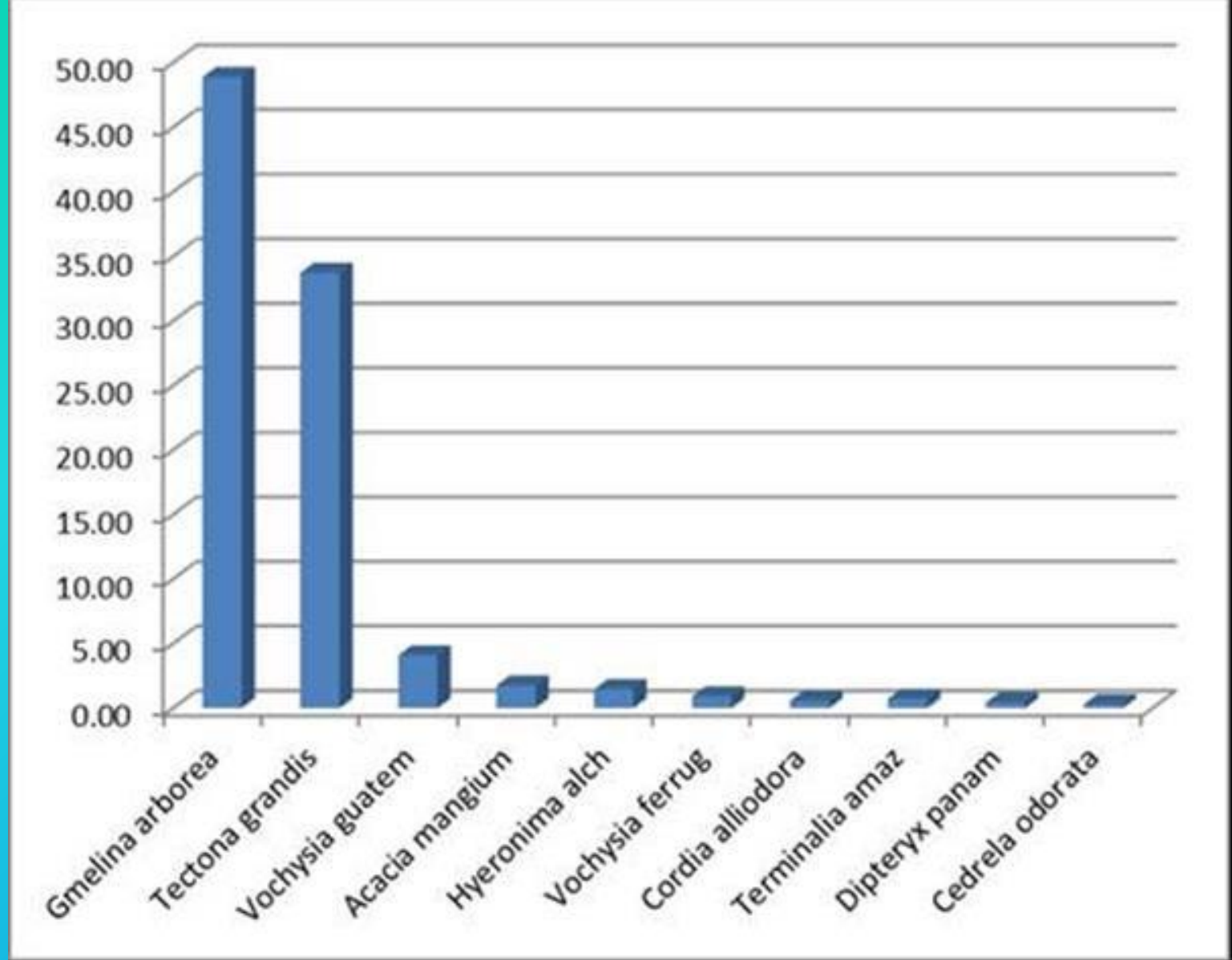


- **V 1997-2010: inicia la era del cultivo de madera ante un escenario de mercados abiertos. Se acentúa crisis de la industria de la madera.**
- **1996** Ley Orgánica del Ambiente **7575** crea al MINAE, SINAC, FONAFIFO y la Oficina Nacional Forestal. Se desconcentra el poder político y la gestión forestal.
- Los incentivos se transforman en PSA.
- Cae drásticamente tasa anual de plantaciones e inicia la importación de madera principalmente pino de Chile.
- Continúa inversión extranjera.
- Aumenta nivel técnico, la madera es un cultivo.
- Se consolida el mejoramiento genético (GENFORES), inicia la era de la silvicultura clonal.

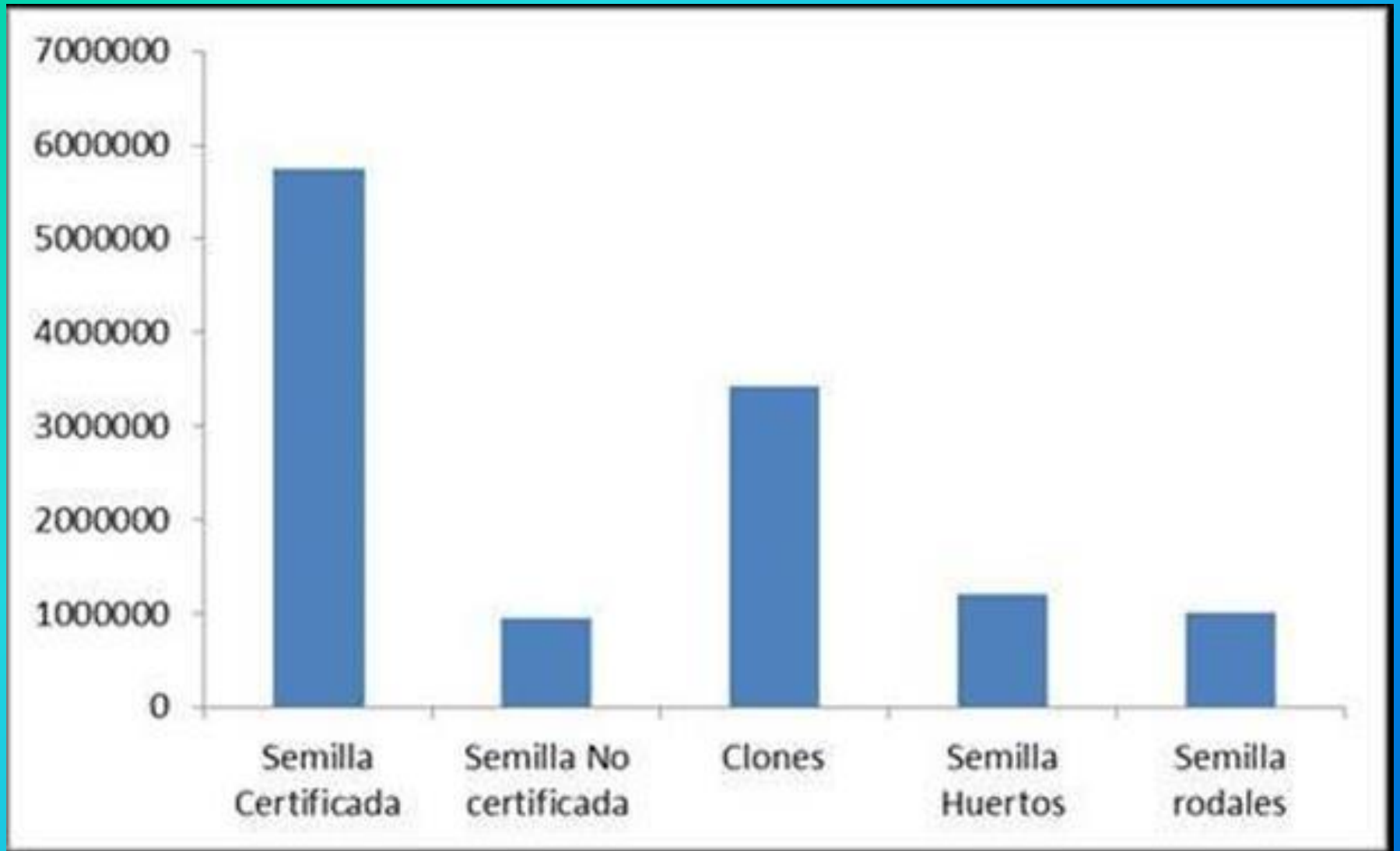


- **VI** > 2010 Transición hacia la silvicultura clonal intensiva de alto valor.
- Drástico incremento de la productividad y valor de las plantaciones clonales.
- El país consume madera plantada, solo un 15% proviene de bosque natural.
- Disminución del turno de corta.
- El potencial energético de la biomasa.
- El PSA se distancia del modelo de financiamiento requerido.
- **Hacia la construcción de una identidad forestal con posicionamiento en los mercados internacionales.**





Aproximadamente 6 millones de plantas/año producen nuestros viveros, Murillo y Guevara (2013)



Distribución de la categoría genética de semilla utilizada en los viveros forestales del país en el 2012 (Murillo y Guevara, 2013)

Evolución de las plantaciones forestales

I Finales 1800's hasta 1946: siembra de árboles, los primeros ambientalistas.

II 1946 - 1979: El Estado benefactor participa en la siembra de árboles.

III 1979 - 1986: Nace un nuevo sector económico.

IV 1986-1997: Consolidación Política Económica y Social del sector forestal, atracción de capital e inicio de crisis en la industria tradicional de la madera.

V 1997-2010: inicia la era del cultivo de madera ante un escenario de mercados abiertos. Se acentúa crisis de la industria de la madera.

VI > 2010: Transición hacia una silvicultura clonal intensiva.

¡La densidad de siembra puede explicar la evolución de las plantaciones!

$$2 \times 2\text{m} = 2500/\text{ha}$$

$$2,5 \times 2,5\text{m} = 1600/\text{ha}$$

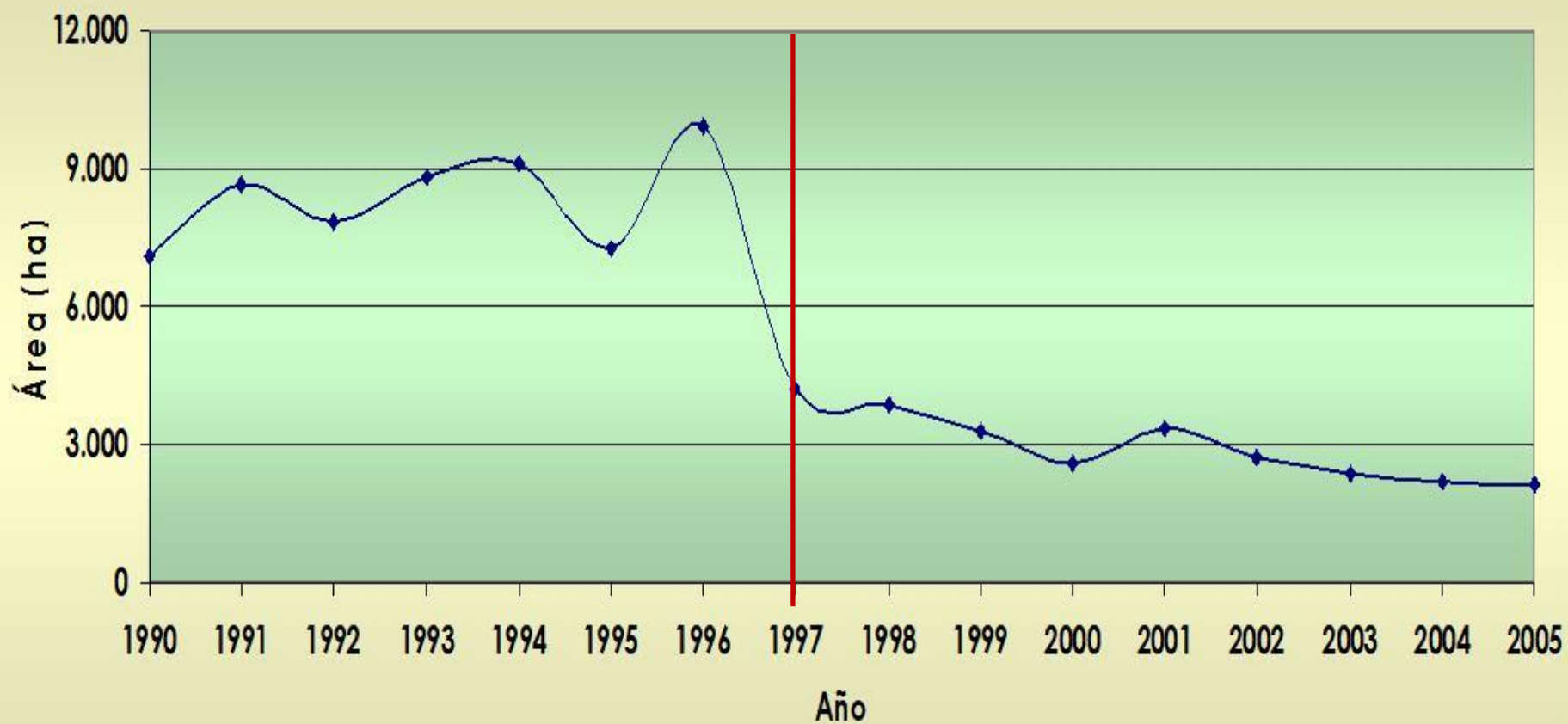
$$3 \times 3\text{m} = 1111/\text{ha}$$

$$3,5 \times 3,5\text{m} = 816/\text{ha}$$

$$4 \times 3\text{m} = 833/\text{ha}$$

$$4 \times 4\text{m} = 625/\text{ha}$$

$$\text{¿}4 \times 5\text{m} = 500/\text{ha}\text{?}$$



Comportamiento de la tasa anual de reforestación anual

¿Y las plantaciones forestales?

- Pasamos de plantar aprox. 10 000 ha/año a unas 4000 ha/año.
- Aprox. 60% teca + 40 % melina.
- Buena parte de lo que se planta se exporta.
- En el 2005 había aprox. 114 000ha, ¿ahora?
- Tamaño promedio = 6 ha;
- 30% < 10ha y 28% < 30 ha.
- 50% de costos ocurren en el año 1 + 2

¿Por qué no se planta más? Tenemos barreras:

- a) Técnicas (información poco útil para el inversionista, desconocimiento sobre semilla mejorada, baja productividad y calidad).
- b) Político/administrativas (FONAFIFO, tramitología, aspectos legales).
- c) De mercado (precio de la madera no aumenta, desconocimiento del mercado).

¿Cuánto deberíamos plantar por año para abastecer la demanda interna?

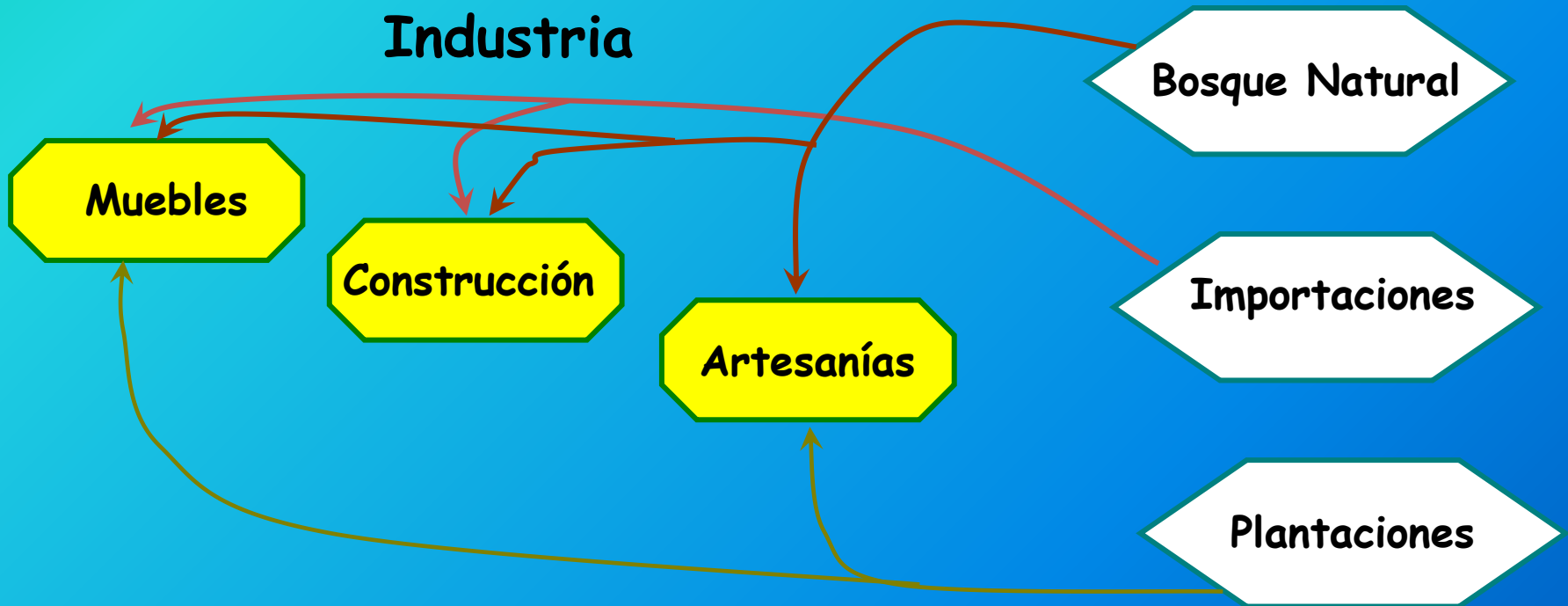
Consumo nacional 1000000 m ³ /año	Productividad m ³ /ha
Melina	250
Teca	150
Otras	150
Promedio	183.33
Tasa anual requerida	5455

Plantaciones
(Productos de madera)

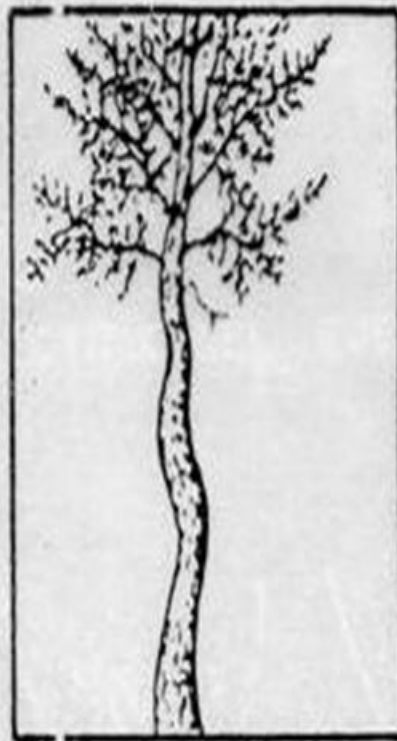
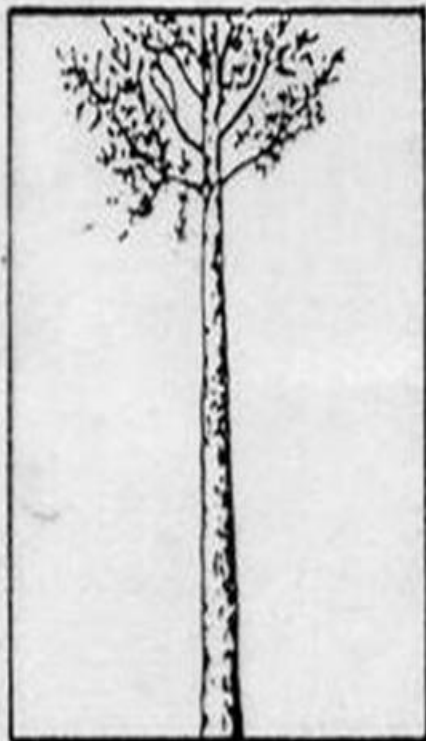


Exportación de la
materia prima

Industria



- La calidad del árbol si importa, iaumenta su valor comercial!



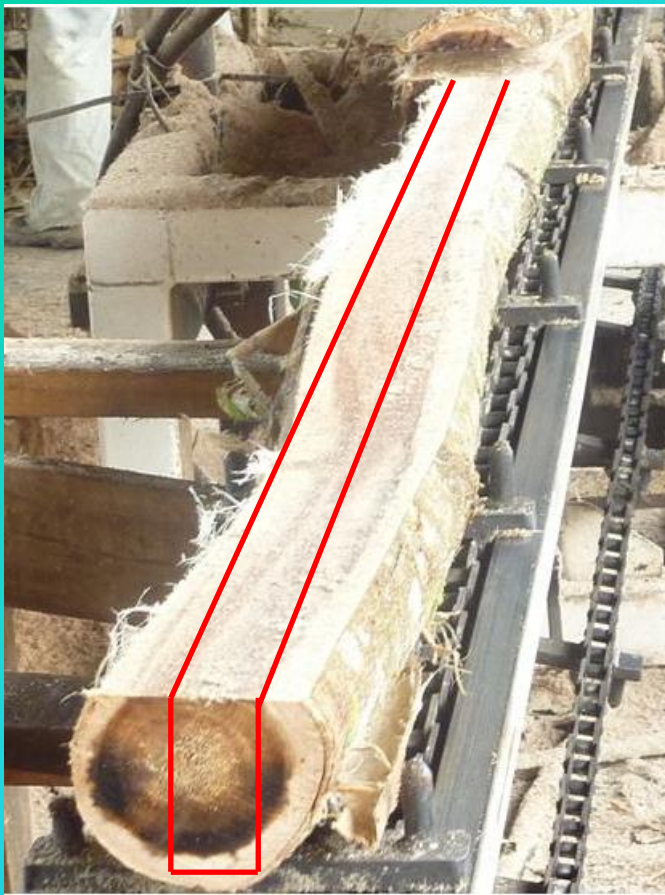




Trozas sin valor de mercado =
pérdida de volumen/árbol



Pérdida de volumen en la troza a la hora de obtener el bloque interno





Hacia una cultura de CALIDAD

Calidad de plántulas



Calidad de establecimiento de la
plantación



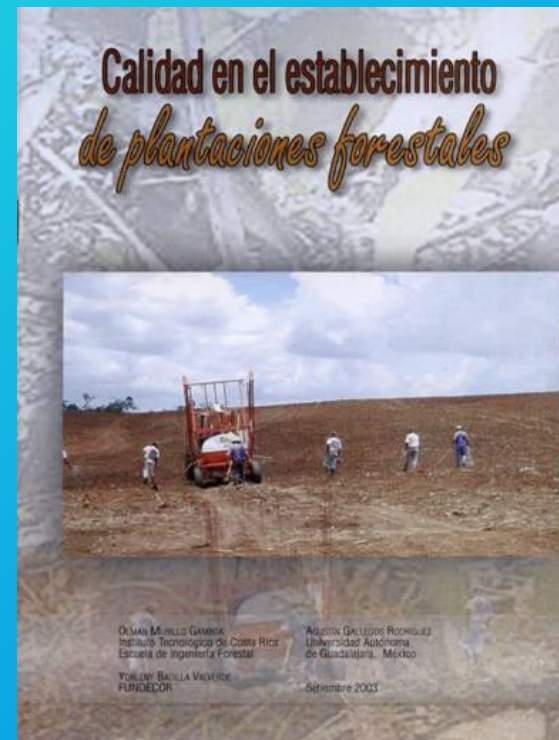
Calidad del mantenimiento



Calidad de la poda



Calidad del raleo



Murillo, O.; Camacho, P. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones recién establecidas. *Agronomía Costarricense* 21 (2):189-206

Cultivo de Madera = Semilla + Suelo + Manejo



"Cada árbol que se planta
DEBE producir madera"

Hacia el establecimiento
de plantaciones con
miniplantas clonadas

Disminución en los costos
del año "0"

Más del 60% de los gastos ocurren en los años 1 y 2:

1. Preparación del sitio (aprox. \$150-400/ha)
2. Control de malezas
3. Encalado + Fertilización



Plantar de manera eficiente



Los dos primeros años representan un 50 a 60% de los costos totales, debido principalmente al CONTROL de MALEZAS

Un cultivo asociado podría financiarnos estos dos primeros años.

El espaciamiento inicial debe revisarse.





Plantaciones de teca en sistemas agroforestales





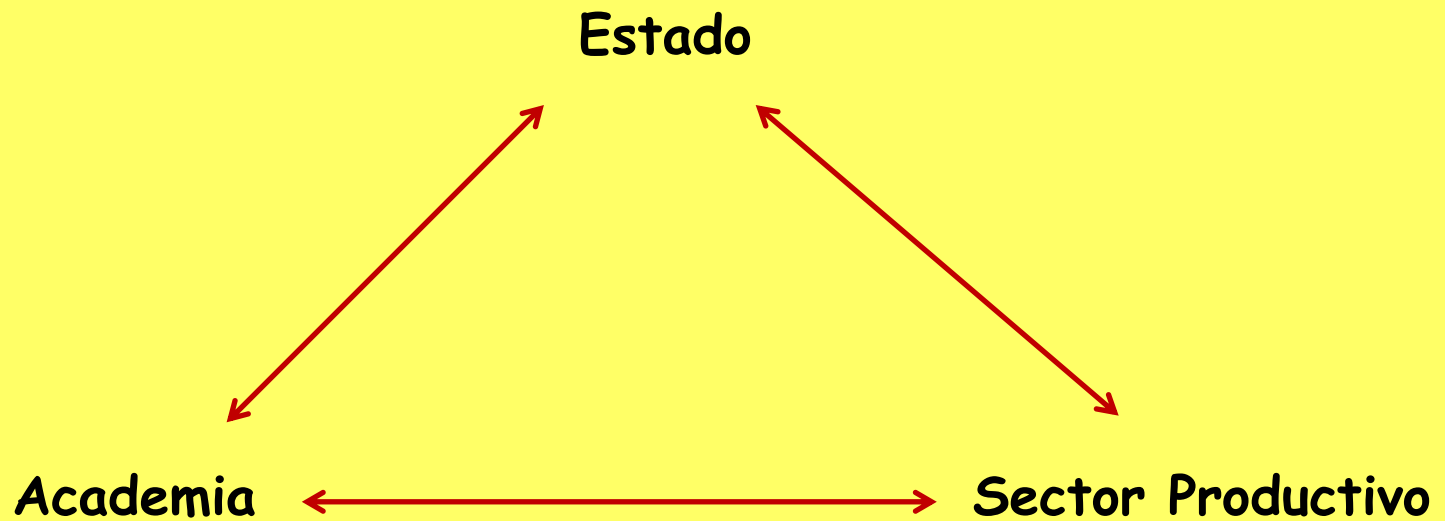




¿Cuál podría ser nuestra estrategia de país?

¿Cuál podría ser nuestra identidad o imagen de país?

El modelo ideal: el triángulo de Sábato



¿Quiénes somos, qué tenemos?

- 1) País con fuerte imagen/identidad ambiental, > 50% en bosques y en aumento.
- 2) País de bosques y propiedades pequeñas.
- 3) Tierra y Mano de Obra cara, pero educada.
- 4) La madera proviene principalmente de plantaciones.
- 5) Tradición en capacidad de organización rural, cooperativas, modelo el café.
- 6) Industria de artesanía y mueblería relativamente establecida.

A manera de propuesta de lineamientos estratégicos, ¿política?

- 1) Educar a la población en el concepto de MANEJO DEL RECURSO FORESTAL.
- 2) Filosofía de "Small Scale Forestry" (PYMES, tecnología).
- 3) Cultivo de maderas de alta calidad (maderas Gourmet) + productividad, incorporando alta tecnología, EN SAF y generador de riqueza.
- 4) Desarrollo de productos de madera para mercados selectos (al estilo café Britt).
- 4) Fomento de modelos asociativos y de encadenamiento (cooperativas, trío: dueño de tierra + industrial + financiero).
- 5) Impulsar el uso de la Huella de Carbono en todo producto de consumo nacional.

Alianza: Café y madera

Olman Murillo, TEC

Yorleny Badilla, TEC

Henry Castillo, Coopeatenas

Wilfredy Vargas, Coopeatenas

Paul Montoya, Coopevictoria

Luis Salazar, CoopeAgri, P.Z.

Donald Córdoba, CoopeAgri, P.Z.

Víctor Julio Vargas, ICAFE

¿Por qué establecer una alianza entre el café y el cultivo de madera?

- La caficultura nacional registra continuamente crisis producto de precios bajos y el efecto de enfermedades (roya, ojo de gallo, otras).
- Más de 80 000 has de café existen en el país.
- Café con sombra tiene beneficios ambientales y en la producción de café de algunas variedades
- Oportunidad de producir madera de alta calidad en los cafetales:
 - 1) aumentar el valor socio económico para el caficultor;
 - 2) más especies + más servicios ambientales.
- ¿Dónde se ubica la mayoría de ebanisterías y mueblerías del país?, ¿cuáles maderas utilizan?

Contribuir con el NAMA Café
(compromiso país para reducir
emisiones de gases efecto
invernadero)

Oportunidad de desarrollar una
silvicultura para mejorar el SAF
Café + Madera

Utilizar la experiencia, la
cultura y el espacio de los
árboles de poró y guaba



Algunas preguntas

iniciales

¿Hasta que altitud
plantar cada especie?

¿Por qué no incluir
rompevientos
maderables?

1) < 1000

2) 1000 a 1400

3) > 1400



En el 2017 se iniciaron primeras experiencias de silvicultura en CoopeVictoria, Grecia, 1200 msnm Coopeagri (Pérez Zeledón) tenía ya 17 años de experiencia con cedro + café

Laurel
Almendro
Cedro amargo
Guanacaste
Cenízaro
Pilón
Melina

- 1) Mejora Genética
- 2) Poda
- 3) Descopa
- 4) Raleo



Algunas preguntas iniciales

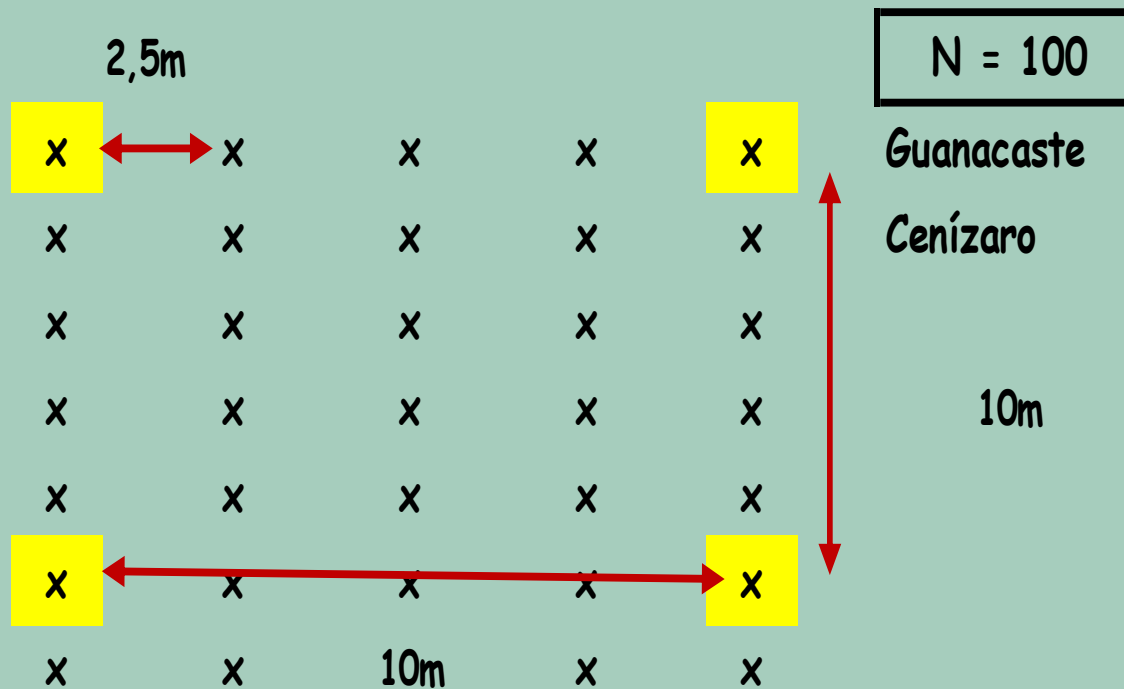
¿Distancia de siembra?, ¿tipo de sombra de cada especie?

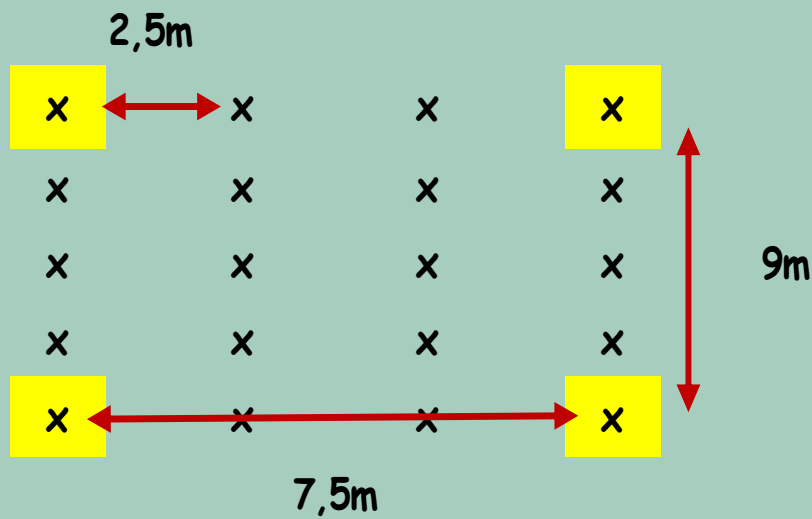
Fuimos muy conservadores, 8 x 8m, 10 x 10m

Los caficultores nos pidieron mayor densidad, migramos a 6 x 6m (aproximadamente $N = 270/\text{ha}$)



Café nuevo





7,5m x 9m
N = 148

Laurel

Cedro

Caoba

Almendra

Pilón

Melina

Algunas preguntas iniciales

¿Posibilidad de reducir la copa como se hace con poró y guaba?. Esto nos permitiría:

a) mayor densidad de árboles, b) producir más madera, c) fijar más carbono



Algunas preguntas iniciales

¿Posibilidad de
plantar más denso
para provocar
raleos con ingresos
más tempranos?



Algunas preguntas iniciales

¿Hasta que altitud
plantar cada especie?

¿Por qué no incluir
rompevientos
maderables?

- 1) < 1000
- 2) 1000 a 1400
- 3) > 1400



Pocas experiencias en desarrollar una Silvicultura de SAF Café con maderables

INISEFOR (UNA)
desarrolla trabajos
sobre producción de
madera de cedro en
cafetales en
CoopeAgri, Pérez
Zeledón (González
et al 2017)

Numerosos
trabajos en CATIE
similares con cedro,
laurel y otros

Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Julio-Diciembre, 2020) 17 (41): 68-77



ISSN 2215-2504

DOI: 10.18845/rfmk.v17i41.5287

Aporte económico de la madera de cedro (*Cedrela odorata* L.) como árbol de sombra en cafetales de Pérez Zeledón, Costa Rica

Economic contribution of cedar wood (*Cedrela odorata* L.) as a shade tree in coffee
plantations in Pérez Zeledón, Costa Rica

Sergio Calvé Jarque¹  • Olman Murillo²  • Donald Córdoba³  • Luis Salazar³ 

Recibido: 29/10/2019

Aceptado: 5/05/2020


Publicado: 28/07/2020

Abstract

The study determined the economical contribution of cedar wood (*Cedrela odorata* L.) in agroforestry systems with coffee in Costa Rica. 26-coffee farms associated to CoopeAgri R.L. in Pérez Zeledón county. Cedar has been planted as a shade tree in coffee production areas in this county, with an average density of 214 trees/ha, which corresponds to a 7x7 m spacing, but it varies from 70 to 700 trees. Cedar in coffee plantations registers a growth rate of 2.5 cm/year in diameter, which allows it to reach 40 cm in dbh at 16 years of age. Planting cedar in coffee areas produce economical incomes from wood sales of approximately \$ 5000ha⁻¹ and a total commercial volume of 100 m³ha⁻¹ in 16 years. From this amount 60 % has commercial value for sawmill industry in its 6 m merchantable stem. Meanwhile, fuelwood represents 35 % of total volume, but only 8 % of the total tree value.

Aporte económico de la madera de cedro como árboles de sombra en cafetales de Pérez Zeledón (Rev. For. Mesoam. Kurú, 2020 Jarqué, Murillo, Córdoba, Salazar)

Edad (N)	DAP (cm)	Vol. Com. Aserrío (m ³ ha ⁻¹)	Vol. Com. Tarima (m ³ ha ⁻¹)	Vol. Com. Leña (m ³ ha ⁻¹)	Vol. Com. Total (m ³ ha ⁻¹)	Valor Total (\$ha ⁻¹)
4 (267)	11,46	0	0	9,02	9,02	152
8 (267)	15,54	0	5,51	13,24	18,74	433
12 (160)	29,67	23,90	0,0	18,32	43,20	2285
16 (160)	40,49	65,00	0,0	57,70	122,70	7230



Hablemos de cómo hacer la
descopa


Altura

Herramienta

Frecuencia

¿necesario en todas las especies?






Hablemos de la posibilidad de
raleos

¿A qué edad?

Necesidad de sincronización con
las podas del café

¿Cómo hacemos para no reducir
drásticamente la sombra?




Hablemos del ciclo de la madera y del café

El café tiene un ciclo de unos 20-25 años.

5-6 años en melina, 10-12 años el laurel, 15-20 años el almendro y otras maderas como pilón, cenízaro, guanacaste.

Necesidad de sincronizar el raleo y la cosecha de los árboles con:

- a) Podas del café
- b) La necesidad de mantener una capacidad de sombra permanente (siembra intercalada previa a la cosecha)



El reto:

Desarrollar una cultura de cultivo de madera asociada con la producción de café

Mejorar la calidad de vida de los productores de café

Trabajos en marcha:

- 1) Modelo de costos del cultivo de madera en SAF café.
Análisis financiero de la producción de madera.
- 2) Mejoramiento genético de las especies maderables asociadas al SAF Café
- 3) Estimación del crecimiento y rendimiento de la madera
- 4) Optimización de la poda, descopa y raleo de los árboles