



MÓDULOS DE CAPACITACIÓN

para el escalamiento de
sistemas agroforestales (SAF)
con cacao en la Orinoquia

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria



Biocarbono

Paisajes sostenibles bajos en carbono



Módulos de capacitación para el escalamiento de sistemas agroforestales (SAF) con cacao en la Orinoquia

Salvador Rojas González

Yeferson A. Moreno Guerra

Sandra Xiomara Pulido Castro

Argenis Mora Garcés

Luis Enrique Ramírez Chamorro

José Eduardo Rojas Carrillo

Ruth Juliana Rojas Idárraga

Jorge Humberto Argüelles Cárdenas

Allende Pesca Moreno

Jessica Moreno Barragán

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Colección Alianzas AGROSAVIA

2025

Módulos de capacitación para el escalamiento de sistemas agroforestales (SAF) con cacao en la Orinoquia / Salvador Rojas González [y otros nueve] - Mosquera (Colombia): AGROSAVIA, 2025.

198 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)

Incluye gráficos y tablas.

ISBN: 978-958-740-826-3

ISBN e-Book: 978-958-740-827-0

1. *Theobroma cacao* 2. Sistema agroforestal 3. Análisis del suelo 4. Carbono 5. Producción 6. Medio ambiente 7. Agroclimatología 8. Cultivo 9. Agricultura sostenible.

Palabras clave normalizadas según Tesouro Multilingüe de Agricultura - Agrovoc

Catalogación en la publicación - Biblioteca Agropecuaria de Colombia

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Sede Central. Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera. Código postal 250047, Colombia.

Centro de Investigación La Libertad, Kilómetro 17 vía Puerto López-Meta, Meta. Código postal 502007, Colombia.

Esta publicación forma parte de los resultados del contrato de consultoría 058 de 2022 suscrito entre la Sociedad Fiduciaria de Desarrollo Agropecuario - Fiduagraria S. A. en calidad de mandataria del MADR y el APCA AGROSAVIA-Fedecacao en virtud del contrato de encargo fiduciario 20180570.

Colección: Alianzas AGROSAVIA

Tipología: Cartilla

Fecha de recepción: 19 de febrero de 2024

Fecha de evaluación: 15 de marzo de 2024

Fecha de aceptación: 12 de diciembre de 2024

Primera edición: 1.000 ejemplares

Impreso en Bogotá, Colombia, agosto de 2025

Autores

Salvador Rojas González

Yeferson A. Moreno Guerra

Sandra Xiomara Pulido Castro

Argenis Mora Garcés

Luis Enrique Ramírez Chamorro

José Eduardo Rojas Carrillo

Ruth Juliana Rojas Idárraga

Jorge Humberto Argüelles Cárdenas

Allende Pesca Moreno

Jessica Moreno Barragán

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA

editorial@agrosavia.co

Líder editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición: Verónica Barreto Riveros

Diseño y diagramación: Kilka Diseño Gráfico

Impresión: DGP Editores

Citación sugerida: Rojas González, S., Moreno Guerra, Y. A., Pulido Castro, S. X., Mora Garcés, A., Ramírez Chamorro, L. E., Rojas Carrillo, J. E., Rojas Idárraga, R. J., Rojas, J. E., Argüelles Cárdenas, J. H., Pesca Moreno, A., & Moreno Barragán, J. (2025). *Módulos de capacitación para el escalamiento de sistemas agroforestales (SAF) con cacao en la Orinoquia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7408270>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Presidente de la República de Colombia

Gustavo Francisco Petro Urrego

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)

Martha Viviana Carvajalino

Ministra de Agricultura y Desarrollo Rural

Polivio Leandro Rosales Cadena

Viceministro de Desarrollo Rural

Geidy Xiomara Ortega Trujillo

Viceministra de Asuntos Agropecuarios

Santos Alonso Beltrán Beltrán

Director de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Lena Yanina Estrada

Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Mauricio Cabrera Leal

Viceministro de Políticas y Normalización Ambiental

Lilia Tatiana Roa Avendaño

Viceministra de Ordenamiento Ambiental del Territorio

María Saralux Valbuena López

Directora de Cambio Climático y Gestión del Riesgo

Proyecto Biocarbono Orinoquia

Iván Darío Gómez Guzmán

Coordinador Nacional del Proyecto

Fabián Mauricio Gerena Reina

Líder del componente Planeación Integrada del Uso del Suelo y Gobernanza para el Control a la Deforestación

Daniel Alberto Aguilar Corrales

Fernando Leyva (2023)

Líder componente Uso y Manejo Sostenible del Suelo

Johana Talina Lugo Rosero

Líder del componente Definición del Programa de Reducción de Emisiones (PRE) y de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV)

Juan David Turriago

Redactor ERPD

Javier Rodríguez Dueñas

Coordinador Regional

Lilia Patricia Arias Duarte

Gestor Senior Seguimiento y Monitoreo

Pedro Miguel Salazar

Susana Sandoval González

Lucía Salcedo Quevedo

Mónica Monsalvo Torres

Especialistas

Edwin Fernando Forero Palomino

Consultor y supervisor del contrato

Natalia Andrea Niño Pinilla

Estiven Rojas Roncancio

Profesionales SIG

Gandy Alarcón Montero

Asesor jurídico

Fabián Peña

Juliana Fonseca

Equipo de Comunicaciones

Entidades Socias



Agricultura



Ambiente



Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

Asesora



Departamento Nacional
de Planeación - **DNP**

Apoyan



Agencia Presidencial de
Cooperación Internacional
de Colombia - **APC Colombia**



NORECCO
Nodo Regional
de Cambio Climático
Orinoquia

*El proyecto hace parte de la iniciativa Paisajes Forestales
Sostenibles (ISF) del Fondo Biocarbono*



BioCarbon Fund
Initiative for Sustainable Forest Landscapes



Foto: Salvador Rojas

Contenido

Glosario	9
Siglas y acrónimos	13
Introducción	15
Módulo 1.	
Planificación de los sistemas agroforestales (SAF) de cacao bajos en emisiones de carbono	17
Importancia de planificar los SAF en el largo plazo	19
Ventajas de la agroforestería con cacao	20
Sombra del cacao	20
Mejoras en la salud del suelo	20
Manejo eficiente del agua en el SAF	21
Conservación y aumento de la biodiversidad	22
Ingresos adicionales al cacao	22
Pago por servicios ecosistémicos	23
Gestiones en la planificación	24
Capacidad sociocultural y económica	24
Gestión local de información climática	24
Selección del suelo o sitio del cultivo	25
Planificando la selección de especies forestales	28
Diseños agroforestales de acuerdo con el modelo 3S	31
El modelo 3S	32
Diseños que se pueden encontrar en SAF de cacao	33
Estrato aéreo de los árboles en sistemas multiestrata	34

Distancia entre el árbol y el cacao (cinco años)	34
Uso de calles amplias entre cacao y árboles (aprovechamiento de espacios)	35
Densidad de árboles y orientación de los surcos (aprovechamiento de luz - estratos)	35
Guías de aprendizaje para la planificación de los sistemas agroforestales (SAF) de cacao bajos en emisiones de carbono	36
Guía 1.1. Ventajas de la agroforestería o sistemas agroforestales (SAF)	37
Guía 1.2. Planeación a largo plazo de los SAF de cacao bajos en carbono	40
Sistema Agroforestal	46
Guía 1.3. Selección de especies asociadas al cacao en el SAF	58
Guía 1.4. Diseño de los SAF de cacao con las especies seleccionadas	64
Guía 1.5. Anexo. Aprovechamiento de especies maderables	82
Módulo 2.	
Mejoramiento técnico del SAF de cacao bajo en carbono	87
Manejo de cacao climáticamente inteligente	89
Mejorando ingresos	89
Selección adecuada de clones de aroma y sabor, y selección de clones compatibles	90
Siembra en bloques que facilite la cosecha y poscosecha en forma adecuada	92
El adecuado manejo de las podas	92
Mejoras en la polinización	95
Los controles preventivos, precisos y a tiempo de plagas y enfermedades	95
Mantenimiento y mejoramiento de la salud del suelo	96
Mitigación del cadmio en el suelo y en el grano	97
La adecuada cosecha y poscosecha del grano	99
Rehabilitación y renovación de árboles viejos o modernización de cacao	99
Rehabilitación de plantaciones de cacao	99
Renovación de plantaciones de cacao	100
Beneficios de la modernización de la cacaocultura para productores y el medio ambiente	102
Guías de aprendizaje para el mejoramiento técnico del SAF de cacao bajo en carbono	103
Guía 2.1. Cacao SAF climáticamente inteligente	104
Guía 2.2. Podas del cacao y de los árboles	111
Guía 2.3. Producción de abonos orgánicos	115
Guía 2.4. Anexo: certificación ICA de BPA	123

Módulo 3.	
Desarrollo de SAF de cacao bajos en carbono: disminuyendo emisiones y aumentando captura de CO₂	127
Gestión en los SAF con cacao para reducir las emisiones de dióxido de carbono	129
Gestión en los SAF con cacao para incrementar las reservas de dióxido de carbono	132
Guías de aprendizaje para el desarrollo de SAF de cacao bajos en carbono: disminuyendo emisiones y aumentando captura de CO₂	137
Guía 3.1. Estrategias para incrementar las reservas de carbono y reducir las emisiones de dióxido de carbono en los sistemas agroforestales con cacao	138
Módulo 4.	
Retos e incentivos para el escalamiento de SAF de cacao bajos en emisiones de carbono	151
Retos para el escalamiento de los SAF de cacao bajos en emisiones de carbono	152
Retos técnicos	152
Retos socioculturales	154
Incentivos financieros y no financieros que permitirían mejorar el escalamiento de los SAF con cacao bajos en emisiones de carbono	155
Capacitaciones y orientación técnica	157
Incentivos económicos	160
Relevo generacional y opciones de mano de obra con otros negocios sostenibles de la cadena	165
Empresas de productos o servicios	166
Guías de aprendizaje sobre los retos e incentivos para el escalamiento de SAF en cacao bajos en emisiones de carbono	170
Guía 4.1. Retos, problemas, incentivos y posibles soluciones que facilitan el escalamiento de SAF de cacao bajos en carbono	171
Guía 4.2. Niveles de decisión para facilitar el escalamiento de SAF de cacao bajos en emisiones de carbono	183
Guía 4.3. Empresas locales tecnificadas de jóvenes (ELTJ) para el escalamiento de SAF bajos en emisiones de carbono	187
Referencias	192
Autoría	195

Glosario

Acopio: punto de almacenamiento temporal del fruto o subproductos del sistema agroforestal.

Agricultura climáticamente inteligente: enfoque de la agricultura en la eficiencia y sostenibilidad, para mejorar ingresos alcanzando un buen desarrollo y garantizar la seguridad alimentaria en el contexto del cambio climático.

Agroturismo: opción que viene acompañada de la agricultura para atraer personas ajenas a la finca, generando ingresos a través de visitas, guías, experiencias, alimentación, víveres y demás productos o servicios que genere la agricultura.

Atmósfera: capa que contiene gases y cubre el planeta Tierra.

Aviturismo: opción de ecoturismo donde se busca hacer observaciones de aves en su entorno natural, con el objetivo de aprender, conocer e identificar especies.

Biodiversidad: diversidad y variedad de especies y organismos terrestres o acuáticos, junto con la riqueza de sus ecosistemas.

Biomasa: material orgánico vegetal vivo presente en una especie o ecosistema.

Biosfera: capa viva que rodea el planeta Tierra, encargada de mantener las condiciones favorables para el desarrollo de todas las especies.

Cadena de valor: modelo que permite describir todas las actividades necesarias para obtener y dar un producto o servicio.

Cadena trófica: unión de ciertas especies u organismos que tienen en común una relación alimentaria entre sí.

Carbono: elemento químico abundante en la Tierra, presente en el suelo, el aire, el mar y los seres vivos.

Clima: descripción numérica del tiempo atmosférico.

Compradores de carbono: personas o empresas que buscan mitigar, por medio de compensación ambiental, el daño que causan al clima por la emisión de gases de efecto invernadero.

Densidad: cantidad de individuos por un área específica (metro cuadrado o hectárea).

Dióxido de carbono: gas que absorbe la radiación solar, manteniéndola en la atmósfera y aumentando el calentamiento en la Tierra.

Dosis: cantidad de un producto utilizado o empleado en una labor agrícola.

Ecoturismo: tipo de turismo amigable con el medio ambiente y sostenible, desarrollado en zonas de bosque o ruralidad.

Egresos: todo gasto que se genere dentro de la finca a raíz del mantenimiento o producción de un cultivo o sistema agroforestal.

Emisiones: gases liberados a la atmósfera por la finca o cualquier fuente que pueda hacerlo, de forma directa o indirecta, producto de una actividad, consumo o acumulación.

Erosión: movimientos o consecuencias naturales de origen químico o biológico que sufre el suelo al desgastarse a través del tiempo.

Escalamiento: oportunidad para mejorar una situación o condición actual.

Estrato: clasificación que se le da a una especie forestal según su altura en metros.

Fertilizante: mezcla química natural o sintética que trae nutrientes para la planta.

Fijación de carbono: conversión del carbono inorgánico en compuestos orgánicos a través de procesos como la fotosíntesis.

Fitosanitario: relativo a la salud de la planta, para prevenir y tratar diversas enfermedades o plagas que pueden llegar a ella.

Gas(es) de efecto invernadero: gas o gases que quedan en la atmósfera y crean un efecto invernadero, generando un calentamiento que aumenta la temperatura de la Tierra. El dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O) y el metano (CH₄) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre.

Gestión: en esta cartilla, la gestión del suelo, el clima y el agua hace referencia al manejo de criterios y características para tomar decisiones de selección y manejo del recurso.

Gestión documental: actividades técnicas y administrativas dirigidas a planear, manejar y organizar la documentación que genera y recibe una finca, desde su origen hasta el presente, para facilitar su consulta, utilización y conservación.

Hábitat: lugar donde puede vivir y desarrollarse un organismo o especie.

Hojarasca: todo el material vegetal caído y que forma una capa sobre el suelo.

Indiscriminado: que no hay o no existe una diferenciación o selección previa que sirva de criterio para justificar su uso o gasto.

Inocuidad: garantía de que no existen riesgos para la salud durante un proceso o actividad que involucra la preparación, distribución o almacenamiento de alimentos.

Macroorganismos: organismos vivos visibles al ojo humano.

Masiva: que suele presentarse de forma seguida, continua o recurrente y, casi siempre, a gran escala.

Mercados de carbono: tipo de negocio de servicios ecosistémicos en donde empresas y personas pueden comprar o vender procesos que ayudan a disminuir los gases de efecto invernadero a través de la captura de CO₂ y el almacenamiento de carbono.

Microorganismos: virus, bacterias, hongos, protozoos o cualquier organismo que no es visible a simple vista, sino por microscopía.

Monocultivo: espacio de suelo en donde se encuentra sembrada una única especie agrícola.

Multiestrata: acomodación o agrupación de especies en diferentes estratos.

Nicho ecológico: forma de vida que tiene una especie para sobrevivir en las condiciones dadas por el hábitat, con los recursos y competidores asociados.

Niveles de tolerancia: capacidad que tienen los individuos de una especie de soportar la dosis de uso de un agroquímico.

Reforestación: siembra de árboles en áreas que han perdido su cobertura boscosa, ya sea por actividades humanas o fenómenos naturales.

Sistema agroforestal: arreglo de especies forestales y frutales, asociadas dentro de un cultivo agrícola.

Sistema productivo: conjunto de procedimientos que hacen que una materia prima se transforme en un producto apto para consumo.

Sistemas radiculares: distribución de las raíces en el suelo.

Sumidero: depósito natural de almacenamiento.

Surco: línea sobre el suelo usada para la siembra de especies.

Tasas de cambio: unidades de carbono que se requieren para llegar a comercializarlo dentro del mercado del carbono. Por lo general, se paga por tonelada de carbono y su precio varía cada año.

Trazabilidad: tareas e instrucciones de registro para identificar un producto o alimento.

Vertimiento: destino final que se le da a un compuesto, sustancia o elemento, al derramarse y llegar a un cuerpo de agua, alcantarillado o suelo.



Foto: Salvador Rojas

Siglas y acrónimos

Agronet	Red de Información y Comunicación Estratégica del Sector Agropecuario
BPA	buenas prácticas agrícolas
CTA	Centro Tecnológico Agroforestal
EPP	elementos de protección personal
GEI	gas(es) de efecto invernadero
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
Ideam	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
MO	materia orgánica
MTA	Mesa Técnica Agroclimática
SAF	sistema(s) agroforestal(es)



Salvador Rojas

Introducción

A través de esta publicación, organizada en cuatro módulos, se pretende contribuir al fortalecimiento de capacidades tecnológicas y productivas que contribuyan a la generación de una cultura alrededor de la producción del cacao bajo en carbono, en la que el árbol no sea solamente un factor de sombra, sino también un componente que brinda estructura y función al sistema productivo, generador de interacciones eficientes con los otros componentes que definen los agroecosistemas y paisajes.

En el primer módulo se expone la importancia de la planeación en el largo plazo de los sistemas agroforestales (SAF) de cacao y del análisis en la toma de decisiones para la escogencia de los suelos, la gestión local de la información climática y el agua, así como la adecuada selección del árbol y de diseños que contribuyan a una buena producción del sistema.

El segundo es un módulo que orienta cómo manejar los nuevos cultivos planificados y los ya establecidos, con base en una agricultura sostenible, con un manejo más eficiente de los clones, del suelo, del agua, y con buenas prácticas agrícolas y agroforestales que generen mayores ingresos.

En el tercero se indica cómo hacer que los SAF minimicen los efectos sobre el ambiente. Se presentan prácticas que contribuyen a contaminar menos, reducir emisiones y mejorar la captura de carbono y la regulación del clima, el agua y la salud del suelo.

En el cuarto módulo se hace énfasis en los retos e incentivos para escalar este tipo de tecnologías, con el fin de promover la adopción de SAF de cacao bajos en carbono.

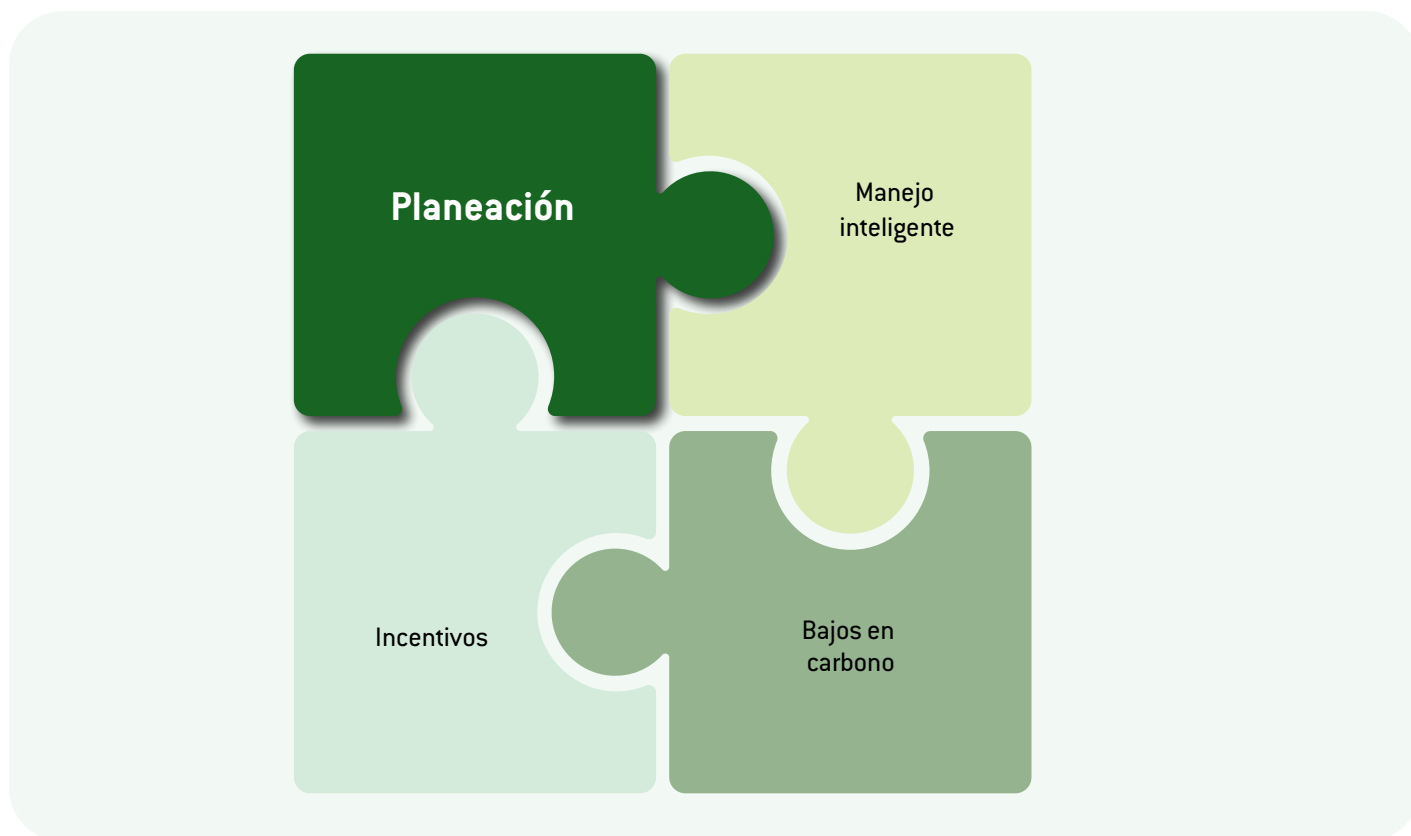


Foto: Salvador Rojas



Módulo 1.
Planificación de los sistemas
agroforestales (SAF) de cacao
bajos en emisiones de carbono





Para el establecimiento y gestión de un sistema agroforestal en cacao bajo en carbono se propone tener un **plan de finca** como herramienta que permite proyectar en el corto, mediano y largo plazo (25 a 30 años) las **metas** de los productores. Este plan constituye la línea en el tiempo, que comienza con la planeación y el establecimiento del sistema a partir del cual el productor y su familia, junto con el extensionista o asistente técnico agropecuario, identifican las metas, definen los objetivos y programan las actividades, el acompañamiento de los avances y el análisis del aprendizaje.

La planificación de cacao en agroforestería propuesta por algunos productores líderes en el pasado es hoy muy útil para perfeccionar y difundir los avances y retos que nos permiten prepararnos para atender las exigencias de mercados como el europeo, los cuales favorecen los criterios de sostenibilidad (sociales, económicos y medioambientales) de estos sistemas.

Aunque hay muchas fincas ya plantadas en las que no se tuvieron en cuenta algunos aspectos de la planificación, en estos módulos se incluyen elementos que permitirán tomar decisiones para hacer ajustes de ordenamiento de la finca con áreas de bosque, áreas de protección y las áreas con mejores condiciones para agricultura. Seguramente, en muchas

fincas la planificación de hoy nos obligará a mover algunos cultivos, renovar o modernizar copas con mejores clones, reemplazar árboles y hacer mejoras en diversas actividades que serán contempladas en estos módulos.

Importancia de planificar los SAF en el largo plazo

Además de los sistemas agropecuarios, en las fincas se aconseja destinar áreas de bosque para diferentes usos, como la obtención de productos no maderables (látex, aceite, medicinas, ornamentales, miel, fibras, colorantes y semillas), la protección y refugio de fauna y flora, y actividades para el ecoturismo. En todos los casos, deben considerarse elementos de planificación de la finca y del sistema SAF para que estas actividades en áreas de bosque o de reforestación sean complementarias con las de producción de cacao en SAF.

Sembrar árboles protege las quebradas, sirve de barrera rompevientos, conserva las áreas en riesgo de erosión, mejora el confort de la casa, provee frutas para la familia y los animales, y embellece el paisaje.



En el caso del cacao, **la agroforestería es la combinación de árboles con cacao en diferentes formas, que van desde un sistema rústico con muchos árboles dispersos hasta sistemas más ordenados de hileras de árboles con cacao.**

El cacao, en su origen, está asociado a sistemas de selva interactuando con otras especies. La simulación ordenada de condiciones similares requiere de una **planificación agroforestal** en el largo plazo de unos **20 a 30 años**, con acciones diferenciadas en periodos de tiempo. Al ser una especie que por naturaleza requiere sombra, si sembramos el cacao sin sombra es posible que tengamos un aumento en la producción en los primeros años, pero este sistema monocultivo genera un desgaste fisiológico en la planta que puede causar una menor durabilidad del cultivo. Por el contrario, **las hojas del cacao en un**

SAF tienen una vida más larga al reducir su exposición a la radiación solar (Niether et al., 2020). Generalmente, el estrés que tiene el cacao sin sombra debe ser compensado con un mayor uso de insumos externos, como fertilizantes y agua de riego, con mayor énfasis en la época seca, por lo que se requiere una inversión económica que muchos pequeños productores no pueden sostener.

Ventajas de la agroforestería con cacao

Hoy existen muchos debates sobre la conveniencia de tener sistemas agroforestales versus sistemas de monocultivo. Es importante entender que los SAF tienen unas ventajas adicionales a solo proveer sombra al cacao, como el aumento de la biodiversidad de aves e insectos en la parte aérea y de microorganismos y otros organismos en el suelo, el mejoramiento de la salud del suelo y la gestión del agua, que puede reducir las necesidades de riego adicional. Además, los árboles que acompañan al cacao contribuyen al **balance de carbono**, a reducir emisiones y a **capturar una mayor cantidad de CO₂**. Otros beneficios de estos sistemas pueden ser la incorporación de nitrógeno al suelo por parte de especies leguminosas, la provisión de agua, el agroturismo y la posibilidad de generar ingresos adicionales a las familias productoras, gracias a los diferentes productos de las especies arbóreas asociadas al cacao.

A continuación, se relacionan las principales ventajas de los SAF con cacao.

Sombra del cacao

Tradicionalmente, el mayor beneficio que se reporta de la agroforestería en cacao es la sombra que producen los árboles y que favorece al cacao. El cacao es una especie C3, es decir que requiere más tiempo para realizar los procesos de fotosíntesis. Por eso, las plantas de cacao son **sensibles a la intensidad lumínica** fuerte causada por el sol, lo que puede estresar a las plantas, ocasionar lesiones a las hojas y a los frutos, y facilitar el ataque de ciertos insectos chupadores. Este servicio es diferenciado de acuerdo con la edad de la planta y de factores ambientales como el brillo solar; por eso, aunque la sombra es necesaria, debe planearse para las zonas de cultivo y en los porcentajes adecuados.

Mejoras en la salud del suelo

Otra de las ventajas reportadas del uso de SAF en el mundo es el efecto sobre la salud del suelo, gracias a la protección con la sombra de los árboles y la hojarasca, y al incremento

de su biodiversidad. Esta cobertura actúa como barrera protectora contra los problemas de erosión generados por el golpe de la lluvia y la escorrentía sobre la superficie del suelo, y como capa reguladora de las altas temperaturas del suelo, evitando las pérdidas de humedad o evaporación por la acción de los rayos del sol.

En el caso del cacao, la abundancia de hojarasca y ramas, tanto de los árboles forestales como del cacao, se descompone y va creando un ambiente que facilita el crecimiento y desarrollo de un rico sistema radicular y permite la llegada y el desarrollo de macro y microorganismos, y además va incorporando **materia orgánica** a través del tiempo e incrementando los **stocks de carbono en el suelo**. Este mejoramiento del hábitat de muchos de estos microorganismos y organismos puede impactar positivamente las condiciones físicas y biológicas del suelo, por ejemplo, en el movimiento de ciertos nutrientes hacia las raíces, en la gestión del agua y el aire, y en la entrada de elementos nutricionales a las raíces.

Manejo eficiente del agua en el SAF

Desde el punto de vista fisiológico, la sombra del árbol sobre el cacao en el SAF puede disminuir la temperatura de la hoja, lo cual reduce la fotorrespiración (Huang et al., 2016) y por ende la posibilidad de estrés hídrico. Además, los árboles que se asocian con cacao ayudan a **proteger las fuentes de agua, disminuir la erosión, mantener la humedad del suelo disponible para las plantas y regular la humedad relativa**, que se recicla y sirve de reservorio al sistema que la usa o gasta en el momento en que las temperaturas aumentan o empiezan las sequías cortas.

La gestión del agua en los SAF reduce la necesidad de riego y, por consiguiente, los costos de producción. Esto influye en la huella hídrica del cultivo, una medida poco exigida en Colombia, pero que es clave en algunos mercados internacionales.



Conservación y aumento de la biodiversidad

El aumento de la biodiversidad de árboles asociados con cacao puede ser valioso porque permite la entrada de más polinizadores para el cacao, lo que podría verse reflejado en **un incremento de la producción de mazorcas**. También se pueden tener controladores biológicos, tanto depredadores y parasitoides, que como parte de su cadena trófica disminuyen el daño de algunas plagas del cultivo. Adicionalmente, **los SAF con diversidad de árboles aumentan las poblaciones de aves**, pues les proveen alimento y hábitat.



El aumento de fauna y aves disminuye la presión sobre las mazorcas de cacao y promueve las actividades de ecoturismo y aviturismo en la finca, con lo cual pueden obtenerse sellos como el Bird Friendly u otros certificados que se transforman en ganancias para las familias.

Ingresos adicionales al cacao

El modelo 3S (sobrevivencia, suficiencia y sostenibilidad) promueve el uso de diferentes especies que generen ingresos adicionales al cacao en diferentes épocas del cultivo (figura 1).

Según las especies, así mismo serán los ingresos. En países de Centroamérica, algunos árboles aptos para la sostenibilidad como cedro [*Cedrela odorata* (L.) Gaertn.], caoba [*Swietenia macrophylla* (King)] y ceiba [*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.] registran un buen valor en el mercado de la madera nacional e internacional.

Se pueden tener modelos intercalados (cacao con una especie) o multiestrata (cacao con varias especies). En el modelo intercalado se reporta el retorno de la inversión, que se

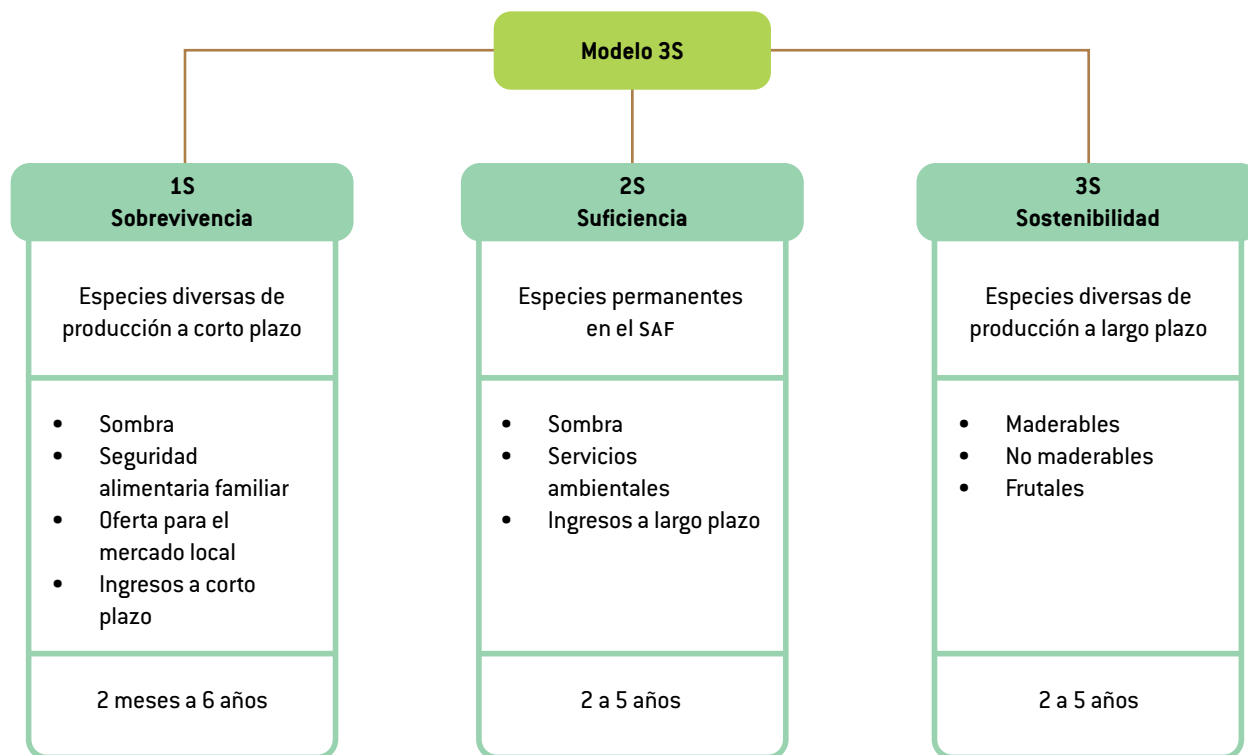


Figura 1. Modelo 3S.

Fuente: Elaboración propia con base en Rojas et al. (2019)

alcanza cinco a seis años después de la inversión inicial, y en el modelo multiestratificado, a los seis a ocho años después de la inversión inicial. Sin embargo, **el modelo multiestratificado es más rentable a largo plazo que el intercalado**, y su margen se vuelve superior frente al modelo intercalado después de 15 años. En otros estudios realizados en Honduras, se indica que a largo plazo los cultivos de cacao con solo sombra tuvieron ingresos de 82 mil Lps. proyectados a 19 años, versus tres sistemas SAF con especies comerciales como rambután, que tuvo 4,8 veces más ingresos; el laurel, 7,6 veces, y el cedro, 10,2 veces (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola [FHIA], 2006).

Pago por servicios ecosistémicos

Los árboles en un SAF almacenan carbono, que se ha convertido en un nuevo producto de las fincas. Actualmente, existen protocolos, acuerdos y convenios en los cuales están incluidos diversidad de países, y que buscan **generar oportunidades para que los productores mejoren el ambiente y ganen dinero por hacerlo**. Los árboles absorben el dióxido de

carbono (CO₂) de la atmósfera, lo almacenan en su biomasa (troncos, raíces, ramas, hojas) y emiten oxígeno. Por eso, tomar el CO₂ a través de la plantación y con un buen manejo de árboles es una forma de servicio ambiental. Se reportan cifras de carbono acumuladas de 150 a 250 t/ha en bosques, de 60 a 150 t/ha en sistemas agroforestales e inferiores a 10 t/ha en monocultivos (Jadán et al., 2015; Pocomucha et al., 2016; Saj et al., 2017). En el mercado del carbono existen compradores que pagan para que el productor mantenga durante muchos años la producción de carbono mediante la captura de CO₂. Este es el servicio que puede ofrecer la finca a través de los SAF de cacao con árboles. Para poder venderlo, el carbono capturado debe ser cuantificado y certificado, con el fin de garantizar que los árboles que se sembraron están creciendo según un previo contrato establecido.

Gestiones en la planificación

La planeación de los SAF de cacao bajos en carbono requiere de **inversiones de largo plazo** y muchos de los éxitos del futuro van a depender de hacer muy bien las cosas al comienzo. La capacidad sociocultural y económica del productor, la información sobre el clima local, la selección del suelo donde se hará la plantación, la adecuada escogencia del árbol que acompañará por lo menos durante 30 años al cacao y el diseño de siembra junto al cacao son claves para aprovechar las ventajas de la agroforestería.

Capacidad sociocultural y económica

En un proceso de planificación de largo plazo de agroforestería de cacao baja en carbono, lo primero que se requiere es la participación y la disposición de los agricultores y técnicos para modificar procesos tradicionales, incorporar nuevas prácticas y concebir el SAF de manera integral. Estos cambios en las políticas, los técnicos, los gremios y los agricultores facilitarán mucho la planeación. Adicionalmente, debemos considerar aspectos como **conocimientos técnicos del cultivo, disponibilidad de mano de obra y análisis de los recursos necesarios**. Aunque es complejo planear al detalle para un periodo largo, sí debemos considerarlo para evitar problemas en la implementación y ejecución de estos modelos, así como disminuir al máximo la incertidumbre y los riesgos.

Gestión local de información climática

Al igual que todos los cultivos, el cacao está sujeto a los efectos del clima y a los cambios acelerados que se están presentando. Por eso, toda la información que se tenga sobre los

históricos y los pronósticos climáticos contribuirá para planificar y disminuir los riesgos de nuestras actividades. El pronóstico climático permite predecir el tiempo y el clima a partir de información recopilada históricamente y de imágenes satelitales. Bien interpretados, con estos datos es posible **planificar acciones, prácticas y medidas adecuadas que minimicen los efectos adversos** ante situaciones de extrema precipitación, altas temperaturas u otros fenómenos atmosféricos.

Con esta información climática podemos planear épocas de siembra, diseñar sistemas de acuerdo con las horas de brillo solar y nubosidad, tomar decisiones a corto plazo relacionadas con el momento adecuado para aplicar correctivos, cuándo y cómo fertilizar, podar, fumigar y cosechar, así como de mediano y largo plazo como evaluar la pertinencia de diseñar un sistema de riego o realizar canales de drenaje.

Fuentes de información climática

Finca: elementos de medición sencilla como pluviómetros o termómetros.

Región: registro de datos gestionados en proyectos.

Internet: Ideam, Agronet, Prediction of Worldwide Energy Resources Nasa Power, mesas técnicas agroclimáticas y Boletín Técnico Agroclimático.



Selección del suelo o sitio del cultivo

Una primera consideración en la planeación de nuestra finca y nuestro sistema de cultivo de cacao agroforestal es la planeación de la finca según los sitios adecuados de conservación y cultivo. En el caso de la planificación, es importante tener una visión clara de las acciones de conservación y protección de los bosques existentes en las fincas. **No se puede**

deforestar para sembrar cacao, tanto por el daño ambiental como por las restricciones que los mercados europeos ponen al grano proveniente de estas áreas. Igualmente, se deben escoger muy bien las áreas óptimas para el establecimiento del cultivo, porque si seleccionamos y adelantamos nuestro cultivo de 30 años en un suelo que desde el comienzo tiene deficiencias o presenta mala salud (suelos degradados, erosionados, compactados, con alta pérdida de fertilidad natural, suelos que se inundan y suelos con problemas en su soporte para el desarrollo de las plantas), seguro habrá problemas difíciles y costosos por solucionar. Un paso importante es el **análisis de la topografía del terreno**, que nos dará un panorama de las áreas bajas donde hay riesgo de inundación y donde difícilmente el sistema podrá tener éxito. Además del componente químico, también es necesario revisar aspectos físicos como la porosidad, la capacidad de infiltración, el nivel freático, la estructura y la presencia de capas endurecidas, entre otros. Este conocimiento previo permite planear y ejecutar **prácticas de adecuación, preparación y manejo del suelo**, que disminuyan los riesgos de estos limitantes físicos.



Como aspectos físicos podemos observar:

La **capacidad de infiltración**, ya que en suelos arenosos el drenaje será mayor y en suelos compactos o arcillosos habrá tendencia al encharcamiento.

El **nivel freático**, para determinar la aplicación de riego en los días críticos de verano e invierno.

La **porosidad del suelo**, que permite el crecimiento de raíces, la aireación y el movimiento del agua.



Foto: Salvador Rojas

También debemos revisar la condición orgánica, que nos permite ver si los microorganismos presentes y otros organismos que se adicionen al suelo mejoran las condiciones físicas y pueden trabajar en una óptima condición, por ejemplo, como fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo o que estén involucrados en acciones como el transporte de los elementos minerales o en la introducción de esos minerales a las raíces de la planta. Para optimizar esta propiedad existen diferentes estrategias, como el **uso de abonos orgánicos, lombricompostas, microorganismos del bosque** y la adición de otras familias deficitarias de microorganismos. Las observaciones que podemos hacer en la parte biológica son la presencia y abundancia de lombrices y algunos tipos de hormigas, termitas y otros insectos o macrofauna que pueden estar presentes en el suelo; también se puede determinar la materia orgánica y los contenidos de hongos o bacterias, que se puede cuantificar en laboratorio.

Por último, lo que más se tiene en cuenta y tal vez lo más importante para muchos es la condición química; por eso, después de hacer mejoras en los aspectos físicos y biológicos, es indispensable conocer los **niveles de nutrientes del suelo** para alimentar tanto a la planta de cacao como a las plantas que se asocian y así compensar la extracción de nutrientes que estas plantas hacen cada año.

Si no se dan esas condiciones óptimas de salud del suelo, debemos recuperarlo un poco para que con el tiempo ese estado mineral sea un mejor soporte del suelo para nuestro SAF de cacao. Lo ideal sería **dejar descansar los suelos degradados** o con una salud deficiente antes de sembrar el cacao. No obstante, entendiendo las limitaciones económicas y de áreas de la finca, debemos hacer muchas prácticas desde el comienzo para mejorarlo mientras crece el cacao.

Planificando la selección de especies forestales

Las especies seleccionadas para un SAF de cacao son transitorias (de sombrío, servicios o comercio rápido - 1S y 2S) y permanentes (2S y 3S).

La sombra que va a requerir el cultivo de cacao y algunas de las especies arbóreas irá de la mano con la etapa de producción y desarrollo en la que este se encuentre. Podemos establecer sombras transitorias con especies temporales, que tienen un uso determinado por cierto espacio de tiempo, mientras crece el cacao y las especies arbóreas de largo plazo. Partiendo de esta necesidad y según las especies asociadas, los criterios de planeación de la sombra pueden ser la nubosidad del lugar, el brillo solar y las horas de luz día. Con estas consideraciones se podrán establecer las especies, las distancias de siembra y la

programación de podas, a fin de cumplir con los requerimientos de sombra y autosombra que se necesitan en la producción de cacao.

El sombrío temporal

Pueden pasar varios años mientras el sombrío permanente crece por encima del cacao. Por eso, debemos tener en cuenta que hay **sombras temporales, de rápido crecimiento**, que proporcionan este servicio al comienzo del cultivo de cacao, entre ellas el plátano, el maíz, la papaya, el botón de oro, los guamos, el guandul y el matarratón. Este sombrío temporal –que debe ser planificado en el corto plazo por parte del productor de acuerdo a las necesidades de la finca o del mercado local– se utiliza en dos o tres años, pero según el diseño seleccionado se podría usar varios años más en las calles de los árboles asociados con el cacao antes de que las copas cierren.

Selección del árbol para sombrío permanente

Aunque la selección es una decisión del productor, es importante consultar técnicamente las mejores opciones para un territorio, porque es posible que estas condiciones cambien en diferentes lugares. Lo que debemos siempre evitar es que una mala selección de un árbol hoy conlleve a futuro grandes problemas de competencia por luz, agua o nutrientes con el cacao. A continuación, se mencionan algunas consideraciones de carácter biológico, técnico y socioeconómico.

Por el tamaño de la copa y su capacidad de sombra

Seleccionar las especies arbóreas forestales (maderables o no maderables) y frutales que se puedan asociar con cacao es una labor muy importante en la planificación de los SAF. Uno de los factores más importantes es la capacidad de ese árbol para producir una sombra adecuada sin que su copa sea tan amplia y densa que no deje entrar la luz adecuada a la planta de cacao. Copas muy anchas requieren distanciar más el cacao, lo que causa una disminución en el número de árboles de cacao por hectárea; además, algunos de estos árboles requieren un manejo más exigente en sus podas, lo cual aumenta los costos de mano de obra. Se recomienda **usar árboles de copa alta para que entre luz lateral, o árboles de copa reducida o cuyas ramas y hojas sean bien distribuidas o pequeñas y dejen pasar luz**. La información disponible en la región por parte de instituciones, asociaciones, técnicos o productores líderes puede ser una guía a la hora de tomar esta decisión.

Por su capacidad de competir por nutrientes y agua

Igualmente, hay que considerar el desarrollo de las raíces de los árboles. Algunas veces, los árboles pueden interferir de muchas maneras con el agua disponible, la fertilidad y la microbiología de los suelos. Existen especies arbóreas que tienen un sistema radicular bastante activo y un crecimiento acelerado de su parte aérea, por lo que desarrollan rápidamente un sistema radicular poco profundo, muy abundante y agresivo. Esa competencia en las capas superficiales puede afectar la disponibilidad de nutrientes y de agua para el cacao, por eso las distancias deben ser mayores. Los agricultores reportan que **el abarco, la acacia, el pardillo y otras especies similares pueden afectar el cacao** al “secar” el suelo en épocas de verano.

Por la disponibilidad de información sobre la especie

En la selección también debemos considerar las deficiencias tecnológicas y la disponibilidad de asistencia técnica sobre algunas de estas especies, ya que esto puede ser una limitante a tener en cuenta cuando debemos manejar no solo el cacao sino la especie arbórea acompañante y su interacción en el sistema SAF.

Por la disponibilidad de material genético de calidad

Uno de los criterios clave en la planeación de nuestro SAF de cacao es revisar la disponibilidad de semilla del árbol seleccionado o de plántulas de calidad y con buenas características genéticas en los viveros locales y en los centros de investigación.

Por su uso, generación de servicios, ingresos y mercado posible

Otro factor fundamental de la planeación es buscar especies arbóreas que, además de sombra, brinden algún otro servicio ambiental o generen ingresos adicionales al productor.

Los servicios de las especies asociadas con cacao se dividen en dos categorías según su funcionalidad, y algunas pueden cumplir ambas:

Servicios ecosistémicos: sirven de regulación o apoyo porque capturan carbono y emiten oxígeno, cuidan las fuentes de agua, incorporan nitrógeno, son barreras rompevientos, dan soporte o son hábitat importante de los polinizadores, proveen alimento a las aves, sirven de refugio de fauna silvestre, mejoran el paisaje para el ecoturismo, controlan la erosión, mejoran la cobertura del suelo, etcétera.

Ingresos adicionales: las especies arbóreas que encontramos en las fincas y en los procesos de domesticación de productores y centros de investigación se dividen en frutales, forestales maderables y forestales no maderables (figura 2).

Diseños agroforestales de acuerdo con el modelo 3S

Los SAF ideales son aquellos que están bien distribuidos u organizados y que contribuyen a la salud del suelo y a la biodiversidad, que generan buenos ingresos económicos y altos niveles de captura de carbono, sin afectar los rendimientos del cacao por exceso de sombra.

Una vez se seleccione la especie, para evitar la competencia por luz, agua o nutrientes, se debe tener un cuidado con el diseño del SAF, teniendo en cuenta los ciclos de las especies, sus podas naturales, la pérdida de hojas, el crecimiento de sus raíces y la evolución de la arquitectura de la copa. Con esa información podemos **organizar las distancias den-**

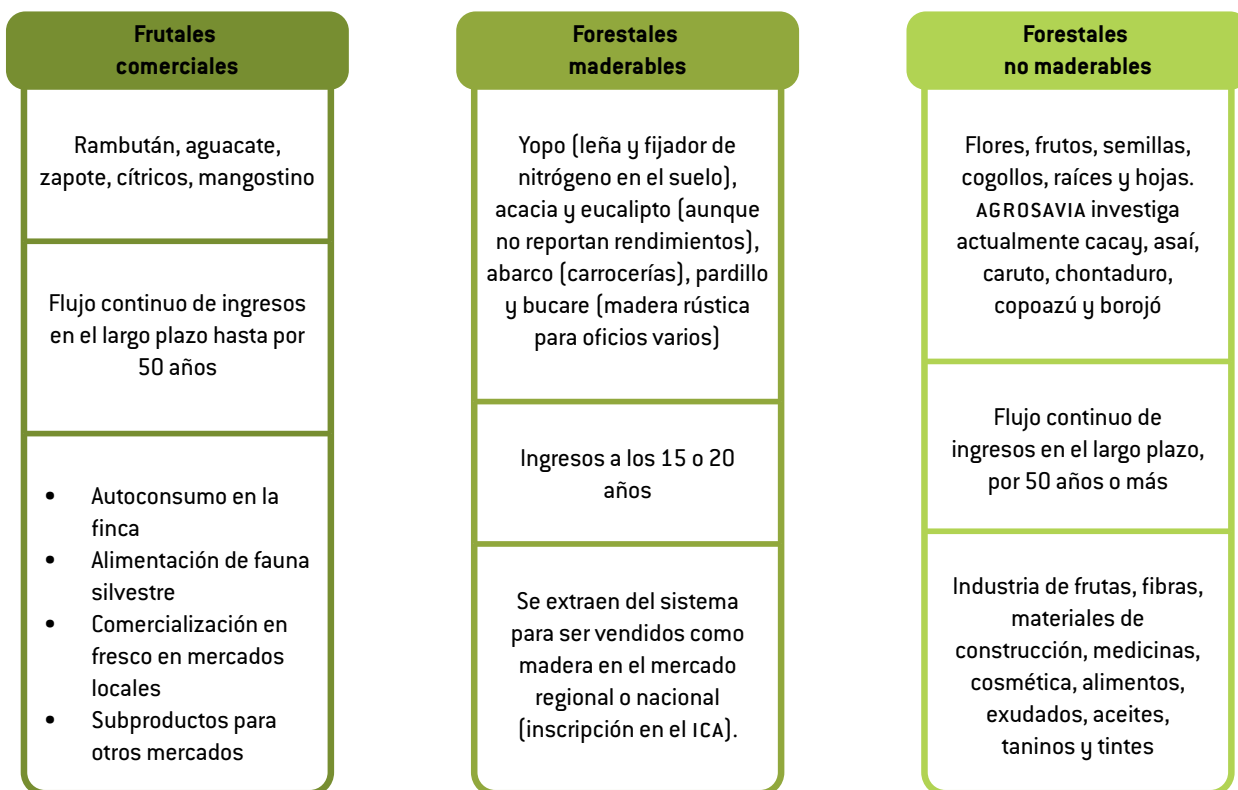


Figura 2. Especies arbóreas que pueden generar ingresos adicionales.

Fuente: Elaboración propia con base en Rojas et. al. (2019)

tro del arreglo del SAF, para minimizar la competencia y los daños entre las especies.

Aunque siempre habrá competencia, debemos disminuir en lo posible el efecto negativo.

El modelo 3S

En el diseño del SAF se aconseja incluir varias especies, las cuales atiendan al modelo 3S bajo los arreglos adecuados en términos de tiempo y espacio. La densidad y la distancia de siembra de especies temporales y forestales está determinada por las especies seleccionadas por parte de los agricultores y por el interés o uso que se les quiera dar a cada una según el modelo 3S (tabla 1).

Tabla 1. Diseños agroforestales de acuerdo con el modelo 3S

	Función	Especies	Densidad	Distancia de siembra	
1S - Sobrevivencia	Pancoger o transitorias para sombrío temporal y ocupación de espacios de las calles del SAF en los primeros años	Plátano, banano, papaya, guandul, cocona, piña, ají, yuca, maíz	Abundante	1 a 4 m	
2S - Suficiencia	Frutales y productos forestales no maderables (PFNM)	Guamo, copoazú, aguacate, camu-camu, achiote, sacha inchi, matarratón + pimienta	Cuadros o hileras simples o dobles	4 a 6 m	
	Productos maderables de mediano y corto plazo para leña y postes	Ocobo, cámbulo, algarrobo, guayacán amarillo, guamo, yopo, matarratón			
3S - Sostenibilidad	Frutales	Especies permanentes en el SAF de cacao	Cuadros o surcos sencillos o dobles	4 a 8 m	
	Maderables de largo plazo				Abarco, cedro, nogal cafetero, cedro amarillo, machaco
	No maderables				Asaí, moriche, coco, uva caimarona, árbol de pan, cacay, jagua o caruto

Fuente: Elaboración propia con base en Rojas et. al. [2019]

Diseños que se pueden encontrar en SAF de cacao

En el diseño del sistema encontramos varias tipologías de sistemas agroforestales en Arauca y Meta:

1. Por el tipo de especies encontradas, como árboles forestales (maderables, no maderables y de servicios) y frutales nativos, introducidos y comerciales, y sistemas donde se combinaban los dos tipos.
2. Por el número de especies asociadas o intercaladas con cacao, un sistema simple donde se asocia cacao con una sola especie arbórea, y un sistema más complejo o multiestrata, que tienen un número mayor de especies, con varios niveles de altura de árboles y con árboles frutales, forestales (plantados o nativos), maderables y no maderables, con una organización más compleja de parcelas, con una gran diversidad de especies y con unas necesidades de cuidado mayores. En estos **sistemas multiestrata se reporta el beneficio de la diversidad de hojarasca, que puede favorecer el desarrollo de microorganismos en el suelo.**
3. Por el ordenamiento de los árboles en el sistema:
 - Árboles dispersos o desordenados, presentes antes del inicio del cultivo de cacao, que no tuvieron una planeación para la siembra y cuya sombra puede ser muy diferente en el cultivo, generalmente multiestrata. En parcelas de más de 15 años se evidencian problemas de exceso de sombra en algunos lugares.
 - Árboles en cuadro, sembrados en cuadro o rectángulo, a 10 x 10 metros o más, donde muchas veces se sembró el árbol intercalado, muy cerca del cacao y, en ocasiones, en uno de los surcos del cacao o reemplazando una planta de cacao con la misma distancia. Generalmente la sombra es intensa en algunos lugares cercanos al cacao y pobre en otros.
 - Surco sencillo de árboles, intercalados con uno o más surcos de cacao, que genera sombra uniforme en los surcos más cercanos y menor sombra en los más alejados. Con frecuencia presentan problemas de cercanía del surco de árboles al cacao. En Arauquita, Fedecacao tiene parcelas demostrativas de hileras de árboles con ocho surcos de cacao.
 - Surco doble de árboles, intercalados con uno o más surcos de cacao, que generan sombra uniforme en los surcos más cercanos al cacao y menor sombra en los surcos más alejados. AGROSAVIA investiga este modelo con árboles de abarco, rambután, cacay y cinco surcos de cacao. En el caso de especies maderables, **este modelo**

facilita el corte de los árboles, porque se puede hacer al interior del doble surco, sin afectar tanto al cacao, así como algunas labores de poda y cosecha de los árboles.

- Surco triple, intercalado con uno o más surcos de cacao, que genera sombra uniforme en los surcos más cercanos al cacao y menor sombra en los surcos más alejados. En investigación se han hecho observaciones con palmas como asaí o chontaduro, y se podrían llegar a establecer tres surcos o más, por cada cinco de cacao, teniendo presente que ambas especies requieren labores de manejo como podas, fertilización y ciertos cuidados fitosanitarios.

Aunque no existe un arreglo ideal que se pueda recomendar de forma general, de acuerdo a lo encontrado se sugieren arreglos tipo mixto, ordenados por surcos o en cuadro y multiestrata. En estos módulos destacamos algunas ideas de diseño eficientes a largo plazo.

Estrato aéreo de los árboles en sistemas multiestrata

En estos sistemas hay más de dos especies de árboles (de porte alto, medio y bajo) acompañando al cacao, cuya complejidad puede beneficiar el **incremento de la biodiversidad de fauna**, principalmente aves. Teniendo en cuenta que algunas especies de porte alto capturan mayor cantidad de luz e impiden su paso a especies de sustratos medios y bajos, se deben seleccionar especies que soporten algún grado de sombra. En zonas de viento fuerte se aconseja utilizar especies de porte alto que protejan al SAF y al cacao.

Distancia entre el árbol y el cacao (cinco años)

Las especies de sombrero temporal se pueden sembrar junto al cacao sin ningún problema, mientras que las especies permanentes deben guardar una distancia proporcional al tamaño de la copa, a la zona de raíces que competirían con el cacao y a la altura del árbol. Es importante destacar que, si la copa del árbol que se va a asociar es muy ancha en su diámetro, se debe tener en cuenta esta distancia de separación del árbol y el cacao, por ejemplo, en surcos:

- Copas adultas que tengan 10 m (diámetro) deben tener una distancia de 5 m (radio), más 1,5 m del radio de la copa de cacao, para una calle entre el árbol y el cacao de 6,5 m.
- Copas adultas que tengan 6 m (diámetro) deben tener una distancia de 3 m (radio) más 1,5 m de cacao tendrían una calle de 4,5 m.

No se debería sembrar la especie arbórea a menos de 2 o 3 m del cacao, porque después de varios años vendrán los problemas de competencia y de exceso de sombra.

Uso de calles amplias entre cacao y árboles (aprovechamiento de espacios)

La recomendación anterior conlleva otros problemas relacionados con espacios amplios vacíos durante varios años. Por eso, cuando los diseños sugieren separar 4 a 6 m el cacao del árbol, mientras la sombra del árbol comienza a hacer su efecto se aconseja cultivar especies 1S en estas calles para aprovechar el suelo de forma eficiente y **evitar que sean invadidas por hierbas que compiten, lo que genera un costo adicional.**

Densidad de árboles y orientación de los surcos (aprovechamiento de luz - estratos)

Para los diseños de los SAF, la distribución y densidad de los árboles, se deben tener en cuenta las condiciones de nubosidad, montañas vecinas, topografía del lugar y la trayectoria del sol, porque estos factores pueden influir en la cantidad de radiación o el exceso de sombra adicional a los árboles que sembramos con cacao.

La nubosidad, las montañas vecinas, la topografía y la trayectoria del sol son factores que influyen en la cantidad de luz y sombra adicional a los árboles que sembramos con cacao.





Foto: Salvador Rojas

Guías de aprendizaje para la planificación de los sistemas agroforestales (SAF) de cacao bajos en emisiones de carbono

Guía 1.1. Ventajas de la agroforestería o sistemas agroforestales (SAF)

Introducción

La agricultura es fundamental en la subsistencia humana y el desarrollo económico, pero la presión sobre los recursos naturales y la necesidad de prácticas agrícolas sostenibles han llevado a la búsqueda de enfoques innovadores. En este contexto, la presente guía pretende compartir las ventajas que tienen los sistemas agroforestales (SAF) de cacao frente al monocultivo (figura 3) y algunas características que les servirán a los productores, asistentes técnicos, extensionistas y tomadores de decisiones para la planeación a largo plazo, lo cual redundará en el bienestar de las comunidades locales y el cuidado del medio ambiente. Dado que el cacao es una **especie umbrófila** (requiere de sombra para su normal desarrollo), los SAF permiten que crezca en condiciones similares a los sistemas de bosque, de donde es originario.

Monocultivo	vs.	SAF
<p>El monocultivo de cacao sin sombra representa una buena producción en los primeros años, pero genera un desgaste fisiológico de la planta y con ello un mayor estrés y una menor vida útil del cultivo. Ello incrementa el uso de insumos externos como fertilizantes y agua de riego, especialmente en épocas de sequía. África occidental usa monocultivo para maximizar el rendimiento, pero con el tiempo la caída de la producción causa el abandono de las plantaciones.</p>		<p>En un sistema de producción agroforestal se suplen algunas exigencias del mercado nacional e internacional ligadas a sistemas sostenibles con una mayor cantidad de árboles y, por lo tanto, una menor huella de carbono. Estos mantienen la producción a través del tiempo y le otorgan una durabilidad más alta al cacao, mejorando la calidad del grano, disminuyendo la incidencia de plagas, bajando los niveles de estrés y disminuyendo los requerimientos de insumos externos y agua para riego.</p>
		<ul style="list-style-type: none">Un SAF puede almacenar entre 60 y 150 t/ha de hojarasca, comparado con un monocultivo, que aporta cantidades inferiores a 10 t/ha [Jadan et al., 2015; Pocomucha et al., 2016; Saj et al., 2017].La hojarasca, que muchos consideran basura, es un ecosistema que se construye con las hojas y ramas del SAF y brinda un hábitat natural para macro y microorganismos. Además, aporta una buena cantidad de materia orgánica por año. La velocidad de descomposición y la diversidad de las hojas influyen en estos procesos y permiten una mayor diversidad de microorganismos con funciones diferentes en el suelo.

Figura 3. Características de SAF vs. monocultivo.

Fuente: Elaboración propia

¿Qué es agroforestería?

Consideremos algunas definiciones:

- Los sistemas agroforestales son alternativas de producción sostenible, donde existe una asociación de un componente arbóreo con cultivos, en un mismo sitio (Russo, 2016).
- Es la integración de árboles dentro de los paisajes agrícolas, según un ordenamiento espacial o una secuencia temporal dada, con la finalidad de obtener ventajas ecológicas y económicas, entre sus diversos componentes (ICRAF, 1993).



La agroforestería es un sistema en el que se establecen en un mismo lugar plantas forestales (árboles maderables o no maderables) y plantas de interés agrícola (plátano, café, cacao, arroz, yuca, maíz, entre otros). Esto favorece la diversidad biológica, la interacción de especies flora-fauna y la reducción de afectaciones por enfermedades o plagas, lo que se verá reflejado en un mayor rendimiento productivo e ingresos económicos sostenibles.

En un sistema natural de bosque donde el cacao se originó hay presencia de árboles, plantas, animales y microorganismos, los cuales se interrelacionan y compiten. Al planificar un SAF, buscamos que esas relaciones tengan el mayor beneficio para los diferentes componentes. Muchos productores de cacao en Meta y Arauca han planeado sistemas agrofores-

tales que favorecen al cacao, pero podemos enriquecer esta experiencia y hacer ajustes para obtener mejores resultados y ventajas de todo el sistema (figura 4).



Figura 4. Ventajas del SAF en el cultivo de cacao.

Fuente: Elaboración propia.

Guía 1.2. Planeación a largo plazo de los SAF de cacao bajos en carbono

Introducción

En un contexto donde la agricultura sostenible y resiliente (capacidad de adaptación a cambios ambientales y climáticos) se vuelve imperativa, la planeación de sistemas agroforestales emerge como una herramienta esencial para abordar los desafíos contemporáneos que enfrenta la producción agrícola y forestal.

La planeación de un sistema agroforestal con cacao es una estrategia proactiva, que parte de las expectativas y posibilidades de los agricultores y está destinada a crear sistemas agrícolas equilibrados, sostenibles y adaptables. Por tanto, esta guía busca dar elementos al agricultor para incidir positivamente en el largo plazo del SAF con cacao bajo en emisiones de carbono. Para lo anterior, el productor con buena voluntad y disposición tendrá elementos para aplicar nuevas tecnologías y realizar ajustes y cambios en algunas prácticas que se han desarrollado en la cacaocultura tradicional. Las acciones de planeación en el manejo de información climática, así como la reducción del riesgo en el manejo del agua y el suelo, tendrán un efecto positivo en las diferentes especies involucradas en el sistema. Además, otras acciones que están en guías posteriores, en aspectos claves como la selección de las especies acompañantes y el diseño de los sistemas, podrán evitar problemas en el mediano y largo plazo y facilitarán el éxito del SAF.

Importancia de la planeación del SAF

La adecuada planificación de un sistema agroforestal con cacao permitirá comprender su verdadero alcance, que va más allá de cultivar cacao con árboles, al hacer visibles cada uno de sus componentes (especies forestales y árboles de cacao) y sus interacciones, considerándolos elementos fundamentales dentro del funcionamiento del sistema (figura 5).

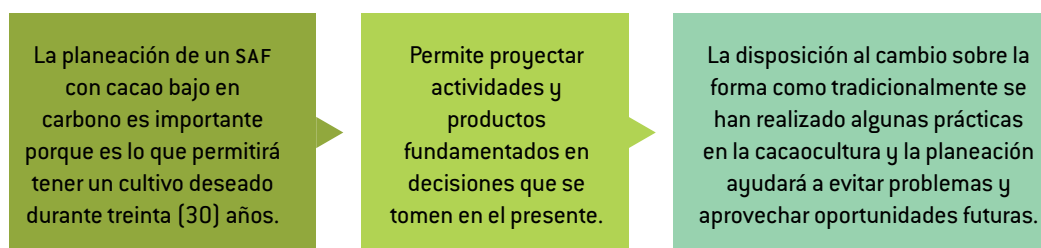


Figura 5. Importancia de la planeación de un SAF.

Fuente: Elaboración propia

La planeación en el corto, mediano y largo plazo, y la revisión periódica de los avances del sistema permitirán realizar los ajustes necesarios para el éxito del SAF de cacao bajo en carbono.

Desde la planificación predial hasta la planeación del sistema agroforestal

A continuación, se abordan de forma general aspectos clave a tener en cuenta al momento de establecer un SAF bajo en emisiones de carbono (figura 6).

Diagnóstico y planeación de finca

Durante la primera fase, se busca evaluar la situación actual de la finca, identificar áreas de mejora y diseñar estrategias para optimizar la producción agropecuaria de manera sostenible. Para tal fin, la herramienta DOFA (debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas) permite evaluar e identificar las características internas y externas del proyecto o emprendimiento (establecimiento del SAF de cacao bajo en emisiones de carbono), para luego desarrollar estrategias y planes de acción (figura 7 y tabla 2).

La matriz DOFA es una herramienta para la toma de decisiones informadas que puede maximizar los resultados positivos y minimizar los riesgos.

Sea realista al momento de listar las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas. La matriz DOFA no toma en cuenta el futuro, pues los resultados pueden cambiar con el tiempo y deben ser actualizados regularmente.

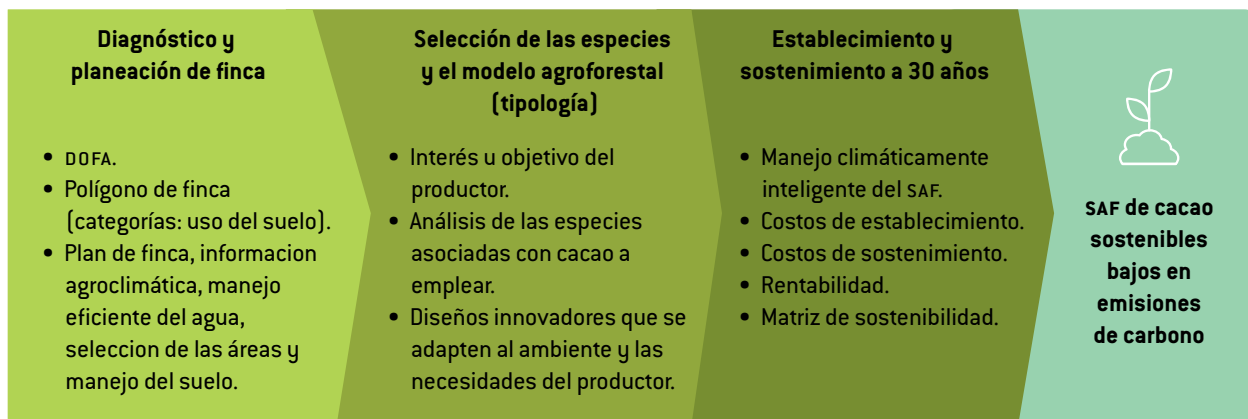


Figura 6. Modelo de procesos para el establecimiento y sostenimiento de un SAF de cacao sostenible bajo en emisiones de carbono.

Fuente: Elaboración propia

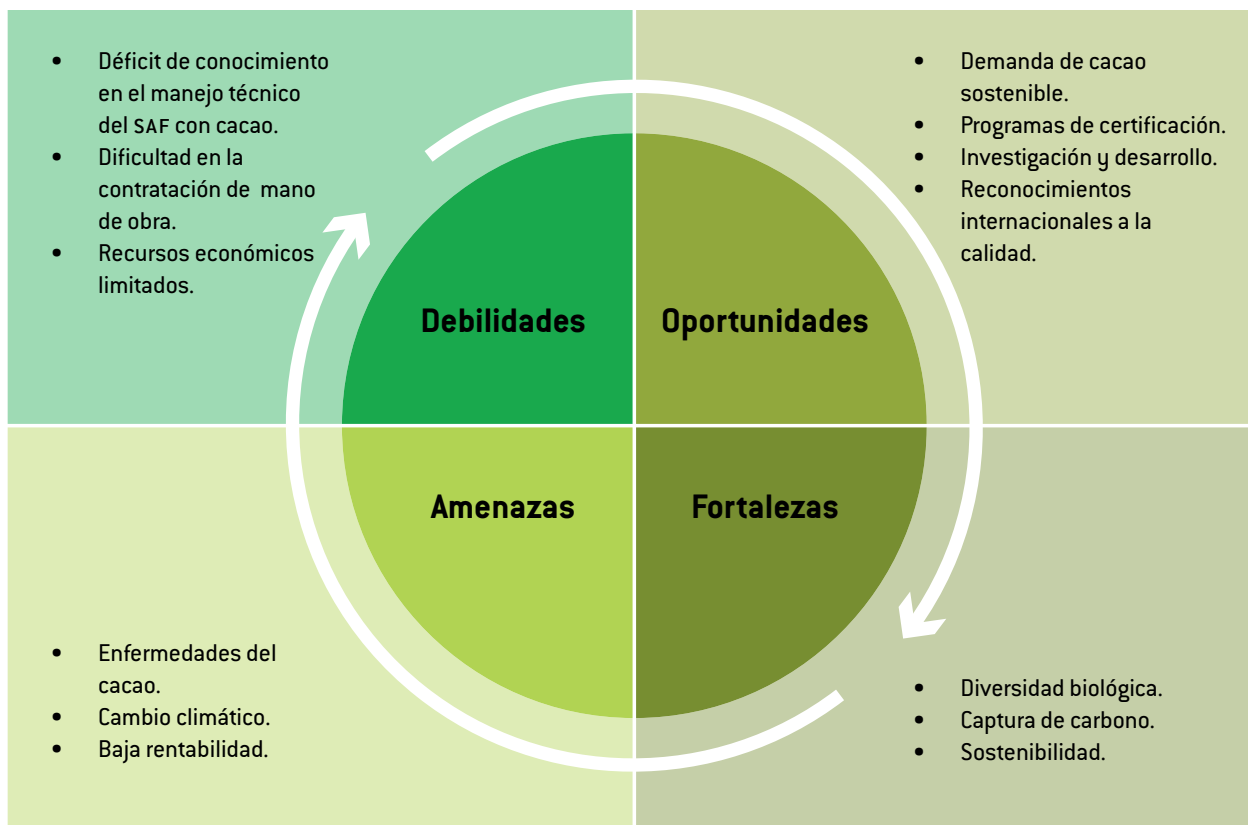


Figura 7. Ejemplo de una matriz DOFA en un SAF de cacao bajo en emisiones de carbono adelantado en territorio con los agricultores de cacao.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Estrategias/planes de acción como resultado de la matriz DOFA en la figura 7

FO (fortalezas - oportunidades)	Desarrollar prácticas de gestión que destaquen la sostenibilidad del sistema agroforestal y promover activamente los productos de cacao sostenible.
DA (debilidades - amenazas)	Establecer programas de capacitación local para mejorar las habilidades y conocimientos de la mano de obra disponible, incentivando la participación activa de la comunidad.
	Invertir en capacitación y asesoramiento técnico para el personal involucrado en la gestión del SAF de cacao. Colaborar con expertos agrícolas y centros de investigación para desarrollar programas de formación que aborden específicamente el manejo de enfermedades del cacao. Fomentar la adopción de prácticas preventivas y de monitoreo que ayuden a identificar y abordar rápidamente cualquier brote de enfermedad.
DO (debilidades - oportunidades)	Establecer alianzas con organizaciones y expertos en cacao sostenible para obtener asesoramiento técnico y acceso a buenas prácticas.
	Buscar y aplicar a programas de certificación que ofrezcan apoyo financiero o subsidios para mejorar las prácticas agrícolas y la sostenibilidad.
	Invertir en formación técnica específica para el manejo sostenible del SAF de cacao, destacando prácticas que cumplan con los estándares de sostenibilidad.

Nota: elabore las estrategias en relación con factores externos (oportunidades y amenazas) y factores internos (debilidades y fortalezas), como se muestra en la tabla.

Fuente: Elaboración propia



Foto: Salvador Rojas

Polígono y plan de finca



Un plan de finca es una herramienta valiosa que proporciona dirección y estructura para la gestión agrícola. Sirve como guía estratégica para agricultores y propietarios de fincas, ayudándoles a tomar decisiones informadas, optimizar recursos y alcanzar sus metas a largo plazo (figura 8).

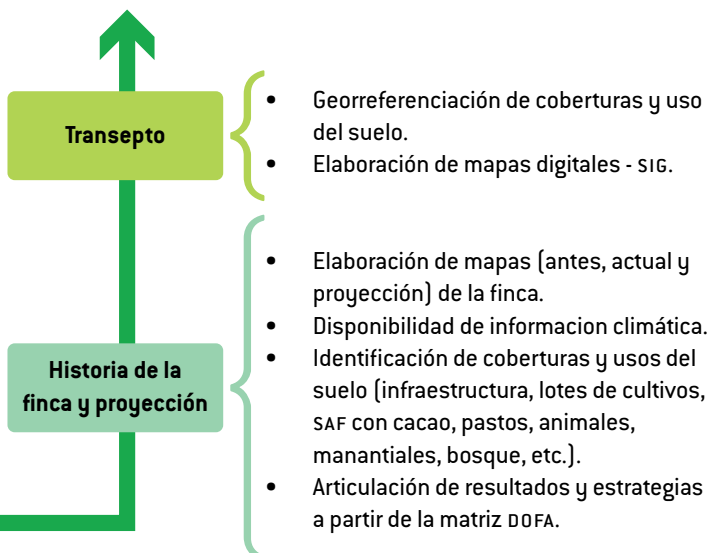


Figura 8. Planificación predial participativa con productores de cacao. Levantamiento poligonal del predio.

Fuente: Elaboración propia

Foto: Ruth Juliana Rojas

Al proyectar el mapa, es de suma importancia tener en cuenta las disposiciones dadas por las autoridades ambientales como aquellas descritas en el Plan de Ordenamiento Territorial, el uso de suelo según UPRA y otras disposiciones para el diseño y la planificación (figura 9).



¿Cómo hago una planificación predial en mi finca?

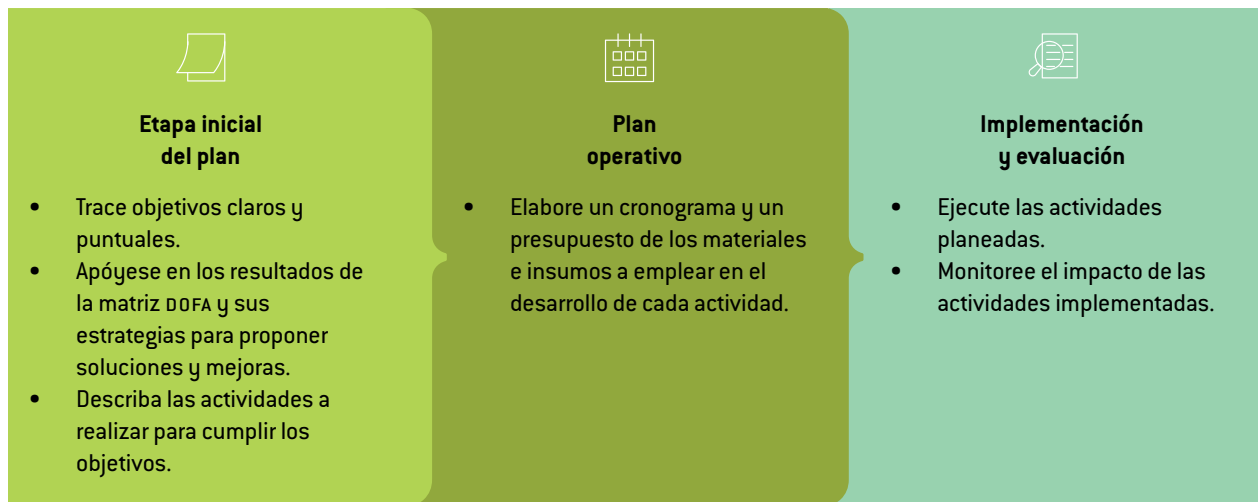


Figura 9. Planificación predial de una finca.

Fuente: Elaboración propia



En la planificación predial es necesaria la participación de todos los integrantes de la familia y del extensionista o asistente técnico para orientar el proceso, ya que esta será la ruta a seguir durante varios años en el SAF.

Principios para la planeación y el desarrollo de un sistema agroforestal de cacao bajo en emisiones de carbono

Una vez realizada la planificación general de la finca o predio, se debe definir específicamente el sistema productivo de interés, que en este caso es el sistema agroforestal de cacao bajo en emisiones de carbono. Para ello, debemos tener en cuenta lo indicado en la figura 10.



Figura 10. Principios para la planeación y gestión de un SAF basado en un cultivo de cacao.
Fuente: Elaboración propia

Cambios en aspectos socioculturales y económicos

Si un proceso de SAF de cacao bajo en carbono no cuenta con la participación y la disposición del productor para planear sus sistemas en el largo plazo y para cambiar actividades que se han realizado tradicionalmente a fin de manejar el SAF de forma integral, es posible que se presenten problemas con la implementación y el manejo de estos sistemas. El productor es quien conoce su finca, su entorno, evalúa sus recursos y va a estar al frente de este proyecto por muchos años. No obstante, requiere del **apoyo y soporte de otros tomadores de decisión, como gobernantes y políticos, extensionistas, asistentes técnicos o los gremios**, quienes también deben tener una actitud abierta al cambio con relación a las novedades en cacaocultura.

Debemos partir de la participación activa, la voluntad, la motivación y la decisión del productor para conducir la cacaocultura tradicional hacia los sistemas agroforestales con cacao bajos en carbono planificados en el largo plazo.

En las fincas de Arauca y Meta, en ocasiones encontramos una percepción negativa del árbol, donde se ve más como un problema que como una oportunidad (figura 11); ello puede deberse a la falta de planificación en la implementación de los SAF.



Cuando concebimos el árbol como un problema	Cuando concebimos el árbol como una oportunidad
El exceso de sombra afecta la producción del árbol, por poca floración y problemas generados...	Protector de cuerpos de agua, productor de maderas finas.
Riesgo de caída de ramas y daño a las plantas de cacao.	Corredor biológico. Fijación de CO ₂ . Refugio de fauna.
Exceso de sombra afecta la producción de cacao.	Productor de frutos u otros productos. Protección a la erosión, regulador de humedad.
Problemas causados por el exceso de humedad relativa [enfermedades].	Sombra adecuada al cacao y a las otras especies del SAF. Fuente de hojarasca. Mejoramiento de suelos.

Figura 11. Percepción negativa del árbol asociado al SAF.

Fuente: Elaboración propia



El cambio en la forma de ver el árbol y los sistemas SAF de cacao, así como la motivación del productor para implementar nuevas tecnologías, son claves en la planeación de largo plazo.

Existen otros aspectos esenciales aparte de la motivación, como son la capacidad, los incentivos y el soporte para que todo el SAF funcione (Thompson et al., 2020) (figura 12). Aunque algunos no dependen del productor ni se pueden planear al detalle a largo plazo, sí deben considerarse desde la perspectiva socioeconómica del productor para evitar problemas en la implementación y ejecución de estos modelos.

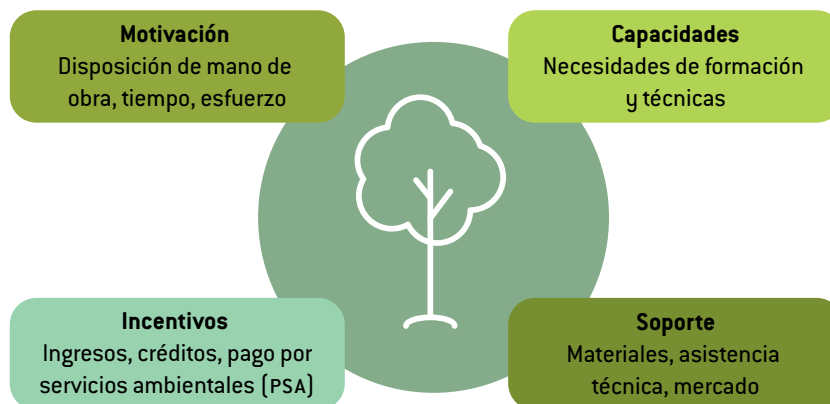


Figura 12. Aspectos para el buen funcionamiento de un SAF.

Fuente: Elaboración propia

Uso de información del clima para minimizar su impacto negativo sobre el SAF

Hay mucha información agroclimática necesaria para saber si el cacao tiene un buen ambiente para su desarrollo y producción en la zona de interés del cultivo. Por ejemplo, la altura sobre el nivel del mar, que está relacionada con la temperatura promedio, las diferencias de temperatura entre el día y la noche, la cantidad de lluvia y su distribución en los meses del año, la humedad relativa, los periodos secos, la luminosidad, el viento, etc. Esta información nos dará una idea de las condiciones ambientales y sus limitantes para tener en cuenta y planear una posible solución. La figura 13 muestra los aspectos que debemos tener presente al momento de consultar información agroclimática para nuestra finca.

Revisar la información agroclimática local.	Considerar registros de varios años de seguimiento de las condiciones climáticas.	Averiguar datos útiles para la toma de decisiones frente a alternativas de manejo agrícola de adaptación a las condiciones climáticas.	Minimizar riesgos de pérdidas por excesos o déficits de agua y temperaturas extremas, entre otros.	Buscar información de fuentes confiables [Ideam].
---	---	--	--	---

Figura 13. Aspectos centrales al consultar información agroclimática.

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3 muestra las condiciones ambientales necesarias para un SAF de cacao bajo en emisiones de carbono.

Tabla 3. Necesidades del cultivo de cacao en relación con SAF

Requerimientos	Valores óptimos
Temperatura	24 - 26°C
Precipitación	1.500 - 2.000 mm
Luminosidad	60 - 50 % en los primeros años y después 20 - 40 %
Humedad relativa	70-85 %
Viento	Menor a 5 m/s

Fuente: Elaboración propia

¿Qué beneficio tiene la gestión local de la información agroclimática?

La información agroclimática permite tomar decisiones acertadas y anticipadas para disminuir los riesgos que implican los eventos climáticos extremos, como lo muestra la figura 14.

¿Cómo tomar esas decisiones?

Revisando fuentes confiables de información, como:

- Boletines climatológicos mensuales y predicciones climáticas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/prediccion-climatica>) (<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>).
- Boletines agroclimáticos reportados por las distintas Mesas Técnicas Agroclimáticas (MTA) (<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/mesas-tecnicas-agroclimaticas>).
- El resultado del trabajo de la consultoría para conformar y fortalecer las capacidades técnicas y operativas de las MTA adelantado por AGROSAVIA y el Proyecto Biocarbono Orinoquia.

SAF CACAO



Figura 14. Diálogo entre saberes locales.

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, AGROSAVIA y sus aliados han generado información relevante sobre este tema, que se puede consultar en los siguientes códigos QR:

<p>¿Qué es el cambio climático?: momento 1</p>	<p>Gestión de la información agroclimática: momento 2</p>
	
<p>¿Qué es el sistema experto MAPA?: momento 3</p>	<p>La gestión del riesgo agroclimático: momento 4</p>
	

Manejo del recurso hídrico

El agua representa uno de los recursos de mayor importancia para la vida en el planeta, pero también con más amenazas de escasez. Por eso, su uso para fines productivos en la agricultura debe fundamentarse en los principios de **sostenibilidad, cantidad y calidad**.

Si bien en la Orinoquia tenemos una gran provisión de agua en algunos meses, lo cual puede ocasionar problemas de exceso, también hay meses críticos de déficit. Tener en cuenta los principios descritos en la figura 15 nos permitirá hacer una gestión sostenible del recurso hídrico con fines productivos en las etapas de establecimiento, mantenimiento y cosecha del SAF de cacao.

Gestión del suelo, desde la selección del área de siembra hasta la implementación del SAF

¿Por qué se debe planificar la selección y gestión del suelo cuando se va a establecer un SAF de cacao bajo en carbono?

¿Qué es la gestión del suelo?

Es formular, ejecutar y evaluar acciones, prácticas, tratamientos y recomendaciones para seleccionar, proteger, adecuar y mejorar las condiciones del suelo con miras a lograr productividad y sostenibilidad en un sistema agroforestal con cacao.

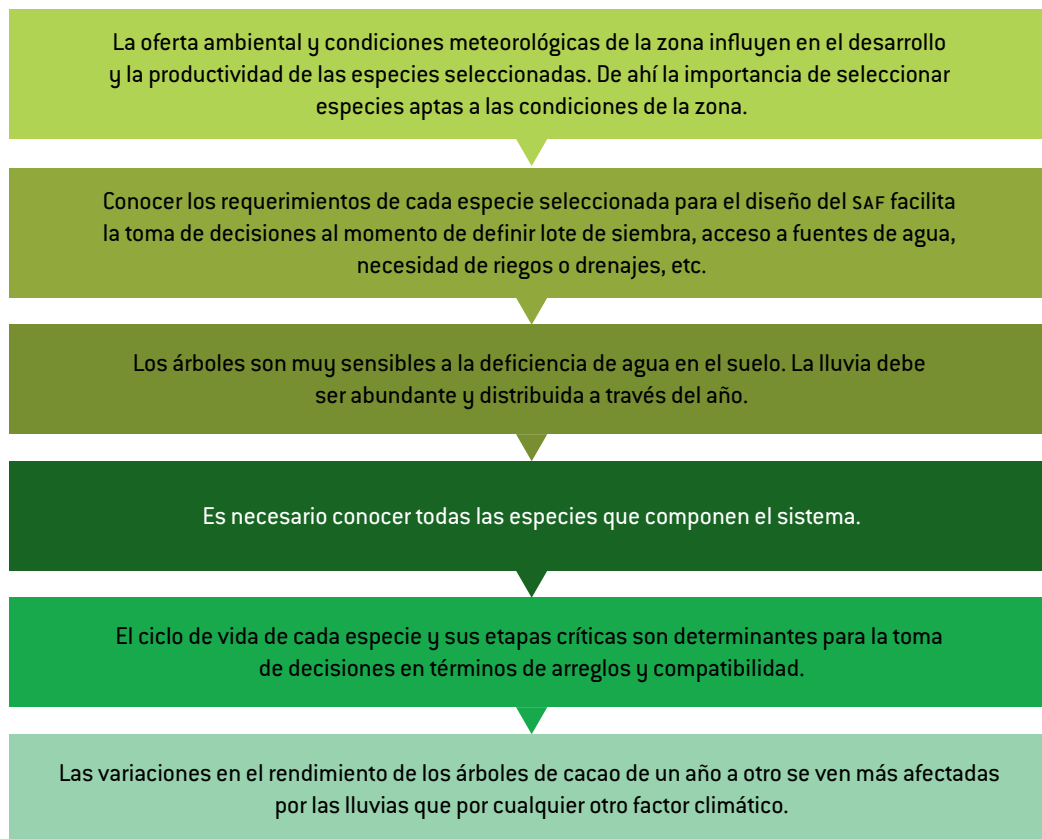


Figura 15. Principios para la gestión sostenible del agua.

Fuente: Elaboración propia

Tener presente...

- Cuáles son las fuentes del recurso hídrico a las que se tiene acceso, así como su ubicación y disponibilidad en épocas de sequía.
- Qué estrategias se utilizan para la conservación del recurso hídrico.
- Cómo se capta el agua de las fuentes hídricas.
- Contar con los debidos permisos para la captación de agua.
- Identificar las épocas de déficit de agua en el sistema.
- Cuáles son las estrategias para utilizar el recurso en épocas secas.
- Verificar si existen o no mecanismos para cosechar el agua.
- Realizar ejercicios de gobernanza del agua.
- Emplear mecanismos para el manejo de aguas residuales y evitar contaminar fuentes de agua por el uso de agroquímicos.



¡Por ningún motivo se deben deforestar áreas para cultivar cacao!

Una mala selección del área de siembra puede condenarnos toda la vida a tener dificultades de adaptación y producción en el cultivo. Un suelo con problemas de compactación, poca materia orgánica, baja actividad de microorganismos, baja porosidad, baja fertilidad, baja aireación, sin cobertura vegetal, susceptible al encharcamiento o con déficit de humedad, entre otras características, generará inconvenientes desde el establecimiento y el mantenimiento, hasta la producción del cultivo, que no podremos resolver con la sola aplicación de fertilizantes de síntesis química.

Además de hacer una adecuada selección de las áreas de siembra, la gestión del suelo permitirá mantener y mejorar su capacidad para beneficio actual y para las generaciones futuras. Por tratarse de un ecosistema vivo, se puede asegurar que la gestión sostenible del suelo contribuye a mantener su salud, a la vez que sirve para:

- Mejorar las condiciones del suelo de acuerdo con los requerimientos del cacao y las especies que lo acompañarán.

- Disminuir costos de producción y optimizar recursos disponibles.
- Realizar prácticas de conservación del suelo en el tiempo y disminuir efectos negativos ocasionados por prácticas inadecuadas, como son la sobremecanización, la eliminación de la cobertura vegetal, el abuso en la aplicación de fertilizantes de síntesis química y la utilización de abonos orgánicos sin madurar, de dudosa procedencia o no certificados por el ICA, entre otras.

Si el suelo se inunda, seleccione otro espacio o construya drenajes. Adicionalmente, para no depender de sistemas de riego, es necesario buscar suelos con buena retención de humedad, francos y profundos.

Una parcela que fue usada como potrero y está compactada o degradada no debe considerarse para la siembra del SAF de cacao. Si es posible, se debe dejar descansar, pero si no hay disponibilidad de terreno, es necesario prepararlo rompiendo las capas endurecidas con un arado de cincel y empleando prácticas que mejoren sus condiciones de fertilidad y salud, como uso de coberturas, incorporación de materia orgánica y de residuos sólidos de cosecha.



Consideraciones para realizar una gestión sostenible del suelo para el establecimiento de un SAF con cacao bajo en emisiones de carbono:

- 1.** Busque siempre el acompañamiento de un asistente técnico o extensionista agropecuario.
- 2.** Determine las características químicas, físicas y biológicas del suelo, mediante pruebas de campo y análisis de laboratorio para determinar la calidad, el tipo de preparación del terreno y las adecuaciones necesarias.
- 3.** Mantenga de manera efectiva la fertilidad del suelo y mejore sus condiciones físicas y biológicas mediante mantenimiento de las coberturas muertas, la poda de las coberturas verdes y la adición de materia orgánica y compost.
- 4.** Dosifique según lo recomendado por un ingeniero agrónomo en caso de emplear fertilizantes de síntesis química, de acuerdo a las necesidades del cacao y los análisis químicos del suelo.
- 5.** Evite el exceso de fertilizantes, en especial aquellos que se pierden rápidamente por acción de las altas temperaturas y por la volatilización.

Priorice las prácticas de manejo del suelo para mejorar rápidamente su salud, aumentar la materia orgánica, renovar la cobertura, optimizar el ciclaje de nutrientes dentro del SAF y enmendar condiciones físicas. Recuerde que muchos microorganismos pueden ayudar a tener disponibles los nutrientes y transportarlos a las raíces, por lo que es indispensable estimular su repoblamiento. Puede incorporar al suelo microorganismos eficientes derivados de mantillo de bosque o de productos comerciales.

Tabla 4. Características fisicoquímicas ideales del suelo para la implementación de un SAF de cacao

Componentes	Valores deseados
Profundidad efectiva	Superior a 90 cm
pH	5 - 7,5
Textura	Franca, franco-limosa, franco-arcillosa, franco-arenosa
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	13
Porcentaje de saturación de bases	35% o más
Fósforo (P)	15 ppm (partes por millón) o más
Potasio (K)	0,24 mEq (miliequivalentes) o más
Calcio (Ca)	8 mEq o más
Magnesio (Mg)	2 mEq o más
M0	3-5 %
Pendiente	Inferior a 20 %

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes guías continuaremos con otros principios claves de la planeación y el desarrollo de los SAF, como la selección de la(s) especie(s) y los diseños innovadores del SAF de cacao.



Guía 1.3. Selección de especies asociadas al cacao en el SAF

Introducción

La selección cuidadosa de especies vegetales acompañantes del cultivo de cacao es un aspecto crucial en la planeación y posterior gestión del SAF, que va más allá de la simple coexistencia de plantas en el mismo espacio. Además de aumentar la productividad del cacao, esta práctica potencia la sostenibilidad ambiental y contribuye al bienestar de las comunidades agrícolas. La combinación adecuada y bien distribuida de especies vegetales puede mejorar la biodiversidad, proporcionar servicios ecosistémicos esenciales, controlar plagas (especies invasoras) y enfermedades, promover la resiliencia del agroecosistema, fortalecer la salud del suelo, entre otras.

Por esto, la presente guía pretende orientar sobre cómo seleccionar las especies para ser asociadas al cultivo de cacao, definiendo los tipos de sombrío e impacto que se buscan dentro del cultivo de cacao y, en consecuencia, las especies forestales para el establecimiento del SAF.



Muchos árboles de más de 4 metros podrían servir como sombra en un modelo agroforestal de cacao; no obstante, se deben buscar aquellos árboles que, por su altura, su tamaño de copa, su capacidad de dejar pasar la luz, la agresividad de sus raíces, su generación de ingresos y servicios ecosistémicos, convengan más en la asociación con cacao en su región.

¿Cómo seleccionar las especies vegetales para asociarlas al cacao en el SAF?

Acompañamiento temporal



Identificar especies de sombrío transitorio de interés para el SAF (plátano, maíz, yuca, papaya, guandul, pimienta, sacha inchi, entre otros), que sean de autoconsumo o para el mercado local.

Acompañamiento permanente

Tenga en cuenta los siguientes pasos para seleccionar las especies vegetales (forestales) que acompañarán el cultivo de cacao:



Realizar un listado de especies para sombrío permanente (forestales) conocidas o con potencial para la zona.



Preseleccionar los árboles de acuerdo con el uso, tamaño de copa, tipo de hoja y ramificación (capacidad de dejar pasar la luz, agresividad de raíces, capacidad de competir con cacao).



Conocer las complejidades técnicas y de costos de estas especies que podrían limitar su implementación con cacao.



Identificar el potencial ambiental y/o económico que podrían ofrecer las especies.

Conceptos claves para tener en cuenta en el proceso de selección de la(s) especie(s) acompañante(s)

- Las especies que acompañan al cacao pueden ser transitorias o permanentes.
- De acuerdo con lo anterior, la sombra estará de forma temporal o permanente. La sombra temporal es aquella que se usa por dos o tres años, mientras que la sombra permanente de los árboles va desde el primer año en adelante, según el diseño de la plantación.

- La altura del árbol, el tamaño (alto y ancho) de la copa, el tamaño y la distribución de las raíces, así como las posibilidades de generar productos adicionales, son criterios que se deben valorar para la selección de los árboles (tabla 5). A continuación, se propone una escala de valoración para la selección de las especies, entre mayor sea el puntaje obtenido, más adecuadas serán para establecer dentro del sistema.

Tabla 5. Parámetros para tener en cuenta en la selección de especies recomendadas en esta guía

Frutal, maderable, no maderable	Doble propósito: 3 Un solo propósito: 1
Diámetro de la copa	< 5 m: 3 5 a 10 m: 2 > 10 m: 1
Servicio ambiental*	> 3 servicios ambientales: 3 2 servicios ambientales: 2 1 servicio ambiental: 1
Ingresos monetarios**	Genera ingresos adicionales: 3 No genera ingresos adicionales: 1
Crecimiento radicular	Hacia abajo: 3 Hacia los lados < 5 m: 2 Hacia los lados > 5 m: 1
Altura del árbol	Alto > 25 m: 3 Medio 9 a 24 m: 2 Bajo 1 a 8 m: 1

* El servicio ambiental que presta un árbol incluye captura de CO₂, regulación de la sombra, protección de fuentes de agua, liberación de oxígeno, disminución en la evaporación del agua, aporte de nitrógeno, barreras rompevientos, soporte de polinizadores, alimento para aves, refugio para fauna, ecoturismo.

** Los ingresos adicionales de un árbol son para el consumo en la finca y el comercio de frutas o materias primas, como madera, látex, colorantes, aceites, fibras, miel, entre otras.

Fuente: Elaboración propia

Además de los parámetros mencionados en la tabla 5, que sirven para reconocer mejor las especies de árboles del territorio y tener un primer criterio de selección, existen otros datos que nos sirven:

- Averigüe más sobre el mercado de los productos de estas especies a nivel local, regional, nacional e incluso internacional.
- Indague sobre la biología de la especie de interés e identifique posibles factores que puedan limitar su crecimiento y desarrollo. Puede apoyarse en las recomendaciones del personal técnico especializado o personas con experiencia de su comunidad y/o asociación agropecuaria.
- Busque la disponibilidad y los costos en la zona de las semillas o plántulas de las especies que formarán parte del SAF.
- Conozca más sobre el crecimiento y la arquitectura de la copa mediante prácticas culturales como las podas, con el fin de modificar comportamientos naturales de la planta.
- Solicite ayuda de asistentes técnicos y extensionistas que conozcan la especie y ayuden a resolver limitantes generadas por la complejidad del manejo técnico de las especies.

Dado que las especies seleccionadas acompañarán al cacao por 30 años, la sombra que producen y sus raíces no deben afectarlo. Igualmente, su forma de manejo y sus productos e ingresos son fundamentales a la hora de escogerlas. Los tipos de árboles que pueden ser usados y que encontramos en Meta y Arauca son forestales maderables, forestales no maderables y frutales.



Algunas especies acompañantes forestales identificadas en los SAF de cacao

<p>Departamento del Meta</p> 	<p>Departamento de Arauca</p> 
<ul style="list-style-type: none"> • Balso (<i>Ochroma pyramidale</i>) • Cedro (<i>Cedrela odorata</i>) • Igua (<i>Albizia guachapele</i>) • Nacedero (<i>Trichantera gigantea</i>) • Caña fístula (<i>Cassia moschata</i>) • Carbonero (<i>Calliandra riparia</i>) • Cedro nogal (<i>Juglans neotropica</i>) • Guácimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>) • Guamo (<i>Inga</i> sp.) • Hojamán (<i>Curatella americana</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Algarrobo (<i>Hymenea courbaril</i>) • Balso (<i>Ochroma pyramidale</i>) • Bucare (<i>Erythrina poeppigiana</i>) • Cedro (<i>Cedrela odorata</i>) • Flor amarillo (<i>Tabebuia chrysantha</i>) • Iguá (<i>Albizia guachapele</i>) • Nacedero (<i>Trichantera gigantea</i>) • Pardillo (<i>Cordia thaisiana</i>) • Samán (<i>Samanea saman</i>) • Teca (<i>Tectona grandis</i>)
<ul style="list-style-type: none"> • Jacaranda (<i>Jacaranda</i> sp.) • Manú (<i>Minquatia guianensis</i>) • Nogal cafetero (<i>Cordia alliodora</i>) • Yopo (<i>Mimosa trianae</i>) • Matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>) • Abarco (<i>Cariniana pyriformis</i>) • Caobo (<i>Swietenia macrophylla</i>) • Mandarina, limón, naranja (<i>Citrus</i> sp.) • Cacay (<i>Caryodendron orinocense</i>) • Aguacate (<i>Persea americana</i>) • Mangostino (<i>Garcinia mangostana</i>) • Zapote amarillo (<i>Matisia cordata</i>) • Rambután (<i>Nephelium lappaceum</i>) • Guanábana (<i>Annona muricata</i>) • Chontaduro (<i>Bactris gasipae</i>) • Guayaba (<i>Psidium guajava</i>) • Coco (<i>Cocos nucifera</i>) • Plátano (<i>Musa paradisiaca</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tortolito / pata de gallina (<i>Schefflera morototoni</i>) • Mandarina, limón, naranja (<i>Citrus</i> sp.) • Cacay (<i>Caryodendron orinocense</i>) • Aguacate (<i>Persea americana</i>) • Zapote amarillo (<i>Matisia cordata</i>) • Guanábana (<i>Annona muricata</i>) • Borojó (<i>Borojoa batinoi</i>) • Plátano (<i>Musa paradisiaca</i>)

Fotos: Salvador Rojas

Durante el primer año de establecimiento de su SAF de cacao, emplee por lo menos una especie transitoria (plátano, papaya u otro).



Al momento de seleccionar la(s) especie(s) acompañante(s) para el establecimiento de su SAF de cacao, tenga presente:

- Es importante considerar que el recurso hídrico, el clima, las condiciones edáficas y la topografía de terreno (áreas de inundación o suelo bien drenados) estén a favor de la ecología y biología tanto del cacao como de la especie seleccionada.
- Al seleccionar las especies acompañantes, recuerde que estas deben aportar beneficios adicionales y no competir de manera significativa por recursos.
- Se recomienda emplear por lo menos una especie leguminosa dentro de su SAF de cacao.

Para simular costos de establecimiento, sostenimiento y producción de un SAF de cacao empleando las especies anteriormente mencionadas, visite el siguiente enlace o código QR.



SAF cacao_V1.0.xlsm

Guía 1.4. Diseño de los SAF de cacao con las especies seleccionadas

Introducción

La importancia del diseño de un SAF radica en su capacidad para fusionar la productividad agrícola con la sostenibilidad ambiental, ofreciendo soluciones innovadoras a los desafíos contemporáneos que enfrenta la agricultura. Estos diseños permiten representar un enfoque integrado que va más allá de la monocultura convencional, incorporando árboles, arbustos y cultivos en patrones con una distribución estratégica en el tiempo y el espacio que eviten problemas de competencia y provean lo mejor de cada una de las especies y del sistema como tal. Si seleccionamos y gestionamos el clima, el agua y el suelo, y seleccionamos las especies acompañantes adecuadas, también debemos brindar el espacio y las mejores condiciones para que el cacao y las otras especies se desarrollen y produzcan bien en ese sistema. En este sentido, existe una gran diversidad de SAF de cacao que se han utilizado tradicionalmente en las zonas cacaoteras de los departamentos de Arauca y Meta, pero algunos de ellos no corresponden a un diseño eficiente, sino a un área de cacao con árboles de sombrío, que evidencian algunas deficiencias en el largo plazo.

Los tipos de SAF encontrados en Meta y Arauca se pueden clasificar de la siguiente manera:

- 1.** Por el tipo de especies encontradas
 - Forestales maderables y no maderables
 - Frutales
 - Mixtos
- 2.** Por el número de especies asociadas o intercaladas con cacao
 - Asociación de cacao con una sola especie arbórea
 - Sistemas más complejos o multiestrata, que tienen un número mayor de especies.
- 3.** Por el ordenamiento de los árboles en el sistema
 - Árboles dispersos o desordenados.
 - Árboles en cuadro.
 - Surco sencillo de árboles.
 - Surco doble de árboles.
 - Surco triple.
- 4.** Por el origen de los árboles en el sistema
 - Árboles del bosque que se dejaron en el área.

- Árboles de rebrote que surgieron posteriormente.
- Árboles plantados.

Es importante diseñar SAF teniendo en cuenta los porcentajes de sombra adecuados en la zona de trabajo, las distancias y densidades de siembra de acuerdo con la especie seleccionada, la altura de las plantas y la orientación de los surcos, a fin de **aprovechar los espacios** como las calles entre el cacao y los árboles.

Cálculo de porcentaje de sombra

El nivel de sombra influye en la cantidad de luz solar que puede pasar a través del dosel hasta el cacao. En el primer año debe estar entre el 50 y el 80 %, y después del segundo año, entre el 25 y el 50 %. En esta planeación debemos considerar las condiciones climáticas de la zona, como la nubosidad, el brillo solar, la presencia de barreras naturales (montañas) y la diversidad y densidad de árboles, que pueden influir en la entrada de luz al cacao. Existen varias aplicaciones móviles (APP) que pueden calcular el porcentaje de sombra que generan las copas de los árboles, entre ellas **ShadeMotion** (simulación de sombra de árboles en un terreno) y **HabitApp.apk**, que provee una manera simple de **medir la cobertura del follaje** proporcionada por la copa de los árboles, por medio de la toma de una fotografía a través del celular y con el aplicativo abierto. Las figuras 16 a 20 sirven de referencia para saber aproximadamente la cantidad de sombra que tiene el cacao según la entrada de luz.

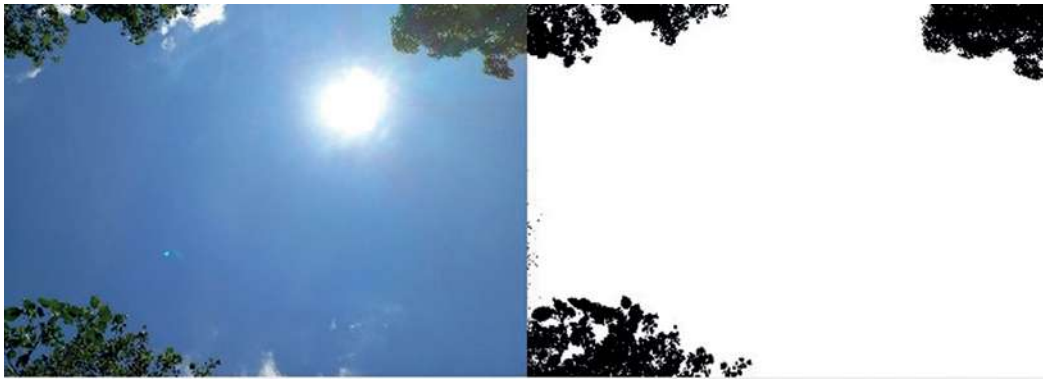


Figura 16. Porcentaje de sombra de alrededor del 13 %.

Foto: Ruth Juliana Rojas

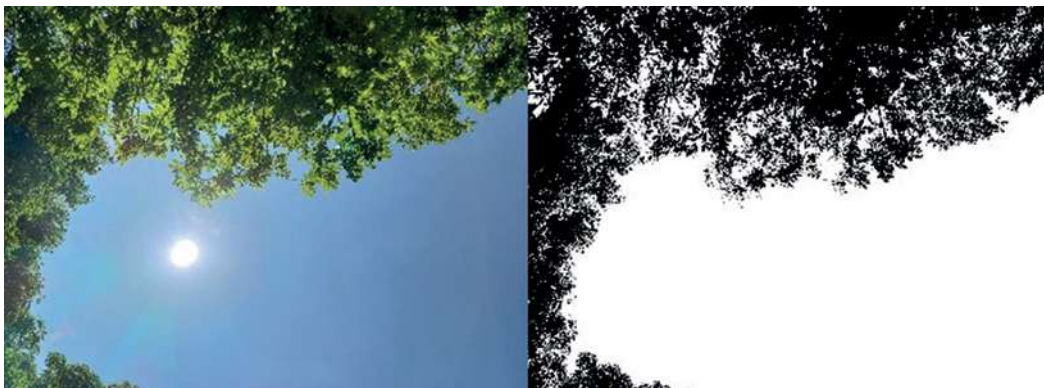


Figura 17. Porcentaje de sombra de alrededor del 34 %.

Foto: Ruth Juliana Rojas

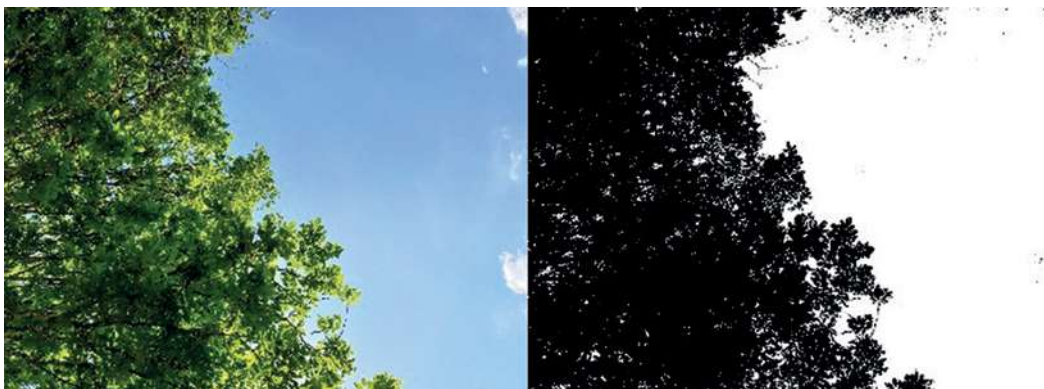


Figura 18. Porcentaje de sombra de alrededor del 51 %.

Foto: Ruth Juliana Rojas



Figura 19. Porcentaje de sombra de alrededor del 73 %.

Foto: Ruth Juliana Rojas

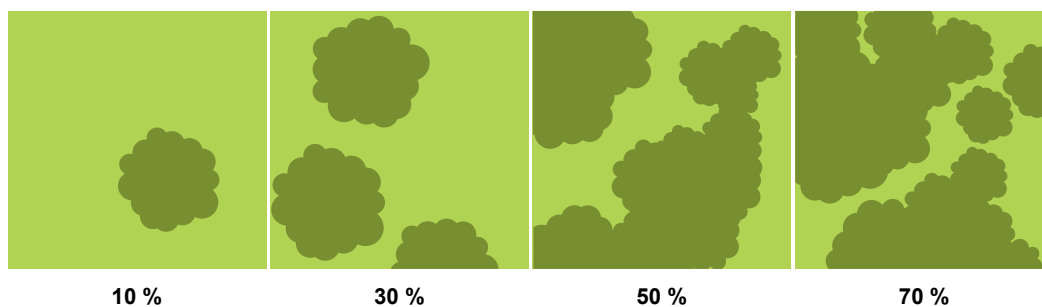


Figura 20. Representación visual del porcentaje de sombra según la cantidad aportada por la especie acompañante.
Fuente: Vaudry et al. [2019]

Aumentar la distancia entre los árboles y el cacao puede disminuir la sombra sobre este, pero también el número de plantas por hectárea. La idea es mantener un buen balance en el largo plazo para evitar el exceso de sombra. Además, con un buen manejo del cultivo y uso de tecnologías con los clones productivos, se podrá mantener o aumentar la producción de cacao por planta.



Estimación de número de árboles por hectárea en un SAF de cacao

La ecuación 1 permite calcular el número de árboles de sombrío por hectárea y distancia de siembra, teniendo como criterio de referencia el porcentaje de sombra deseado dentro del sistema [Aguilar et al., 2023].

$$N = \frac{\text{Área de la cobertura de sombrío (m}^2\text{)}}{\frac{\pi}{4} * DC (m) ^ 2 * \% \text{ de porosidad}}$$

↑
 Número de árboles de sombrío
 ↓
 Constante que interpreta el volumen y la forma del tallo
 ↓
 Diámetro de la copa expresada en metros y elevada al cuadrado
 ↓
 Intensidad de luz permitida a través del dosel

Ecuación 1

Según esta ecuación, si se desea establecer un SAF de cacao con 30 % de sombrío, entonces, este valor es proporcional al área que se va a implementar. Por ejemplo, si se quiere establecer una hectárea [1 ha] de SAF de cacao, el 30 % de sombrío correspondería a 3.000 m² del área total [10.000 m²].

Por otro lado, la distancia de cada árbol a plantar se calcula a partir de la raíz cuadrada del área establecida del SAF [m²] sobre el valor de árboles obtenidos [N], como muestra la ecuación 2:

$$S = \frac{\sqrt{\text{Área de siembra SAF (m}^2\text{)}}}{\text{Número de árboles (N)}}$$

Ecuación 2

Ejercicio 1

Para una plantación dada con un máximo de 30 % de cobertura/sombra [equivalente a C = 3.000 m² / hectárea de cobertura efectiva], diámetro de copa de 8 m y porosidad de 50 % [0,5 en una escala de 0 a 1], ¿cuántos árboles se pueden plantar y a qué distancia?

$$N = \frac{3.000}{\frac{\pi}{4} * 8^2 * 0,5} \rightarrow \frac{3.000}{25,13} \rightarrow 119 \text{ árboles } ha^{-1}$$

$$S = \sqrt{10.000 / 119} = 9,17 \text{ m}$$

En conclusión, para obtener un sombrío del 30% dentro del SAF de cacao con una especie “X” forestal cuya copa presenta 8 m de diámetro y 50% de porosidad, se pueden sembrar 119 individuos de esa especie “X” a una distancia de 9,17 m.

Finalmente, si se utilizan surcos de árboles, su orientación debe hacerse en **sentido norte-sur**, para que el movimiento del sol (oriente-occidente) pueda brindar luz y sombra al cacao en determinadas horas del día.

¿Cómo determinar el estrato?

El estrato del árbol corresponde a la altura de crecimiento, que puede ser bajo (1 a 8 m), medio (9 a 24 m) o alto (25 m o más) (figura 8). Así se identifican las especies que podrán llegar a captar más o menos luz, aquellas que podrán impedir el paso de la luz y las que servirán como barreras rompevientos del sistema. Esto ayudará a determinar la distancia que debería tener el árbol con respecto al cacao.

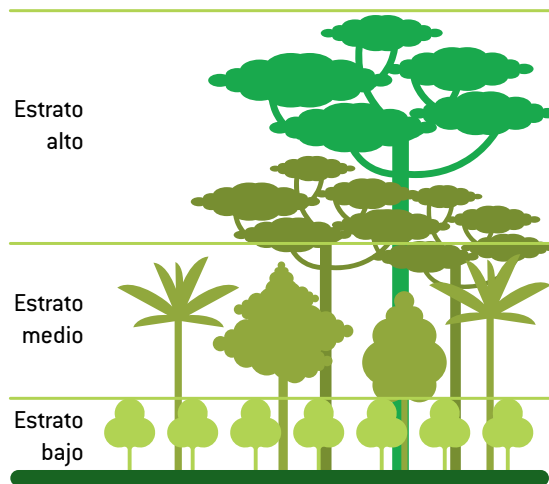


Figura 21. Estrato de los árboles del SAF de cacao.

Fuente: Elaboración propia con base en Amiel (2018)

¿Cómo determinar el área de la copa de una especie arbórea y estimar la separación con el cacao?

Una forma de calcular el diámetro de la copa de un árbol adulto es realizar la medición al mediodía (12:00 m), tomando la distancia de la sombra reflejada en el suelo de extremo a extremo, tanto en dirección norte-sur como oriente-occidente (figura 22). Las dos mediciones resultantes deben promediarse.

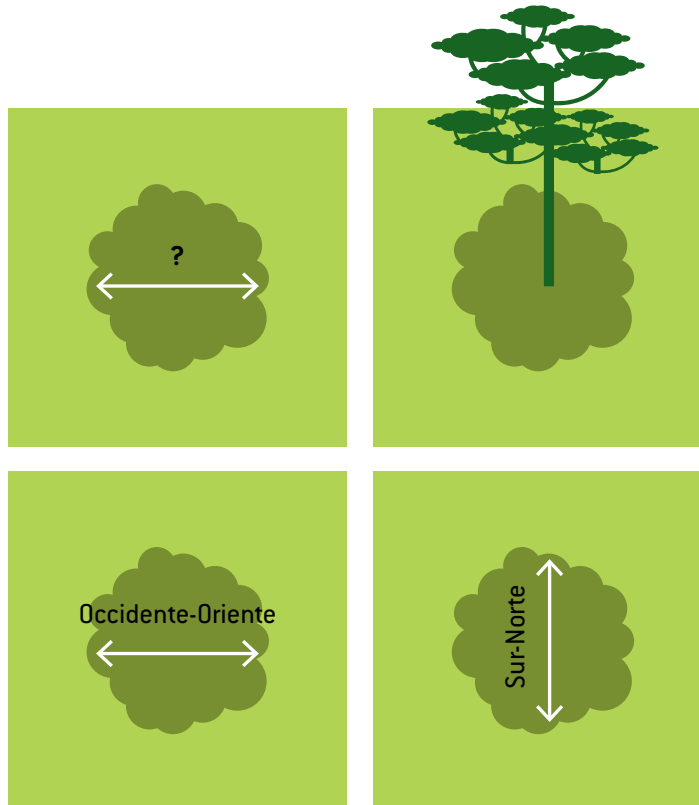


Figura 22. Medición de la copa.

Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, si la distancia medida de norte a sur de la sombra generada por la copa en el suelo fue de 6 m y la distancia de oriente a occidente fue de 7 m, el diámetro de copa se calcula como muestra la ecuación 3.



$$\text{Diam. Cop} = \frac{\text{Distancia Norte a Sur} + \text{Distancia Oriente a Occidente}}{2}$$

Ecuación 3

Donde, **Diam. Cop** = *Diámetro de la copa*

Entonces:

$$\text{Diam. Cop} = \frac{5 \text{ m} + 7 \text{ m}}{2}$$

$$\text{Diam. Cop} = 6 \text{ m}$$

¿Cómo estimar la separación del árbol con el cacao?

$$\text{Da} = \frac{\text{Diámetro de copa de la especie acompañante}}{2} + \text{radio del árbol de cacao}$$

Ecuación 4

Da = Distancia de la especie acompañante respecto al cacao.

Según la ecuación 4, este valor se obtiene al calcular el radio del árbol de la especie acompañante, que es el diámetro de la copa dividido en dos ($6 \text{ m} / 2 = 3 \text{ m}$), sumado al radio del cacao ($3 \text{ m} / 2 = 1,5 \text{ m}$). Entonces, $3 \text{ m} + 1,5 \text{ m} = 4,5 \text{ m}$.



Nota. La ecuación 3 aplica para modelos agroforestales contruidos a modo de bloques, callejones o surcos. Las calles se podrán aprovechar durante varios años con cultivos temporales.

En cuanto a los diseños de los SAF donde las especies acompañantes estén distribuidas en cuadro, antes del establecimiento es necesario conocer la densidad de árboles a sembrar por hectárea, su distribución dentro del sistema y las condiciones climáticas. Esto nos puede orientar un diseño eficiente con una buena densidad de árboles y de cacao. En la medida que aumenta el número de árboles de sombrío, tendrá que disminuir el número de árboles de cacao por hectárea.



Nunca se pueden tener 1.277 árboles de cacao (en monocultivo a $3 \times 3 \text{ m}$) con un número muy alto de árboles de sombrío, porque se va a producir una sobrecarga del sistema y un exceso de sombra en un futuro.

Selección de un buen diseño de SAF de cacao bajo en emisiones de carbono para Meta y Arauca

Es imposible tener un modelo único de siembra de un SAF de cacao bajo en carbono en la zona, porque existen diferentes variables como el paisaje, clima, suelo, tecnologías, aspectos socioeconómicos y culturales que inciden en una misma región geográfica. Por eso, hay una diversidad de SAF de cacao acorde a las condiciones ecológicas locales, necesidades, orientación de los proyectos y los objetivos del productor. Por tanto, más que un modelo único recomendado, a continuación se mencionan ciertos consejos:

En el agricultor

- Que exista motivación, capacidad, incentivos y soporte local.
- Que no sea una sobrecarga adicional en costos, mano de obra y tecnología para el agricultor.

En el cacao

- Escoger clones de aroma y sabor, que sean autocompatibles.
- Diseñar la siembra de cada clon por bloque para facilitar la cosecha.

En el SAF

- Incluir un buen número de árboles para alcanzar el mayor aporte de nitrógeno, la mayor fijación de CO₂ y otros servicios ambientales que requiera el sistema.
- Que tenga menor emisión de gases efecto invernadero como producto de la combustión fósil, aplicación de herbicidas, fungicidas, fertilizantes, etc.
- Que permita tener una buena producción por árbol de cacao.
- Que genere buenos ingresos de las especies acompañantes (transitorias y permanentes), como borojó, cacay, rambután y abarco, para que el balance económico del sistema esté por encima del sistema tradicional de cacao y esto favorezca al productor.

En el diseño de siembra para que sea eficiente para los árboles y el cacao

- El diseño podría ser surco sencillo o surco doble de árboles forestales bien distribuidos, seguido de 5 surcos de cacao en triángulo a una distancia de 3 x 3 m.
- Un diseño de árboles sembrados en cuadro a 12 x 12 m con 3 surcos de cacao.
- Conservar siempre la distancia calculada de especies forestales (explicado anteriormente) respecto al bloque de cacao.



Aunque es muy usado el sistema de árboles en cuadro a 12 m, la alta densidad de cacao causa problemas de exceso de sombra después del año 5. Si bien dejar mayor distancia entre los árboles reduce la densidad, lo recomendable siempre es tener más espacio.

Diseños recomendados con población de árboles acompañantes y de cacao

Las figuras 23, 24 y 25 muestran diseños que sirven como referencia para otros árboles acompañantes.

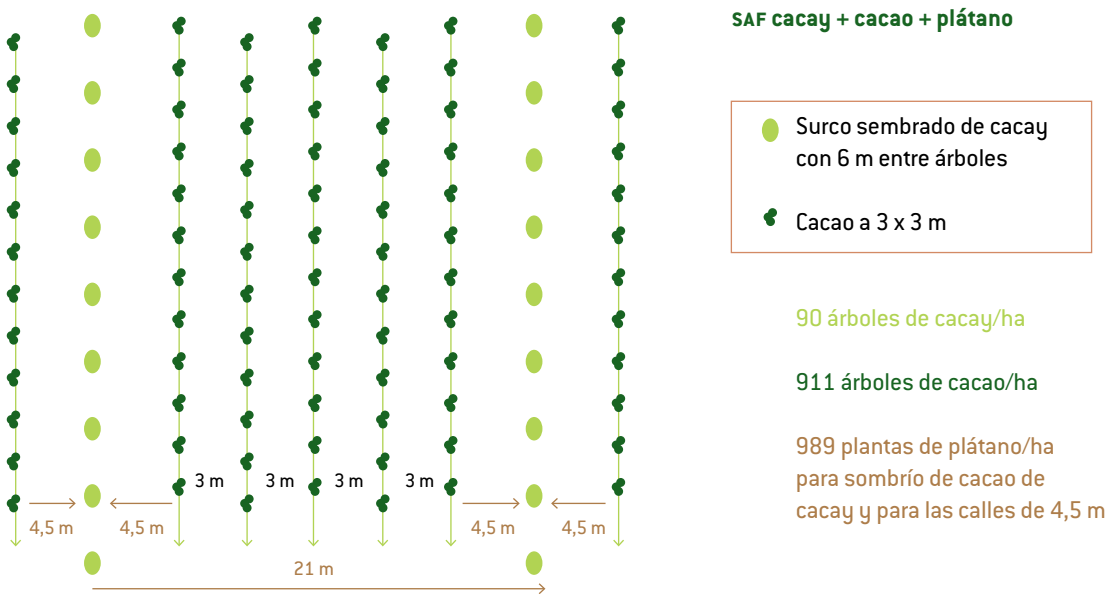


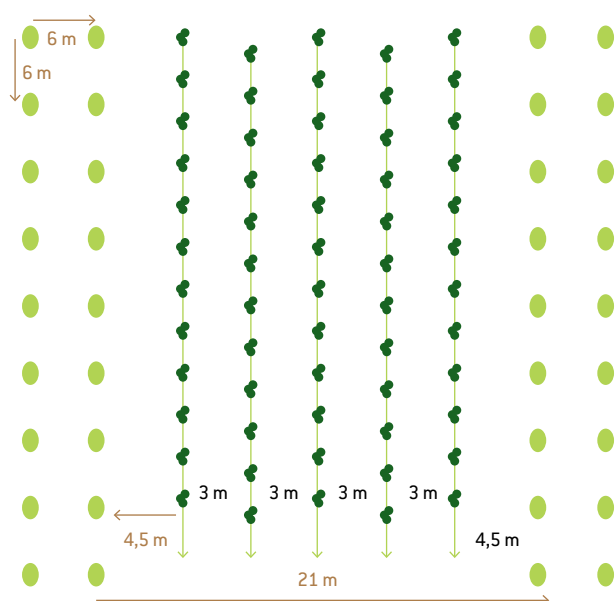
Figura 23. Diseño 1: 1 surco de árboles y 5 surcos de cacao.

Fuente: Elaboración propia

Número de surcos de cacao y de árboles de cacay en una hectárea

Si consideramos la hectárea de 100 m de ancho x 100 m de largo:

- En un ancho de 100 m, cada franja de 21 m tiene 5 surcos de cacao, entonces el cálculo de surcos $(100 \text{ m}/21 \text{ m}) * 5 = 23,8$ surcos de cacao.
- En un ancho de 100 m, cada franja de 21 m tiene 1 surco de cacay, entonces el cálculo de surcos $(100 \text{ m}/21 \text{ m}) = 4,76$ surcos de cacay.



SAF cacay + cacao + plátano

- Doble surco de cacay
6 x 6 m entre árboles
- Cacao a 3 x 3 m

141 árboles de cacay/ha

708 árboles de cacao/ha

850 plantas de plátano/ha
para sombrío de cacao de
cacay y para las calles de 4,5 m

Figura 24. Diseño 2: 2 surcos de árboles y 5 surcos de cacao.

Fuente: Elaboración propia



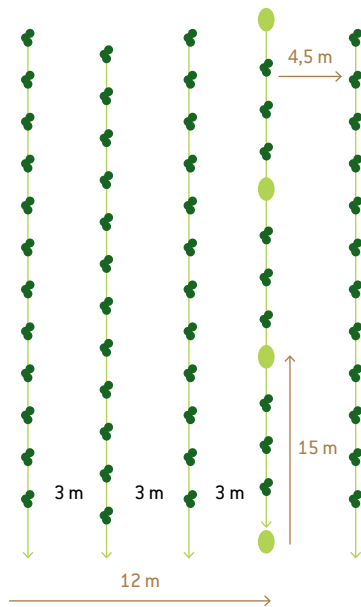
Número de surcos de cacao y de árboles de cacay en una hectárea

Si consideramos la hectárea de 100 m de ancho x 100 m de largo:

- En un ancho de 100 m, cada franja de 27 m tiene 5 surcos de cacao, entonces el cálculo de surcos $(100 \text{ m}/27 \text{ m}) * 5 = 18,5$ surcos de cacao.
- En un ancho de 100m cada franja de 27 m, hay 2 surcos de cacay, entonces el cálculo de surcos $(100 \text{ m}/27 \text{ m}) * 2 = 7,4$ surcos de cacay.



Foto: Salvador Rojas



SAF cacay + cacao + plátano

- Cacay sembrado en cuadro a 12 x 12 m entre árboles
- Cacao a 3 x 3 m

55 árboles de cacay/ha

1.148 árboles de cacao/ha

1.203 plantas de plátano/ha
para sombrío de cacao de cacay
y para las calles de 4,5 m

Figura 25. Diseño 3: árboles en cuadro a 12 x 12 m y 3 surcos de cacao.
Fuente: Elaboración propia

Número de surcos de cacao y de árboles de cacay en una hectárea

Si consideramos la hectárea de 100 m de ancho x 100 m de largo:

- En un ancho de 100 m, cada franja de 12 m tiene 3 surcos de cacao solo, entonces el cálculo de surcos $(100 \text{ m} / 12 \text{ m}) * 3 = 25$ surcos de solo cacao. Adicionalmente, hay $100 / 12 = 8,3$ surcos de cacao más cacay.



Tabla 6. Resumen de los posibles diseños y estimación de especies que pueden sembrarse

Modelos	Número de surcos de árboles/ha	Número de plantas de cacao/ha* en triángulo	Número de árboles/ha* en triángulo
Surco sencillo de árboles de cacay (6 m) y 5 de cacao a 3 x 3 m	4,7 surcos de cacay 23,8 surcos de cacao	911	90
Doble surco de árboles de cacay (6 x 6 m) y 5 de cacao a 3 x 3 m	7,4 surcos de cacay 18,5 surcos de cacao	708	141
Árboles en cuadro a 12 x 12 m y dos surcos de cacao	8,3 surcos de cacay 25 surcos de cacao solo y 8,3 surcos de cacao con cacay (separando los árboles y el cacao 4,5 m dentro del surco)	1.122	55,5

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos presentados en esta guía tienen en cuenta un área efectiva del 100 %. Sin embargo, en el ejercicio real se pueden encontrar lotes irregulares con características que reducen el área efectiva, como afloramientos rocosos, drenajes naturales, pequeñas zonas de depresión, árboles ya establecidos, entre otras que son propias del entorno rural.

Para tener en cuenta...

- El crecimiento de las raíces es hacia abajo o hacia los lados, en cuyo caso lo ideal es que sea inferior a los 5 metros, para evitar competencia entre las especies.
- En ocasiones, la copa puede crecer de forma atípica o distinta a su forma normal, debido a las podas o dada la genética del árbol.

Cuando se tiene un sistema ordenado de cacao con árboles, es muy difícil conservar una densidad de más de 1.000 plantas de cacao por hectárea, debido a la distancia de los árboles forestales o frutales (más de 4 m) del cacao, para evitar un exceso de sombra después del año 5.



Recuerde que las especies forestales pueden también ser reemplazadas con especies frutales de alto porte, como aguacate, cítricos, mango, borjón y zapote, según el comportamiento de la especie, el mercadeo y el interés del productor.



Establecer plantas leguminosas (maní forrajero, frijol, habichuela, entre otros) como fuente disponible de nitrógeno en el suelo, reduciendo la aplicación y costos por fertilizantes nitrogenados.

Diseños de SAF encontrados en Arauca y Meta, que son referentes para otros agricultores

Los diseños de la tabla 7 fueron detectados en el territorio cacaotero de los departamentos de Arauca y Meta, donde se establecen distancias de 3 x 3 m para árboles de cacao en sistemas de cuadrado o triángulo, con valores de 1.111 a 1.280 plantas/ha. Aunque estos diseños pueden ser referentes, es importante tener en cuenta las recomendaciones descritas en párrafos anteriores.

Tabla 7. Modelos promisorios encontrados en las zonas cacaoteras de los departamentos de Meta y Arauca bajo SAF con altas fijaciones de CO₂

Modelo 1. Encontrado en Arauca, con aguacate (<i>Persea americana</i>), bucare (<i>Erythrina poeppigiana</i>) y plátano (<i>Musacea</i>).					
	Especie				Total Fijación de CO ₂ (t/ha/año)
	Aguacate	Bucare	Plátano	Cacao	
Característica	Frutal	Árbol leguminoso	Transitorio	Cultivo	
Densidad (árboles/ha)	104	20	1.111	1.111	
Fijación de CO ₂ (t/ha/año)	5,01	4,28		4,55	13,84
Modelo 2. Encontrado en Arauca, con borjón (<i>Borojoa patinoi</i>), bucare (<i>Erythrina poeppigiana</i>) y plátano (<i>Musacea</i>)					
	Especie				Total Fijación de CO ₂ (t/ha/año)
	Borjón	Bucare	Plátano	Cacao	
Característica	Frutal	Árbol leguminoso	Transitorio	Cultivo	
Densidad (árboles/ha)	110	14	1.111	1.280	
Fijación de CO ₂ (t/ha/año)	1,29	3		5,24	9,53
Modelo 3. Encontrado en Arauca, con pardillo (<i>Cordia thaisiana</i>), samán (<i>Samanea saman</i>) y plátano (<i>Musacea</i>).					
	Especie				Total Fijación de CO ₂ (t/ha/año)
	Pardillo	Samán	Plátano	Cacao	
Característica	Forestal	Árbol leguminoso	Transitorio	Cultivo	
Densidad (árboles/ha)	114	10	1.111	1.280	
Fijación de CO ₂ (t/ha/año)	10,54	0,06		4,05	14,65

Modelo 4. Encontrado en Meta, con balsa (<i>Ochroma pyramidale</i>), guamo (<i>Inga spp.</i>) y plátano (<i>Musacea</i>).					
	Especie				Total
	Balsa	Guamo	Plátano	Cacao	
Característica	Forestal maderable	Árbol leguminoso	Transitorio	Cultivo	Fijación de CO ₂ (t/ha/año)
Densidad (árboles/ha)	114	10	1.111	1.111	
Fijación de CO ₂ (t/ha/año)	3,21	0,218		3,77	7,2
Modelo 5. Encontrado en Meta, con guayacán rosado (<i>Tabebuia rosea</i>), cedro amarillo (<i>Albizia guachapele</i>) y plátano (<i>Musacea</i>).					
	Especie				Total
	Guayacán rosado	Iguá	Plátano	Cacao	
Característica	Forestal maderable	Árbol leguminoso	Transitorio	Cultivo	Fijación de CO ₂ (t/ha/año)
Densidad (árboles/ha)	114	10	1.111	1.111	
Fijación de CO ₂ (t/ha/año)	9,39	0,329		3,77	13,49
Modelo 6. Encontrado en Meta, con nogal (<i>Cordia alliodora</i>), bucare (<i>Erythrina poeppigiana</i>) y plátano (<i>Musacea</i>).					
	Especie				Total
	Nogal	Bucare	Plátano	Cacao	
Característica	Forestal maderable	Árbol leguminoso	Transitorio	Cultivo	Fijación de CO ₂ (t/ha/año)
Densidad (árboles/ha)	114	14	1.111	1.280	
Fijación de CO ₂ (t/ha/año)	2,88	3		4,35	10,23

Modelo 7. Encontrado en Meta, con cedro macho (<i>Pachira quinata</i>), yopo (<i>Mimosa trianae</i>) y plátano (<i>Musacea</i>) o aguacate (<i>Persea americana</i>).					
	Especie				Total
	Cedro macho cedro/ *aguacate/*cítrico	Yopo	Plátano	Cacao	
Característica	Forestal maderable/*Frutal	Árbol leguminoso	Transitorio	Cultivo	Fijación de CO ₂ (t/ha/año)
Densidad (árboles/ha)	114	10	1.111	1.280	
Fijación de CO ₂ (t/ha/año)	1,60/*4,98	2,04		4,34	7,98 /*11,36

Fuente: Elaboración propia

La gestión de los SAF de cacao, donde este es el cultivo principal, tiene un impacto significativo en la captura de CO₂. Solo el cultivo de cacao puede almacenar y fijar más de 4 t CO₂/ha/año.

Además de esta captura de CO₂ por parte del cacao, se deben considerar las especies asociadas, como árboles forestales y frutales, que también contribuyen con más de 1 t de captura de CO₂ al año, y esta cantidad está estrechamente relacionada con el número de especies plantadas y su crecimiento. Incluso el borjón, que podría almacenar menos, supera todavía 1 t CO₂/ha/año.

Asimismo, al incorporar árboles leguminosos en el sistema con el propósito de aportar nitrógeno al suelo, se puede lograr una captura adicional de CO₂ de hasta 4,5 t/ha/año, dependiendo de la densidad de siembra.

Como resultado de estas prácticas, **es posible alcanzar una captura y almacenamiento de CO₂ superior a las 5 t/ha/año**. Estos logros se han observado en las regiones de Meta y Arauca, y se recomiendan como opciones viables para la siembra, debido a su adaptación en la zona y a los excelentes resultados en la captura de CO₂.

Guía 1.5. Anexo. Aprovechamiento de especies maderables

Adaptado de *Requisitos para expedición o actualización de registro de plantaciones forestales comerciales* (https://www.ica.gov.co/servicios_linea/forestalesprincipal/requisitos-forestales).

Una vez se inicie la siembra de los árboles maderables, es importante buscar la asesoría de profesionales para hacer el registro de plantaciones forestales o sistemas agroforestales con fines comerciales ante el ICA, en cuyo trámite debe tener en cuenta:

1. Los árboles que se soliciten para registro deben ser árboles sembrados por el propietario.
2. No se pueden registrar árboles que pertenezcan o hayan pertenecido a un bosque natural, regeneración natural, cercas vivas, barreras rompevientos, árboles de sombrío o árboles aislados, plantaciones forestales protectoras, plantaciones forestales protectoras-productoras, cuya competencia corresponde a la Corporación Autónoma Regional (CAR) de la jurisdicción.
3. Los árboles de plantaciones forestales o sistemas agroforestales no se podrán registrar si se encuentran en áreas forestales protectoras, áreas de manejo especial o cualquier otra categoría de manejo, conservación o protección que excluya dicha actividad, así como ecosistemas estratégicos, tales como páramos, manglares, humedales y coberturas vegetales naturales secas, o si corresponden a plantaciones con fines de compensación.

De acuerdo con la norma, es necesario radicar la siguiente documentación:

- a. Formato ICA vigente de solicitud de registro, totalmente diligenciado y firmado por el representante legal o por la persona natural, o su apoderado (no es necesario adjuntar el formato, esta información se diligencia en el aplicativo).
- b. La documentación según el tipo de persona se indica en la tabla 8.

Tabla 8. Documentación para el registro ICA según tipo de persona

Persona natural	Persona jurídica	Patrimonio autónomo
Fotocopia de documento de identificación: cédula de ciudadanía, pasaporte o cédula de extranjería.	Razón social, número de identificación tributaria y fotocopia de documento de identificación (cédula de ciudadanía, pasaporte o cédula de extranjería) del representante legal. Información consignada en el certificado de existencia y representación legal, cuya fecha de expedición no sea superior a treinta (30) días calendario previos a la radicación de la solicitud del registro*.	Certificación de existencia, constitución y vigencia que expida la sociedad fiduciaria como su administradora y vocera, copia del contrato que acredite su constitución, con el fin de realizar inversiones directas en plantaciones forestales comerciales y certificado de existencia y representación legal de su vocero.

* No se requiere, el ICA realiza la verificación en Confecámaras.

Fuente: Elaboración propia

c. Propiedad o tenencia de predios donde se ubica la plantación:

Documentación del predio

Para acreditar la propiedad, se requiere certificado de tradición y libertad del(los) inmueble(s).	La fecha de expedición no debe ser superior a treinta (30) días calendario, antes de radicar la solicitud del registro de árboles.	Cuando se trate de tenencia, se debe presentar certificado de tradición y libertad del(los) inmueble(s), cuya fecha de expedición no sea superior a treinta (30) días calendario a la fecha de solicitud del registro, y copia del contrato de arrendamiento, comodato, usufructo, entre otros, por un término que garantice como mínimo el ciclo productivo de la plantación forestal comercial, con el cual se acredite una tenencia legítima.
Suministrar número(s) de folio de matrícula inmobiliaria donde se ubica la plantación forestal comercial.		
Número de cédula catastral del(los) predio(s) donde se ubica la plantación forestal comercial.	Código departamento, código municipio y número predial.	

d. CD o memoria USB con archivo de georreferenciación del área establecida por especie plantada, en formato “.gpx” o “.shp” con el sistema de coordenadas (WGS 84 - MAGNA SIRGAS).

Hay dos situaciones que podrían generarse de este punto: una es hacer la creación de empresa a través de jóvenes que presten este servicio, para lo cual deben capacitarse en temas de posicionamiento global, cartografía, geomática y adquirir herramientas para prestar el servicio en el territorio, o contratar un perfil profesional, técnico o tecnólogo que cuente con las herramientas y el conocimiento para realizar el polígono del área plantada.

e. Documento con información técnica del SAF comercial sembrada acorde a la forma ICA, que contenga:

- Especie(s) forestal(es) sembradas(s).
- Área sembrada (ha).
- Año de establecimiento.
- Número de árboles sembrados por especie forestal.
- Volumen actual o proyectado de los árboles en pie, en metros cúbicos.
- Carta de autorización de publicación de datos como titular de registro de plantaciones forestales comerciales, ante el ICA.
- Comprobante de pago expedido por el ICA por concepto de registro para el trámite solicitado y de acuerdo con la tarifa vigente.

Para el registro de plantaciones forestales con certificado de incentivo forestal (CIF), además de lo anteriormente mencionado, deberá aportar copia del respectivo contrato y/o acto administrativo del CIF.

Los documentos deben ser cargados en el aplicativo forestal, medio definido por el ICA para la radicación de los documentos.

Se anexa forma 3-1455 documento con información técnica e instructivo para la solicitud de registro en el aplicativo forestal.

Adicionalmente, en los siguientes códigos QR se podrá consultar información de la normatividad, requisitos y formatos vigentes:

Requisitos para expedición o actualización de registro de plantaciones forestales comerciales	Requisitos forestales Decreto 2398 de 2019
	
Requisitos forestales Resolución 71641 de 2020	Forma 3 1455 V1 documento con información técnica
	
 <p>Enlace para el trámite de registro forestal: https://misional.ica.gov.co/FrontForestales/solicitud-pin</p>	



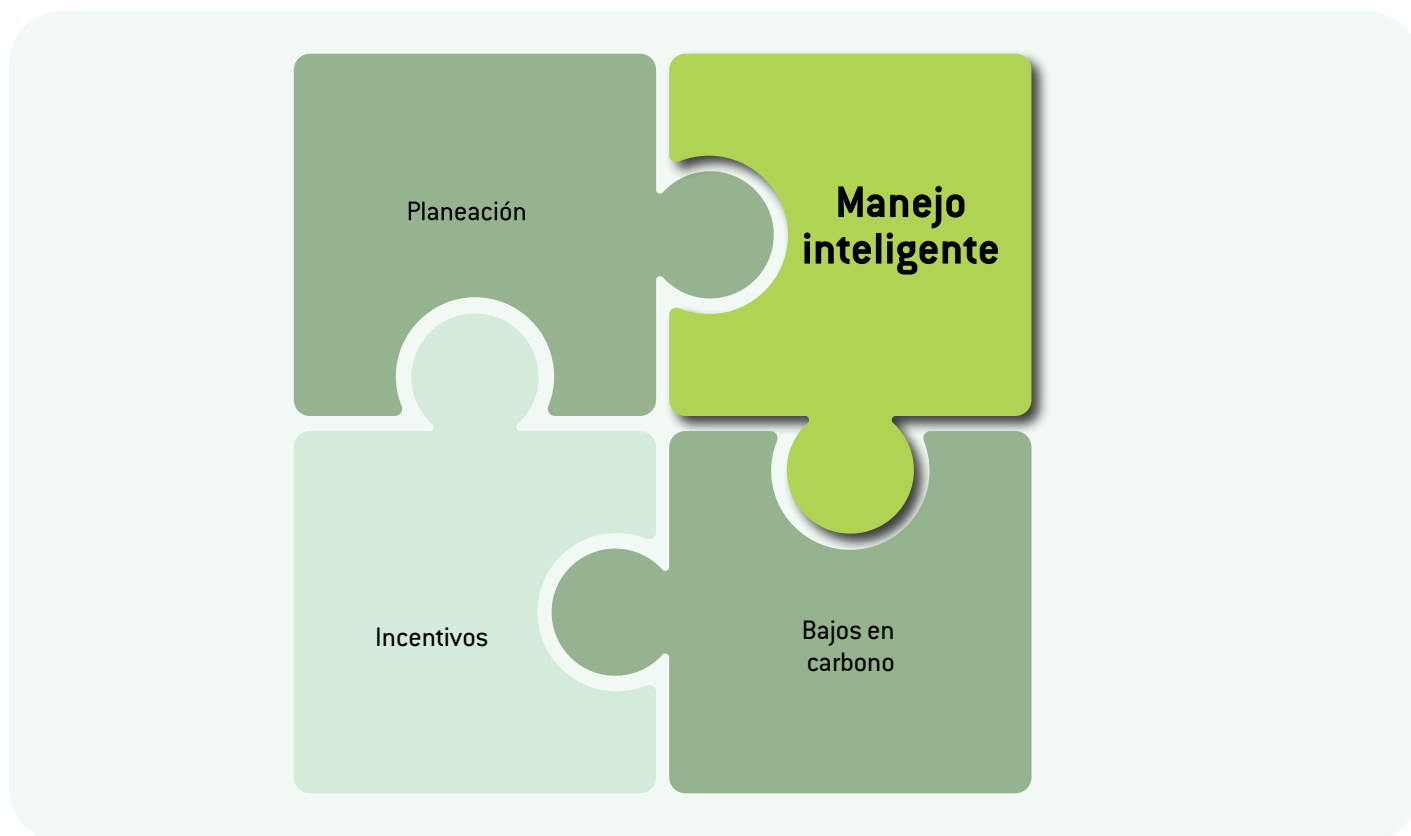
Foto: Salvador Rojas



Módulo 2. Mejoramiento técnico del SAF de cacao bajo en carbono



Foto: Salvador Rojas



Este módulo orienta cómo manejar los nuevos cultivos planificados y los ya establecidos con base en una agricultura más sostenible, con un manejo más eficiente de los clones, del suelo, del agua, con buenas prácticas agrícolas y agroforestales que generen mayores ingresos.

Los retos para planificar, diseñar e implementar medidas de adaptación al cambio climático, cada vez más acelerado, y sus efectos en la agricultura, son cada vez más grandes y complejos. Para ello, se ha fortalecido el concepto de **agricultura climáticamente inteligente**. Bajo este enfoque, se contemplan prácticas que contribuyan a generar y fortalecer las capacidades productivas de los agricultores, incluyendo las que, además de promover el desarrollo social y económico de las fincas y su entorno, fomenten una agricultura sostenible adaptada al cambio y a la variabilidad climática, y permitan reducir las emisiones de GEI, aumentar su captura y promover el cuidado de los bosques. En este módulo se tratarán algunos de los aspectos críticos en ese mejoramiento técnico que están adelantando con muchos esfuerzos varias instituciones del sector, de la mano de las asociaciones y productores cacaoteros de la región.

Manejo de cacao climáticamente inteligente

El manejo climáticamente inteligente posee tres pilares: 1) incrementar de forma sostenible la productividad y los ingresos del productor, 2) adaptar y desarrollar resiliencia al cambio climático, y 3) reducir emisiones y aumentar captura de CO₂. Los módulos 2 y 3 de la presente cartilla harán énfasis en estos tres pilares.

Mejorando ingresos

Pensar en la producción de cacao climáticamente inteligente implica tomar conciencia de que se deben incorporar prácticas acordes al contexto internacional, las condiciones del territorio, la oferta ambiental y las condiciones climáticas, que favorezcan los tres pilares. En ese primer pilar, que es de dimensión económica, se han encontrado varias estrategias en la región que permiten mejorar los ingresos del productor con los SAF de cacao, a saber:

- **Aumentar producción** por hectárea, pasando de 0,3 a 1 t/ha.
- **Disminuir costos** por hectárea, reduciendo costos con una mayor eficiencia y precisión o produciendo en la finca algunos de los insumos.
- **Vender a mejor precio**, con una mejor calidad y presentación del producto, fresco o seco.
- **Tener ingresos adicionales** de los SAF con los productos de las especies acompañantes de las especies en el modelo 3S o recibir pagos por servicios ambientales de esos SAF.
- **Identificar y escalar nuevos ingresos en la cadena de valor de cacao** para las familias, principalmente los jóvenes y mujeres, más allá de la venta del grano en algunos productos o servicios en diferentes eslabones de la cadena.

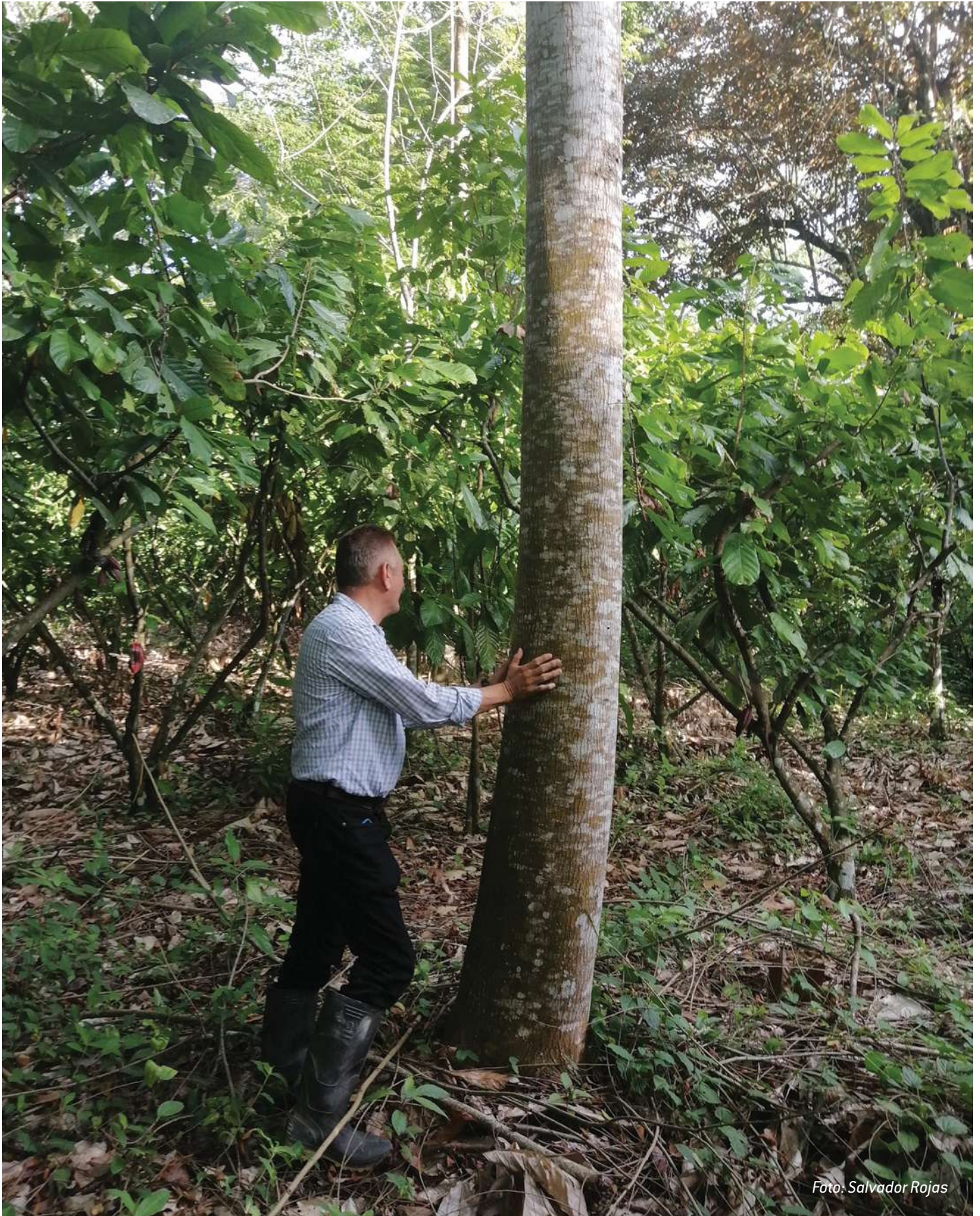
Actualmente, los promedios de producción regional son muy bajos y las demás formas de incrementar ingresos en fincas requieren una mejora en la tecnología, de tal manera que se puedan incrementar las producciones, sin afectar el medio ambiente y la sostenibilidad del cultivo a través del tiempo. Por eso, la planeación en gestión del clima, salud del suelo, selección de las especies, distancias de siembra y diseños debe ser complementada con tecnologías y buenas prácticas agrícolas disponibles hoy por Fedecacao, Socodevi, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), AGROSAVIA, Casa Luker, Colombiana de Chocolates, Rare, Uniandes, Ecopetrol, las asociaciones locales de productores, Workakao, Coomprocar y Coop cacao, la cooperación internacional, etcétera. Aunque hay una extensa literatura y reportes de esos manejos sostenibles de cacao, queremos destacar algunas tecnologías importantes para lograr este objetivo de tener unos SAF de cacao eficientes: la selección

adecuada de clones de aroma y sabor; la selección de clones compatibles; la siembra en bloques, que facilite la cosecha y la poscosecha en forma adecuada; el adecuado manejo de podas de cacao y de los árboles del SAF; los controles preventivos, precisos y a tiempo de plagas y enfermedades; el adecuado manejo de la salud y fertilidad del suelo, no solo cuidando los aspectos químicos, sino también los físicos y biológicos, y la adecuada cosecha y poscosecha del grano y la resiembra o renovación de plantaciones de cacao improductivas o de materiales híbridos.

Selección adecuada de clones de aroma y sabor, y selección de clones compatibles

Existen materiales de siembra que han sido desarrollados por instituciones como Fedecacao, Luker, la Compañía Nacional de Chocolates (2021) y AGROSAVIA, entre otros. **Son clones que se caracterizan por tener una mejor calidad en cuanto a aroma y sabor**, y eso les brinda la posibilidad de entrar a mercados que demandan este tipo de grano. Algunos de estos clones son más productivos que otros, se pueden adaptar mejor a las condiciones de trópico húmedo, responden mejor a la sombra o pueden ser más tolerantes a ciertos problemas sanitarios; por eso, la decisión de qué clones sembrar debe estar basada en la investigación o la experiencia. También es importante la compatibilidad de los clones, porque ante una incompatibilidad o ante un grupo de clones que se siembren en una hectárea que sean altamente incompatibles (auto o inter), la producción será muy baja y no será económicamente rentable para el productor. Las características de esta compatibilidad son:

- **Autocompatibilidad:** cuando las flores de una planta x son debidamente polinizadas por el polen de ella misma x o por polen de flores del mismo árbol x.
- **Autoincompatibilidad:** cuando la flor x no acepta su propio polen x o polen de flores del mismo árbol x.
- **Intercompatibilidad:** cuando las flores de una planta x son fecundadas con polen de otra planta y en porcentaje mayor o igual al 30 %.
- **Interincompatibilidad:** cuando la flor x no puede ser fecundada con polen de otra planta y en un porcentaje menor a 30 %.



Siembra en bloques que facilite la cosecha y poscosecha en forma adecuada

Uno de los aspectos que se ha logrado identificar es que la siembra de diferentes clones en desorden dentro de la finca dificulta la cosecha y el manejo del grano cuando hay diferentes calidades o tamaños. Muchas veces, los agricultores o las personas contratadas para hacer la cosecha no tienen conocimiento de los clones y pueden mezclar clones de diferente calidad o mazorcas de clones de grano grande con grano pequeño, lo que dificulta el proceso de poscosecha, ya que estos pueden quedar sobre o sub-beneficiados, lo que crea problemas de calidad del producto final. Además, algunos mercados especializados prefieren determinados tipos de clones especiales. Por eso, **se recomienda sembrar los clones por bloques**, según sus características de calidad, tamaño de grano y compatibilidad, para así llevar un mejor control, hacer una clasificación óptima del grano y realizar las cosechas por separado. Esto garantiza un **mejor beneficio de las mazorcas y un producto de mejor calidad y comercialización** hacia mercados más organizados.

El adecuado manejo de las podas

Podas de cacao

La autosombra es la sombra que produce el árbol para él mismo en su entorno, adicional a la sombra que pueda obtener de otros árboles más grandes. El cacao tiende a crecer y expandirse y hacer que esta sombra, más allá de sus beneficios, se convierta en un problema para la producción, la cosecha y el manejo fitosanitario. Por esto, la poda es muy necesaria en el árbol de cacao, pero se debe hacer cuidadosamente, sin restarle los beneficios de la sombra.

Igualmente, los árboles forestales requieren poda, pues permite que haya una buena formación del árbol y de la sombra y, con ello, una mejor entrada de luz desde el árbol forestal hacia el cacao.

Las podas deben realizarse en los momentos fisiológicos adecuados de la planta, en las épocas del año recomendadas y con la severidad y técnica que se requiera.

Las podas excesivas maltratan y estresan el árbol de cacao, y las podas muy suaves estimulan el crecimiento de ramas. En otras palabras, la falta de uniformidad no cumple con la función de producir nuevos brotes, dejar entrar luz y permitir aireación dentro de la plantación.



Poda inicial del árbol forestal en SAF

Los tratamientos silviculturales, tales como las podas, deben ser aplicados en todos los individuos que componen un SAF, forestales maderables y no maderables, cacao y frutales. En el caso de frutales, las podas permiten darle forma al árbol y también son necesarias en ocasiones después de cosecha para estimular la producción y regular el follaje. En los maderables, tienen como objetivo mejorar la calidad de la madera e incrementar el diámetro, al reducir el número de ramas y generar espacio del área donde se encuentran las otras especies asociadas. Según la estructura de la especie, hay dos tipos de poda:

Poda natural: muchas especies tienen la capacidad de podarse naturalmente y lo hacen donde la rama tiene una defoliación, muerte de la rama, caída de la rama y cicatrización, ayudando así a tener una madera libre de nudos; si el árbol no realiza todos los pasos, se le debe ayudar eliminando ramas secas que producen nudos secos.

Poda artificial o ramas vivas: esta actividad se debe realizar de manera temprana a los árboles, eliminando las ramas bajas y dejando aproximadamente la tercera parte del árbol. Al hacerlo a temprana edad, se evita dejar heridas profundas en los árboles que pueden afectar la calidad de la troza de madera, y asimismo los árboles no gastan su energía alimentando las ramas y pueden dirigir todo su alimento al tallo principal, aumentando los diámetros.



Recomendaciones para realizar una buena poda

- Definir si la especie realiza buena poda natural. Si es así, ayudar a quitar las ramas muertas, si es necesario. Si no realiza poda natural, podar las ramas vivas a temprana edad.
- Siempre se deben tener en cuenta las especies asociadas, con el fin de no lastimar árboles vecinos con la caída de las ramas.
 - Realizar los cortes de las ramas vivas o muertas lo más cerca posible al fuste, sin profundizar demasiado; deben ser lo menos irregulares posible, para lograr una cicatrización más rápida; no deben hacerse inclinaciones en los cortes, para evitar el aposamiento del agua, que genera pudriciones.
 - Utilizar la herramienta adecuada, es decir, afilada, para evitar cortes irregulares.
 - Si la rama es delgada, puede eliminarse en un solo corte, pero si la rama es gruesa, debe eliminarse en dos cortes: uno superior y, posteriormente, el inferior, agarrando siempre la rama para evitar rasgaduras.
 - Recubrir la herida con pintura o algún otro líquido, pues la cicatrización es casi el momento más importante para reducir la entrada de patógenos y lograr que sea rápida.

Poda de grandes árboles con amplia copa y alta sombra

A medida que el árbol crece, la poda de ramas bajas permite tener una copa alta y menos ancha, provocando una sombra menor para el cultivo de cacao, por la entrada de luz lateral. Por eso, se sugiere manejar la poda desde el comienzo de estos árboles forestales o frutales. Existen árboles de más de diez años que nunca se podaron y que hoy en día pueden estar causando mucha sombra, para lo cual se recomienda **contratar expertos en manejo de alturas, con equipos adecuados y que tengan experiencia en poda de árboles**, para que hagan un trabajo muy técnico y seguro de la poda de los árboles, podando ramas que no vayan a afectar en su caída al cacao. Al final del módulo 4 hacemos una recomendación de conformar pequeñas empresas locales dedicadas a esta actividad con la tecnología y seguridad necesaria.

Mejoras en la polinización

La oferta de flores en cacao es muy alta, pero la polinización natural realizada por insectos es muy baja. Por eso, cuando hablamos de la producción de fruto, se habla de un proceso poco eficiente de 0,05 % a 5 %. Los resultados experimentales y las experiencias de otros países muestran que **las prácticas de polinización manual o de mejoramiento de la polinización por insectos puede ayudar a aumentar la producción por árbol**. En el primer caso, se requiere de entrenamiento y disponibilidad de mano de obra; en el segundo, la reducción de insecticidas, la identificación de los diferentes agentes polinizadores y el mejoramiento de sustratos donde se propagan y viven estos insectos puede ayudar a aumentar las poblaciones del polinizador y la eficiencia de esta actividad.

Los controles preventivos, precisos y a tiempo de plagas y enfermedades

Así como las podas, dentro de los controles preventivos está la recolección de frutas afectadas o con algún tipo de daño, para evitar la diseminación de enfermedades. Es importante aprender a identificar a tiempo y acertadamente las plagas —como el *Monaloniondis simulatum* o chinche del cacao— y las enfermedades —como la moniliasis, causada por el hongo *Moniliophthora roreri*; la pudrición roja de la mazorca, causada por *Phytophthora*, y la escoba de bruja—, a fin de hacer un control adecuado y, si es necesario aplicar algún producto, hacerlo de manera oportuna, en las dosis adecuadas y con los productos autorizados por grados de toxicidad, que correspondan a prevenir, controlar o erradicar cada uno de los problemas presentes. **El manejo preventivo e integral de un problema sanitario es siempre lo más recomendable**, como por ejemplo una buena nutrición de la planta.



Los SAF evitan al máximo el uso de pesticidas que afectan a otros insectos, contaminan el aire o el agua, son un riesgo para la salud de las personas e incrementan los costos del cultivo.

Mantenimiento y mejoramiento de la salud del suelo

Así como para la planeación de un SAF recomendamos la selección del suelo, en plantaciones ya establecidas es imperante también conocer y monitorear la salud del suelo. La nutrición del cultivo no se basa exclusivamente en el uso de fertilizantes químicos. Para su aplicación, se deben considerar las mejores condiciones físicas y biológicas del suelo,

ya que, por ejemplo, una buena porosidad o textura del suelo o la presencia de diversos microorganismos permiten esa dinámica de entrada y movimiento de nutrientes en el suelo y su absorción por parte de las raíces.

Algunas mejoras físicas y biológicas, como la elaboración de abonos orgánicos (compost y humus), mejoran la salud del suelo. El compost es un sustrato que sirve para darle forma al suelo y generar una porosidad ideal para el desarrollo de raíces, el anclaje y la toma de agua y nutrientes. El compost derivado de una serie de procesos de origen orgánico o biológico puede llegar a complementar nutricionalmente a la planta. Algunas veces se realiza compostaje a partir de ciertos residuos que sirven de alimento a la lombriz roja californiana, la cual los convierte en humus o lombricompost, un fertilizante natural y orgánico muy completo que cuenta con la presencia de ácidos húmicos, los cuales aumentan la capacidad de retención de humedad y porosidad en el suelo, dándole aireación, drenaje y medios de crecimiento a los microorganismos que lo habitan. Por su parte, el humus se produce de dos formas, sólido y líquido, siendo este último el que contiene mayor concentración y carga nutricional, por lo cual estos lixiviados son tan apetecidos dentro del sector agrícola, ya que su aporte de nutrientes al sistema es bastante alto y, si se enriquecen con minerales, pueden llegar a aportar los requerimientos nutricionales al cultivo o sistema. Finalmente, si el SAF está cerca de un bosque, se puede realizar captura de microorganismos

mos que, complementados con otras familias, serán los encargados de acelerar procesos de descomposición y obtención de fertilizantes o sustrato adecuado para el cacao.

Si ponemos en práctica todo lo anterior, tendremos una mejor respuesta de las **fertilizaciones químicas, que deben basarse en análisis químicos y estar orientadas por asistentes técnicos** que puedan recomendar los niveles adecuados de fertilizantes.

El suelo no es igual en toda la finca, por eso la experiencia del productor o la visita de un técnico nos puede ayudar a identificar áreas donde la topografía o las condiciones físicas, biológicas o químicas difieren y donde debemos hacer diferentes tipos de adecuaciones para mejorar la respuesta, por ejemplo, hacer drenajes, aumentar la MO o aplicar una cantidad mayor de fertilizante.



Mitigación del cadmio en el suelo y en el grano

El cadmio es un factor crítico en la producción de cacao, sobre todo en suelos de la región con contenidos mayores a 1 ppm. Cuando esto se deba no solo al material parental del suelo, sino también a enmiendas, fertilizantes o prácticas culturales, podemos hablar de algunas formas de mitigación. Los niveles que se encuentran en los departamentos de Meta y Arauca y entre municipios y entre fincas indican que no hay unas cantidades uniformes de este elemento y que el manejo debe ser diferenciado de acuerdo con esos niveles encontrados. Algunas de las recomendaciones de mitigación requieren de mayor información, como **análisis de la hojarasca, de los elementos compostables y de los fertilizantes y enmiendas** que se utilizan, para determinar cambios en las cantidades o fuentes



Foto: Salvador Rojas

que estamos empleando. Por ejemplo, un cadmio alto en hojarasca indicará que debemos retirarla periódicamente, y si es alto en los compost y fertilizantes, debemos buscar otras fuentes (Bravo et al., 2021b).

Los análisis y monitoreos de los granos en los diferentes clones y los procesos de fermentación y la cascarilla, aparte del grano tostado, también pueden mostrar diferencias en niveles de cadmio e indicar materiales o procesos alternos de mitigación (Bravo et al., 2021a).

La adecuada cosecha y poscosecha del grano

Las prácticas de cosecha, la clasificación de los frutos, la infraestructura y equipos, los tiempos y procesos de fermentación y secado, así como el empaque y el almacenamiento pueden marcar la calidad y la vida útil del producto. Actualmente, AGROSAVIA, Fedecacao y Socodevi ofrecen información sobre el manejo adecuado, a través de actividades como las centrales de beneficio, que recogen el grano fresco y hacen un adecuado proceso de beneficio de acuerdo a las demandas del mercado.

Rehabilitación y renovación de árboles viejos o modernización de cacao

Aunque gran parte de la información de estos módulos hace referencia a la planeación de nuevas áreas SAF, actualmente existen muchas plantaciones viejas con cacaos híbridos de una alta diversidad de producción y calidad de grano, o cacaos improductivos en estado sanitario crítico, que requieren una estrategia para mejorar la producción. Por eso, entidades como Fedecacao y otras están adelantando campañas de renovación y modernización con siembras de cacao que reemplazan árboles muertos o de baja producción en plantaciones híbridas.

Rehabilitación de plantaciones de cacao

Se conoce como rehabilitación de una plantación de cacao la aplicación de una serie de prácticas de manejo para restaurar la producción, que incluyen la reducción de altura de la planta, la eliminación de ramas innecesarias o que dificultan el desarrollo y producción, utilizando las podas, acompañadas de la fertilización y otras labores, y conservando los mismos árboles (Fedecacao, 2015; Mejía et al., 2003; Ramírez et al., 2020).

Rehabilitación de plantaciones de cacao

- Reducir la altura de las plantas de cacao.
- Permitir la entrada de luz al cultivo.
- Aumentar la aireación dentro de la plantación.
- Renovar el tejido productivo.
- Reactivar los cojines florales inactivos.
- Disminuir la incidencia de enfermedades limitantes (monilia o escoba de bruja).
- Aumentar la producción de las plantaciones híbridas y, en casos especiales, las establecidas con clones (Fedecacao, 2015; Mejía et al., 2003; Ramírez et al., 2020; CNCH, 2021).

Renovación de plantaciones de cacao

Por su parte, la renovación de una plantación de cacao consiste en el cambio del material genético (copas), utilizando las raíces y los tallos del árbol patrón improductivo, o también en el establecimiento en el mismo sitio de nuevas plantas con características de productividad y adaptabilidad a la zona agroecológica (Fedecacao, 2015; Mejía et al., 2003; Ramírez et al., 2020).

La rehabilitación-renovación de las plantaciones de cacao improductivas contempla cuatro fases, que se describen a continuación.

Momento 1. Selección, identificación y preparación de los árboles a intervenir

Para la selección de los árboles, se evalúa si cada uno cumple las condiciones de eficiencia productiva alta, media, regular o baja; sanidad, especialmente en tronco y raíz; arquitectura (altura de las plantas y distribución y dirección de las ramas), y diámetro del tallo o tronco.

Los árboles que se ajusten a los criterios de regular a baja productividad, sanidad y diámetro de tallo se seleccionan para el proceso de renovación mediante injerto malayo, también denominado injerto lateral en leño grueso, y se identifican con una cinta plástica de color. Aquellos que cumplan con las condiciones anteriores, a excepción del diámetro del tallo, pero que además tengan chupones basales, se identifican con un color diferente y serán objeto de renovación mediante injerto de aproximación en chupón basal; si no tienen, se inducirán para que los produzcan. Mínimo un mes antes de realizar estas intervenciones, se efectúa la preparación de las plantas seleccionadas e identificadas eliminando entre el 40 y el 60 % de la copa, según su densidad, así como otros crecimientos aéreos.

Los árboles que tengan un índice productivo de regular a bajo y que cumplan con las otras condiciones se identifican con otro color para ser rehabilitados mediante poda y aplicación de prácticas agronómicas eficientes.

Todo corte hecho al árbol debe ser cicatrizado para prevenir problemas sanitarios.



Aquellas plantas que muestren problemas sanitarios en tallo y raíz deben ser identificadas con una cinta plástica de color rojo para ser erradicadas del lote.

Igualmente, se debe hacer una evaluación de las especies de plantas que acompañan el cacao, con el propósito de intervenirlas y rediseñar el sistema de producción, si es el caso, para facilitar la rápida recuperación del cacao.

Momento 2. Injerto malayo o injerto lateral en leño grueso

Es la inserción en el tallo o tronco del árbol identificado, a una altura de entre 40 y 60 cm de la superficie del suelo, de una varetta de la variedad de cacao seleccionada que debe tener 3 yemas, como mínimo, y debe provenir de un jardín clonal registrado ante el ICA. La variedad de cacao a propagar debe ser de alto potencial de rendimiento y estar adaptada a las condiciones edafoclimáticas de la región productora.

Una vez injertada la varetta, se amarra con un cordel elástico y se cubre con plástico vinípe, para evitar la entrada de agua y la pérdida del injerto por problemas de índole sanitario.

Aproximadamente a los 20 o 30 días, se destapa el injerto para verificar su prendimiento sin quitar el cordel. Si es efectivo, se elimina el plástico para que continúe el desarrollo.

Momento 3. Labores de mantenimiento del injerto

Cuando la yema injertada alcance una longitud de 40 a 50 cm o una edad entre 90 y 120 días con la emisión de dos pares de hojas verdes maduras, es el momento indicado para realizar el corte del patrón donde inicia el injerto, el cual debe hacerse en bisel y con un ángulo de 40° para facilitar el encallamiento o cubrimiento rápido de la yema sobre el patrón.

Momento 4. Labores de mantenimiento de las plantas injertadas y en general de todo el sistema productivo

A la nueva plantación se debe aplicar toda la tecnología de manejo disponible que permita a la nueva planta expresar todo el potencial productivo para alcanzar rendimientos por unidad de área por encima del promedio nacional, que actualmente es aproximadamente de 500 kg/ha⁻¹ de cacao seco. Estas labores de manejo corresponden a:

- Manejo de la arquitectura de la planta a través de la poda de ramas y chupones, utilizando la tijera podadora o, en su defecto, el serrucho corvo.
- Control de arvenses manual o con guadaña.
- Fertilización de acuerdo con el análisis químico de suelo.
- Aplicación de riego.
- Manejo integrado de plagas y enfermedades (Mejía & Palencia, 2000; CNCH, 2021).

Beneficios de la modernización de la cacaocultura para productores y el medio ambiente

- Aumento de la productividad de la plantación de cacao a partir de los 18 meses de intervenido el sistema de producción, trayendo beneficios económicos para los productores, disminuyendo la demanda de insumos y reduciendo los costos de mantenimiento.
- Menores costos de producción en la rehabilitación-renovación del sistema productivo de cacao, comparados con la instalación de plantaciones nuevas en sistemas agroforestales.
- Aprovechamiento de los residuos vegetales gruesos (ramas gruesas, tallos) producto de las podas tanto del cacao como de las especies acompañantes, para usos en la finca o comercialización según la calidad de la madera obtenida (árboles forestales maderables y no maderables).
- Protección del suelo: beneficios ambientales por la descomposición de los residuos vegetales de menor tamaño (ramas pequeñas y hojas), los cuales quedan repicados en el suelo, aumentando el contenido de MO y, por consiguiente, la fertilidad; además, protegen el suelo de la incidencia directa de los rayos del sol y evitan la pérdida por escorrentía en las épocas de lluvias.



Foto: Salvador Rojas

Guías de aprendizaje para el mejoramiento técnico del SAF de cacao bajo en carbono

Guía 2.1. Cacao SAF climáticamente inteligente

Introducción

Durante las últimas décadas, el mundo enfrenta cambios en el clima provocados por acciones antropogénicas (emisiones de GEI), que inciden significativamente sobre los sistemas productivos, especialmente la agricultura. Por tal motivo, se precisa aunar esfuerzos por optar por **prácticas agrícolas sostenibles que influyan positivamente sobre la productividad, adaptación y mitigación al cambio climático**. La implementación de buenas prácticas agropecuarias y el uso de herramientas teórico-prácticas para el monitoreo y análisis del clima en la región y la localidad contribuye a reducir los riesgos económicos, productivos y ambientales de sus cultivos y adaptarse al cambio climático.

Por tanto, tras la buena planeación de nuestro cultivo de cacao, debemos ser ordenados con la implementación de los SAF de cacao bajos en carbono y con la ejecución de actividades que conducen a cumplir las metas a largo plazo. En esta guía se dan recomendaciones sobre el manejo del cacao en SAF planificados, pero también se brindan algunas recomendaciones de manejo o ajustes a sistemas de cacao SAF actuales, para realizar ajustes a ciertas actividades y a futuro tener sistemas económicamente rentables en la cadena de valor del cacao, que se adapten a la oferta ambiental y utilicen buenas prácticas agrícolas, además de tener bajas emisiones de carbono y ser eficientes en su captura y almacenamiento.

¿Qué es un SAF en cacao climáticamente inteligente?

Un SAF de cacao climáticamente inteligente reúne tres características: productividad, con la mejora de los ingresos del productor; adaptación de las actividades al cambio y la variabilidad climática, y mitigación, que implica disminuir emisiones y mejorar el aumento de la captura de carbono (figura 26).



Figura 26. Dimensiones de sostenibilidad para un manejo inteligente.

Fuente: Elaboración propia

El cacao climáticamente inteligente implica considerar las dimensiones de la sostenibilidad (económica, ambiental y social) para un análisis integral que permita racionalizar y obtener resultados en el corto, mediano y largo plazo que aseguren el **bienestar de la comunidad** (productor y familia) y la **preservación de las condiciones ambientales**.

Buenas prácticas para mejorar ingresos en la cadena de valor de cacao

Uno de los indicadores más llamativos para el cacaocultor es la mejora de la productividad y la generación de ingresos. Si se observa el agronegocio del cacao, casi siempre pensamos en ingresos a partir de aumentar la producción, pero más allá de eso, se puede decir que existen varias posibilidades en todos los eslabones de la cadena (provisión de insumos, producción, agroindustria y comercialización) que podrían ayudar a mejorar los ingresos de las familias cacaoteras de la región del Meta y Arauca. A continuación, se mencionan algunas formas de mejoramiento de los ingresos de cacao encontradas en el territorio:



Transformación del cacao: ofrecer productos y servicios a través de las capacidades de los miembros de la familia (ver módulo 4).



Optimizar recursos económicos y ecológicos implementando insumos de mayor efectividad y elaboración de otros en el predio.



Valorización del precio del grano por su calidad y presentación.



Aprovechamiento de las especies acompañantes (valor comercial).



Fijar como meta la producción mínima de 1 t/ha de grano seco de cacao.

Fotos: Salvador Rojas

¿Cómo aumentamos la producción de cada árbol de cacao?

Podemos decir que actualmente los promedios de producción de Meta y Arauca son bajos (0,3 a 0,5 t/ha), y por esto la agricultura con cacao debe mejorar su tecnología, a fin de incrementar las producciones, sin afectar el medio ambiente y la sostenibilidad del cultivo a través del tiempo.

A continuación, se resumen las tecnologías recomendadas:

- **Conseguir un buen material de siembra** de viveros certificados, debidamente injertado.
- **Seleccionar de manera adecuada los clones de aroma y sabor**, modelos araucanos y otros clones ya disponibles y adaptados.
- **Deseleccionar los clones compatibles**, ya que la compatibilidad es fundamental para que se origine una buena producción.



Existen clones de aroma y sabor disponibles en el mercado, con buen grado de adaptación; sin embargo, se deben establecer de forma adecuada, ordenada y conocer su compatibilidad con otros clones en cuanto a polinización y fecundación de las flores.

- **Sembrar en bloques** (surcos o hileras bien definidas y organizadas), para facilitar la cosecha y poscosecha y ofrecer un producto de mejor calidad.
- **Realizar podas adecuadas**, para regular la sombra, mejorar aireación, aumentar entrada de luz, aumentar la producción de flores y frutos, mejorar la arquitectura o forma de la planta y aumentar la producción.

Las podas de formación, mantenimiento, sanitarias y de renovación en el cacao y en las especies arbóreas deben hacerse en los momentos oportunos y realizarse correctamente según las recomendaciones técnicas.



- **Hacer un manejo preventivo de plagas y enfermedades**, preciso, de bajo impacto ambiental y a tiempo, para disminuir niveles de daño en el cultivo, pérdidas en la productividad, pérdidas económicas y afectación al entorno.

Diferenciar enfermedades como moniliasis, *Phytophthora* spp. y escoba de bruja, identificar las plagas como *monalonium* y hacer las recolecciones de frutos y los manejos adecuados disminuye pérdidas en el cultivo.



- **El manejo adecuado de la salud y fertilidad del suelo**, tanto en los aspectos químicos como físicos y biológicos, permite aplicar las cantidades necesarias para la planta, y el manejo de la hojarasca como factor mejorador de las condiciones biológicas del sistema.



1.100 plantas de cacao sembradas en una hectárea extraen durante el año 453 kilos de nitrógeno, 114 kilos de fósforo, 788 kilos de potasio, 40 gramos de manganeso y 10 gramos de zinc.



La materia orgánica (MO) es fundamental en el mejoramiento del suelo, en la captura de carbono y en el aumento de poblaciones de microorganismos y otros organismos que favorecen la salud del suelo.

- **La adecuada cosecha y poscosecha.** Existen diversas formas de manejo del grano, aunque predomina el beneficio en cada finca. Recientemente, el departamento del Meta ha aumentado la capacidad de beneficio y **hoy se reportan cerca de 10 centrales de beneficio del cacao en diferentes municipios**, lo cual permite hacer un manejo del grano fresco mucho más cuidadoso y en condiciones controladas, para reducir pérdidas y mejorar calidad.

La calidad e inocuidad del grano puede estar afectada por un mal manejo en la poscosecha. La venta en fresco (grano de cacao en baba) es una opción para hacer un trabajo más controlado en las centrales de beneficio. Igualmente, el manejo en la finca con una buena fermentación, secado, empacado y almacenamiento mejora esa calidad e inocuidad. Hoy en día, las centrales de beneficio ofrecen una oportunidad de mejora y estandarización de estos procesos.



- **La ampliación de mercados.** Actualmente hay mercados de cacao a nivel nacional e internacional, y en el departamento del Meta hay experiencias de exportación de grano en pequeños baches de cacaos finos de aroma y sabor y también volúmenes un poco más grandes de mezclas de clones bien beneficiados, manejados, lo cual a menudo implica mejores precios a medida que la calidad mejora y las demandas de los mercados son más justas.



En Meta y Arauca, los cacaocultores han recibidos reconocimientos y premios nacionales e internacionales por la calidad de sus productos, pero es necesario estandarizarlos para sacarles el mayor provecho y que estos reconocimientos permitan alcanzar mercados más estables con mejor valor.

Rehabilitación y renovación de árboles viejos

En muchas de las fincas visitadas encontramos grandes problemas de producción debido al estado del cacao. Hay casos en que es preferible hacer un proceso de rehabilitación o, mejor aún, de renovación, que seguir manteniendo estas plantaciones viejas con cacaos híbridos de una alta diversidad de producción y calidad de grano, o cacaos improductivos en estado sanitario crítico.

Se debe aprovechar esta situación para hacer una adecuada planeación y corregir todos los errores del pasado, como tumbar árboles que produzcan demasiada sombra, podar algunos árboles, sembrar nuevos árboles ordenadamente y proceder a la **renovación de toda la cacaotera en mal estado**.

Son varias las razones para intervenir una plantación, por ejemplo:

- Plantaciones híbridas envejecidas mayores a 25 años y con poco o ningún manejo agronómico.
- Plantaciones establecidas con clones, pero con deficiente manejo agronómico tanto del cacao como de las especies acompañantes.
- Siembra de materiales genéticos o semillas no viables.
- Exceso o déficit de sombra interna y externa.
- Distancias de siembra no uniformes.

- Mala estructura (arquitectura) de los árboles y alturas superiores a 10 metros.
- Alta presencia de enfermedades, especialmente *Phytophthora cinamomi*, *Rosellinia pepo* y *Moniliophthora perniciosa*.
- Daños físicos en las plantas (pérdida de ramas por golpes y cortes provocados por el uso de equipos y herramientas en las labores de mantenimiento, plantas rasgadas por caída de ramas de los árboles de sombrío, etc.).
- Plantaciones poco productivas (< 30 mazorcas/árbol) (Fedecacao, 2015; Mejía et al., 2003; Ramírez et al., 2020).

Renovación de plantaciones de cacao

El cambio del material genético (copas) utilizando las raíces y los tallos del árbol patrón improductivo contempla cuatro (4) pasos, fases o momentos:

- Selección, identificación y preparación de los árboles a intervenir.
- Injerto malayo o injerto lateral en leño grueso.
- Labores de mantenimiento del injerto.
- Labores de mantenimiento de las plantas injertadas y en general de todo el sistema productivo.

Guía 2.2. Podas del cacao y de los árboles

Introducción

La poda es una práctica que requiere cuidado y atención para no afectar negativamente los árboles de cacao y los frutales y forestales. En cacao, la poda sirve para la formación del árbol, en altura y copa; estimula la brotación de ramas y flores; regula la entrada de luz, y puede reducir microclimas altamente húmedos para minimizar la incidencia y severidad de las enfermedades. Ahora bien, es una actividad de mucho cuidado porque una mala poda puede causar estrés al cacao y hasta muerte de las ramas, afectando directamente la producción. Con respecto a los forestales y frutales, el manejo forestal y hortícola indica que la poda estimula el engrosamiento rápido de los árboles debido al realce de la copa para permitir la entrada de luz lateral. Es recomendable buscar asesoramiento de un experto, asistente técnico o agricultor experimentado en cacao y en las otras especies, en temas de podas, para evitar cometer errores y, por ende, disminuir la producción o perder plantas.

Podas en cacao

Poda de formación: se efectúa para dejar un número adecuado de ramas principales, de manera que equilibren la copa del árbol, eliminando ramas innecesarias del interior de la copa y todos los chupones. Realizarla cuando los árboles tengan entre 10 y 16 meses de sembrados (Merchan et al., 2015).

Poda de mantenimiento: persigue mantener la arquitectura de la planta y se debe realizar a partir del segundo año después del establecimiento, en la cual se eliminan las ramas secas, malformadas o con tendencia al suelo, además de los chupones y las ramillas conocidas como plumillas. Se recomienda realizarla anualmente (Merchan et al., 2015).

Poda fitosanitaria: consiste en eliminar las mazorcas enfermas y parte del follaje y ramas que hayan sido afectadas por escoba de bruja, moniliasis, insectos u otros enemigos. Se realiza simultáneamente con la poda de mantenimiento (Merchan et al., 2015).

Poda de rehabilitación: se utiliza cuando una planta de cacao tiene una edad avanzada y excesiva presencia de enfermedades, que ocasionan la disminución de la producción, cuyo propósito final es que la planta emita nuevos brotes o chupones para obtener un nuevo árbol. La recepa puede ser alta como puede ser baja, dependiendo de las condiciones de la plantación (Merchan et al., 2015).

A continuación, se establecen algunas consideraciones antes, durante y después de las podas (figuras 27 y 28).

Herramientas

Tijeras de poda limpias y afiladas.

Momento adecuado

En cosecha o poscosecha, porque está en fase de crecimiento lento. Meses secos o cálidos.

Identificación de ramas

Ramas muertas, enfermas o dañadas, cruzadas o entrelazadas.

Cómo cortar

Cortar por encima de un brote lateral sano o una yema que esté afuera, a un ángulo de 45°, evitando acumulación de agua.



Figura 27. Consideraciones realizadas para cacao antes, durante y después de la poda.

Fuente: Elaboración propia

Foto: Salvador Rojas

Herramientas

Tijera de poda limpias y afiladas. Sierra de podar o hacha para ramas grandes. Equipo de seguridad (gafas, casco, etc.).

Momento adecuado

Cuando no está en crecimiento activo.

Identificación de ramas

Ramas muertas, enfermas o dañadas, o que representen un peligro.

Cómo cortar

Cortes limpios y suaves, justo fuera del collar de la rama, (el área hinchada donde la rama se une al árbol). Evite cortar demasiado cerca del tronco, para no provocar problemas en la cicatrización. Corte de abajo hacia arriba, primero realizando cortes a un tercio de la rama y, luego, el corte final, para evitar que se desgarre.



Figura 28. Consideraciones realizadas para forestales antes, durante y después de la poda.

Fuente: Elaboración propia

Foto: Salvador Rojas

Ramas para eliminar

Las que crecen verticalmente.

Mantenimiento del tamaño

Cortar las ramas para que sea manejable.

Recolección de ramas

Los restos de podas se deben disponer según las condiciones del cultivo y la sanidad de las ramas.

Registro

Monitoree el estado de salud y desarrollo de las plantas intervenidas. Registre fecha y hora de la poda y seguimiento.

Ramas para eliminar

Las que compitan por luz o espacio. Las que dificulten el crecimiento saludable y el desarrollo del árbol.

Mantenimiento del tamaño

Evite podar en exceso. No se debe eliminar más del 25-30 % de la corona del árbol en una sola poda, ya que puede debilitarlo.

Recolección de ramas

Recoja y elimine adecuadamente los restos de poda para evitar la propagación de plagas y enfermedades.

Registro

Lleve un registro de las podas que se realicen, incluyendo la fecha y la razón de la poda, para hacer un seguimiento de la salud y el crecimiento del árbol.



Recuerde que las podas deben ser realizadas por personas que conozcan la fisiología de las especies para evitar daños, y evite hacer esta labor en épocas del año o del desarrollo que generen estrés al cacao y las otras especies. En el caso de podas en altura, estas personas deben estar calificadas en trabajo en alturas y contar con todos los equipos necesarios para garantizar la seguridad personal y una buena labor.



Foto: Salvador Rojas

Guía 2.3. Producción de abonos orgánicos

Abonos orgánicos

Recuerde que su sistema productivo genera residuos orgánicos y aprovecharlos como materia prima para la elaboración de fertilizantes contribuye a la eficiencia del sistema. ¡Potencialícelos transformándolos en fertilizantes orgánicos! Esto también reduce costos al producir abonos propios que, una vez aplicados al suelo, ayudarán a mejorar su salud física y biológica, y serán un buen complemento a la nutrición mineral.

Consulte: <https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/agricultura-ecologica-1/documentos/cartilla-elaboracion-abono-organico-liquido-28-11.aspx>



¿Qué son?

Los abonos orgánicos son sustancias que están compuestas por **desechos de origen animal o vegetal**, los cuales se incorporan al suelo para mejorar sus condiciones químicas, físicas y microbiológicas. Además, estimulan la formación de agregados que favorecen la retención de agua y el intercambio de gases a nivel de las raíces de las plantas. Se obtienen a través de la transformación de la materia prima, como estiércol de animal, restos vegetales de poscosecha o restos orgánicos.

Importancia de los abonos orgánicos

Si se elaboran correctamente, **los abonos orgánicos brindan mejores condiciones a la salud del suelo**, mayor aprovechamiento de los residuos, mejores rendimientos del sistema y disminución de costos de producción para el productor, lo cual mejora ingresos a través de productos de calidad y reduce insumos externos. Hay tres tipos de abonos orgánicos: fermentos sólidos, fermentos líquidos y lombricompost.

Fermentos sólidos

Compost y bokashi

Se pueden utilizar como materia prima materiales que se encuentran en las fincas:



Residuos sólidos orgánicos domésticos: incluyen desperdicios crudos de cocina, [cáscara de huevo, restos de frutas y verduras, entre otros].



Materiales de origen vegetal: hojas, ramas y tallos, follaje de leguminosas, restos de plátano, maíz, frijón, cáscara de cacao, etc.



Estiércoles y orines: provenientes de ganado bovino (vacas y toros), porcino (cerdos), ovino (ovejas), caprino (cabras), equino (caballos y yeguas) y otras especies menores, como conejos y aves, entre otras.



Otros productos: harina de sangre o de pescado, fuentes de material mineral (roca fosfórica), ceniza vegetal o de fogón, tierra común, harina de rocas.

Existen varios métodos para la elaboración de compostaje, pero su preparación puede verse limitada a factores económicos, acceso a equipos/herramientas y tiempo. La figura 29 muestra un mapa para la toma de decisión del método de preparación del compostaje que se ajustaría a su necesidad o requerimiento.

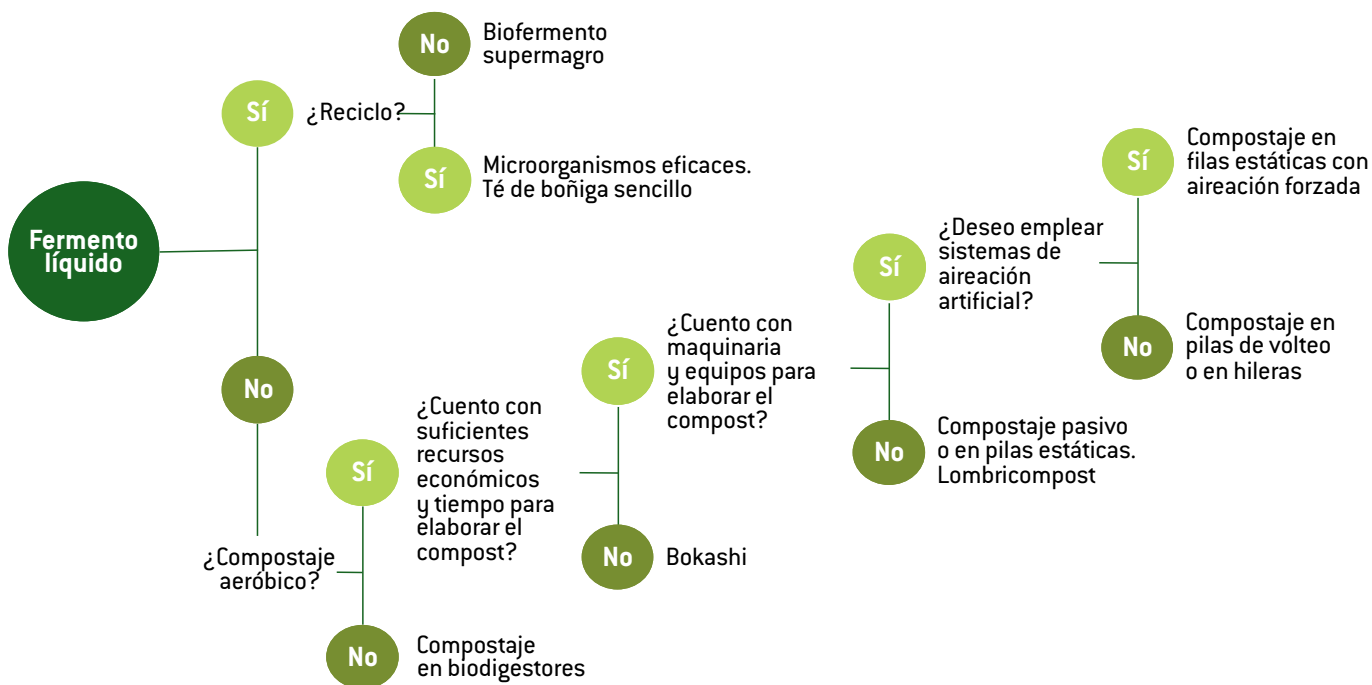


Figura 29. Mapa de decisión para la selección de fertilizante orgánico acorde a la necesidad del productor.

Fuente: Elaboración propia

Compostaje pasivo o en pilas estáticas

Es el sistema más simple y antiguo, que consiste en acumular residuos orgánicos que se descomponen lentamente sin ningún tipo de control de humedad, aireación y temperatura. La aireación se hace de manera natural, mediante el flujo del aire a través de la pila.



Si se aplica el método de compostaje en columnas estáticas aireadas, se debe procurar mantener siempre una temperatura de 55 °C o más por un periodo de tres días. Si se emplea el compostaje por columnas sin aireación, es necesario mantener la temperatura a 55 °C o más durante 15 días, y revolver máximo cada 5 días.

El proceso de degradación es entonces dominado por microorganismos anaeróbicos, lo cual produce baja temperatura y una lenta descomposición; en algunos casos se generan malos olores, gases y líquidos no deseados. En general, con este sistema no se obtiene un producto de alta calidad. Sin embargo, **es un sistema simple y de bajo costo**, ya que no requiere de mano de obra para su manejo ni de conocimientos técnicos para su realización.

Compostaje en pilas de volteo o en hileras

Consiste en colocar los residuos orgánicos en pilas alargadas al aire libre o en galpones, cuyas dimensiones fluctúan entre 2 y 5 m ancho y 1 y 3 m de alto, con una longitud variable, en forma triangular o trapezoidal. Ambos dependen de las condiciones ambientales predominantes, la maquinaria disponible para su elaboración y la necesidad de voltear las pilas, entre otros factores. Las pilas deben ser volteadas periódicamente por medios manuales o mecánicos.

Compostaje en pilas estáticas con aireación (pasiva, forzada)

Este tipo de compostaje se logra colocando la materia orgánica en pilas y aireándola mediante una red de tuberías perforadas que se ubican en la parte inferior de la pila. Para

permitir el adecuado flujo de aire, se debe poner una cubierta porosa ya compuesta de turba, paja de cereales, etc., para lo cual se debe realizar una correcta mezcla inicial con el objetivo de asegurar una adecuada porosidad y estructura de la pila. Este tipo de compostaje corresponde a la aireación pasiva. Con respecto al compostaje mediante aireación activa, el aire se suministra mediante una red de tuberías con la ayuda de un compresor, lo cual permite un mejor control de la temperatura y la humedad, pero **su producción tiene un mayor costo.**

Compostaje en biodigestores

En este caso, el proceso de compostaje se lleva a cabo dentro un contenedor cerrado donde se desarrolla un proceso aeróbico acelerado para generar compost. El contenedor posee inyectores de aire y agua, que mantienen las condiciones ideales en la mezcla y facilitan el trabajo de los microorganismos.

El bokashi es otro tipo de compost con ventajas comparativas relacionadas con la velocidad de preparación, ya que solo requiere dos semanas, mientras que el compost puede tardar hasta tres meses, no atrae insectos indeseables y, de hecho, ahuyenta a muchos de ellos. Fortalece los microorganismos benéficos del suelo, favoreciendo a las plantas, no genera olores desagradables y **enriquece el suelo al aportar materia orgánica y gran cantidad de nutrientes** útiles para el desarrollo de las plantas.

Para preparar un bokashi, puede consultar el siguiente enlace: <https://www.ecologiaverde.com/bokashi-o-bocashi-compost-que-es-y-como-hacerlo-2102.html>

Fermentos líquidos

- Anaeróbicos o con ausencia de oxígeno en su proceso.
- Aeróbicos o con presencia de oxígeno en su proceso, caldos.

Lombricompost

El lombricompost o vermicompost es producido como consecuencia de la digestión de la lombriz roja californiana (*Elserria foetida*) de residuos orgánicos de origen vegetal o animal. Las lombrices descomponen los residuos orgánicos al alimentarse de ellos, los cuales quedan disponibles para los microorganismos.



Foto: Salvador Rojas

Las lombrices, entonces, sirven para estimular la actividad microbiana, generando un producto homogéneo, de color oscuro y rico en nutrientes (humus), que al ser aplicado al suelo mejora sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas; además, se obtiene lixiviado, el cual puede ser aplicado al cultivo.

Aprenda a preparar lombricompost en el siguiente enlace: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/04/30/elaboracion-y-uso-de-lombricompost-o-vermicompost/>

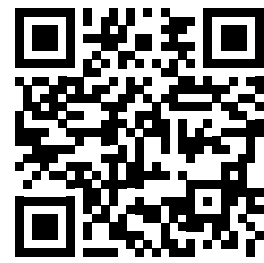
Entre otras estrategias del sistema que sirven como complementación para el éxito de usar abonos orgánicos están: la aplicación de mantillo orgánico creando cobertura; el uso de materiales de siembra superiores; el desarrollo y rejuvenecimiento de plantas viejas; la siembra de plantas de sombra más diversas; la plantación de sombra temporal; la poda de cultivos principales; el uso de fertilizantes orgánicos, y la plantación de cultivos de cobertura.

Para preparar y usar los abonos orgánicos, tenga en cuenta:

- Pasarlos por tratamientos que disminuyan los posibles peligros biológicos a los que puedan estar expuestas las personas que manipulan los ingredientes.
- No usar abonos orgánicos de origen desconocido.
- No usar abonos contaminados con metales pesados.
- Usar siempre fuentes de origen conocido, donde se pueda generar una trazabilidad a los abonos generados por descomposición.

Posibles riesgos al usar excremento animal: abonos orgánicos contaminados con microorganismos patógenos o parásitos para la salud humana. Evite dejar los abonos que tengan esta materia prima cerca de productos de cosecha o consumo humano.

Amplíe los conocimientos en el manejo y elaboración de abonos orgánicos consultando los siguientes documentos:



Guía 2.4. Anexo: certificación ICA de BPA

Introducción

Una vez establecido el SAF con cacao de tres meses o más, se deben empezar a realizar los trámites para hacer la solicitud ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), que es el ente encargado de emitir el certificado de BPA, lo que permite abrir camino para tener un producto con estándares de inocuidad y trazabilidad, dándole un mejor manejo al SAF de cacao y buscando alcanzar mercados diferenciales y de exportación.

Esto puede incentivar la participación en escenarios o espacios donde se lleven a cabo alianzas público-privadas (APP), con el objetivo de darle un valor agregado a las BPA que se establecen en el sistema.

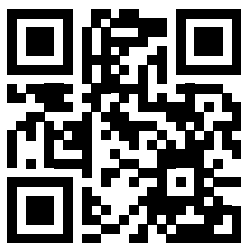
Tenga en cuenta que:

- Son procesos gratuitos que no tienen ningún costo.
- No hay un límite de área a certificar, es decir que cualquier persona que cumpla con los criterios puede certificarse.
- La persona que realiza la solicitud debe tener una cuenta de correo electrónico activa, de uso personal y frecuente.
- El proceso **debe ir acompañado de un implementador**, que puede ser un profesional del sector agropecuario (ingeniero agrónomo, agrónomo, ingeniero forestal, ingeniero agroecólogo). Para el caso de cultivos con cacao como el SAF, entidades como Fedecacao cuentan con personal capacitado para hacer acompañamiento al productor durante el proceso de solicitud y verificación. Este es un punto muy importante, ya que el apoyo de un técnico o profesional es requisito obligatorio para el éxito de la solicitud.

Pasos a seguir

1. Inicialmente, con apoyo del implementador, revise la lista de chequeo (anexo I) que se encuentra en la Resolución 082394 de 2020.
2. Dentro de los criterios de cumplimiento emitidos por el ICA se tienen: fundamentales, mayores y menores. Para poder evaluar el cumplimiento de la lista de chequeo, se recomienda que el implementador evalúe los criterios de cumplimiento a través de la forma 3-041, en compañía de quien realiza la solicitud.
3. Se deben alistar los siguientes documentos:

- Solicitud, forma 3-189.
 - Certificado de existencia y representación legal expedido por la Cámara de Comercio no mayor a 90 días; RUT, si es persona natural, o cédula de ciudadanía del propietario.
 - Acreditar la propiedad o tenencia del predio productor.
 - Acreditar asistencia técnica por parte de un ingeniero agrónomo, agrónomo, ingeniero forestal o ingeniero agroecólogo, y copia de la tarjeta profesional vigente.
 - Croquis de llegada al predio y plano de la finca.
 - Certificado de suelos.
 - Análisis microbiológico, si la especie asociada al cacao lo requiere.
 - Permiso de aguas, si se usan sistemas de riego.
 - Lista de chequeo, forma 3-041.
4. Creación de usuario y contraseña en la página <https://vut.ica.gov.co/> a nombre de la persona que va a realizar la solicitud. Recuerde que **debe contar con un correo electrónico activo, de uso personal y frecuente**, ya que será el mismo correo que usará los dos o tres años siguientes, por lo cual debe garantizar su acceso.
5. Radicación del trámite adjuntando los documentos mencionados en el punto 3.
Adicionalmente, en el siguiente código QR podrá consultar información de la normatividad, requisitos y formatos vigentes:
Resolución 082394 de 2020



Anexo I. Lista de chequeo certificación de buenas prácticas (pp. 7-24).

Anexo II. Criterios de cumplimiento certificación de buenas prácticas agrícolas (pp. 25-36).

Anexo III. Solicitud de auditoría en buenas prácticas agrícolas (forma 3-189) (pp. 37-38).



Foto: Salvador Rojas



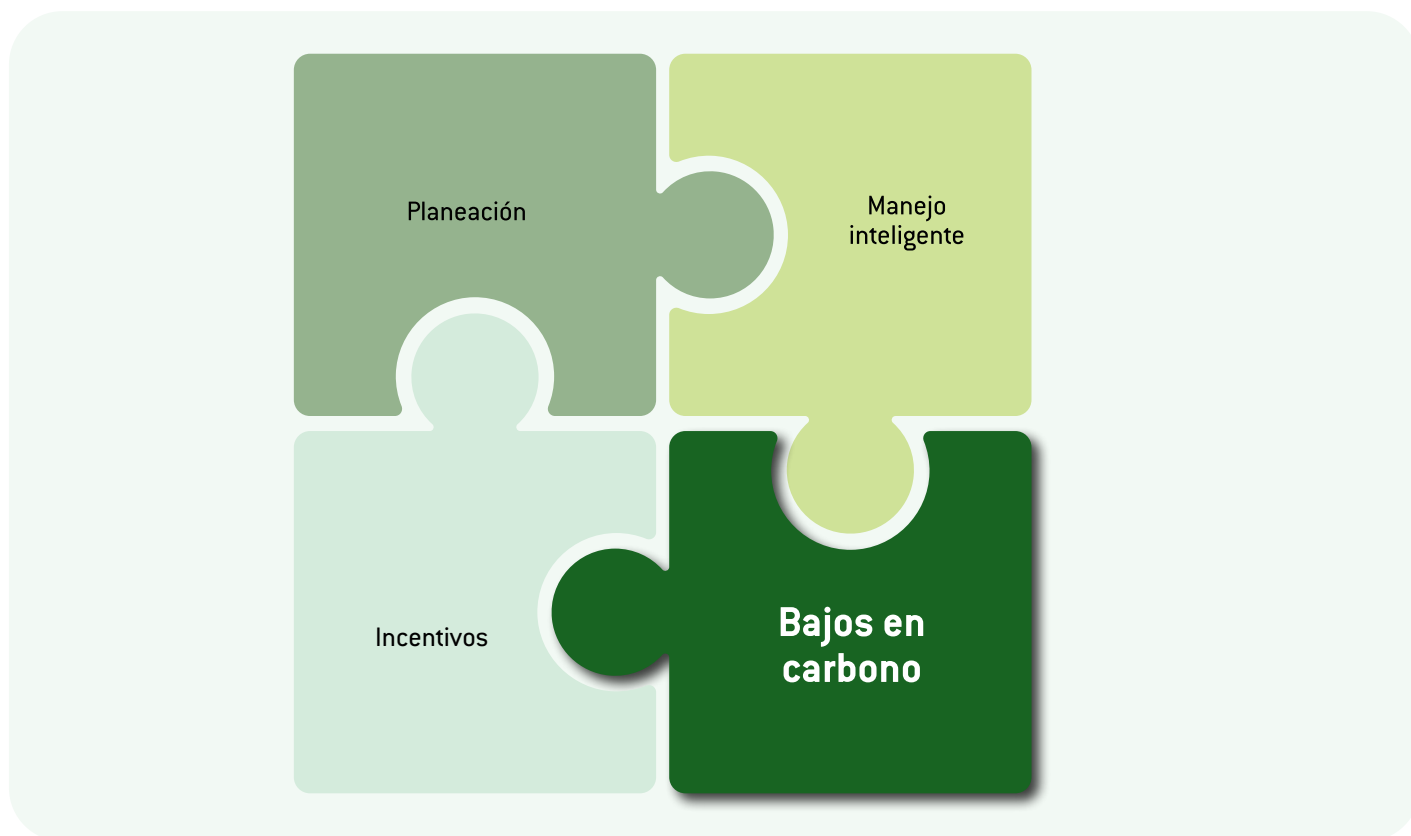
Foto: Salvador Rojas



Módulo 3. Desarrollo de SAF de cacao bajos en carbono: disminuyendo emisiones y aumentando captura de CO₂



Foto: Salvador Rojas



Muchos de los SAF actuales no fueron establecidos bajo los criterios de bajos en emisiones de carbono; sin embargo, hoy podrían ser ajustados para lograr una mayor eficiencia y escalamiento como SAF bajos en emisiones de dióxido de carbono, con mejoras en la producción de cacao. Para ello, fueron seleccionados en ambos departamentos SAF de cacao que hemos denominado promisorios o modelos SAF a seguir desde el punto de vista de la gestión de todo el sistema.

Los factores de emisión de GEI que se presentan en los departamentos de Arauca y Meta, según las encuestas realizadas en 2023, están relacionados con actividades como el uso de **guadaña y motosierra** (diésel y gasolina), **enmiendas al suelo** (cal dolomita), uso de **fertilizantes nitrogenados** (agrocacao, compost, urea y calfos). Dentro de los fertilizantes nitrogenados, también se toman en cuenta las emisiones a la atmósfera a través de la volatilización y lixiviación hacia el suelo.

Las fuentes de captura de GEI, en especial dióxido de carbono (CO_2), fueron estimadas a partir de los reservorios dentro del SAF: biomasa en los árboles de cacao, biomasa en los árboles de sombrío, en la hojarasca sobre el suelo, ramas, troncos caídos y en el suelo en los primeros 30 cm de profundidad (figura 30).

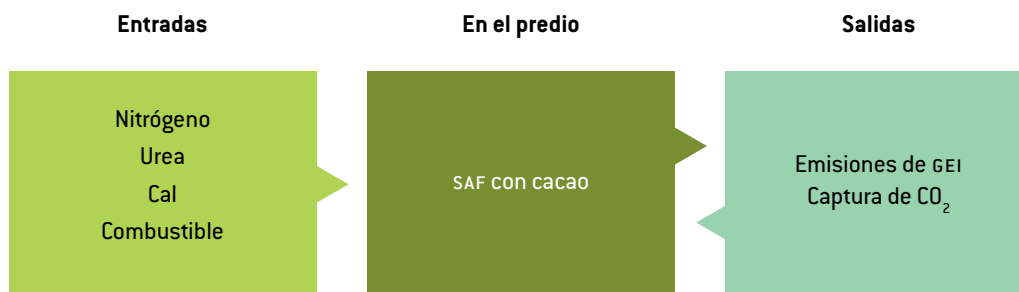


Figura 30. Resumen del movimiento de emisiones y capturas que ocurre a través del SAF.

Fuente: Elaboración propia

Las mediciones de CO₂ por parte de AGROSAVIA y Fedecacao se hicieron a través de protocolos establecidos y desarrollados dentro de la consultoría, y utilizando valores asociados a la captura realizada por parte de las plantas. A continuación, se mencionan las acciones que se podrían adelantar en fincas con sistemas agroforestales con el cultivo de cacao de productores localizados en los departamentos de Arauca y Meta para lograr alcanzar sistemas sostenibles y bajos en emisiones de dióxido de carbono.

Gestión en los SAF con cacao para reducir las emisiones de dióxido de carbono

Dentro de la gestión de los SAF de cacao se recomienda hacer un uso correcto de herramientas de trabajo e insumos, y aprovechar los recursos ambientales y agrícolas que rodean al sistema. Siempre que se habla de BPA, se trata de evaluar la posibilidad de mejorar las actividades diarias dentro del sistema para reducir el impacto negativo generado a través de las actividades agrícolas. Esto mejora la inocuidad de los alimentos, el bienestar de las personas y la protección del medio ambiente, por medio de técnicas que puedan aplicarse a pequeña o gran escala.

Es importante revisar aspectos como el área de trabajo, elementos de protección personal (EPP), labores culturales, el nicho ecológico asociado, material vegetal, nutrición, riego, cosecha, poscosecha, gestión documental y trazabilidad, para ir optimizando los procesos en forma conjunta o de forma individual, haciendo un uso adecuado y responsable de las fuentes que se tienen dentro de la finca.

Las labores culturales como la preparación de los insumos, el área de vertimiento y el lugar de acopio estarán ligadas al lugar donde se encuentre el sistema, buscando siempre impactar o alterar lo menos posible las especies que allí se encuentran. Todas estas áreas o

compartimientos de la finca van a estar muy ligados a la distribución de coberturas dentro de la finca.

El productor o el personal encargado de la finca debe recibir capacitación y entrenamiento en el manejo seguro de productos agroquímicos y orgánicos, incluyendo el uso adecuado del equipo de protección, así como una clara explicación del peligro que le significa su exposición.

Es imprescindible realizar un plan de mejoramiento y control de enfermedades, con base en técnicas culturales como:

- Podas periódicas que mantienen la arquitectura del árbol de cacao y los árboles de sombrío.
- Eliminación de mazorcas, ramas u otros materiales del árbol con presencia de enfermedades, con un manejo adecuado de los desechos para evitar la contaminación del cultivo.
- Control de malezas por desyerbe mecánico, preferiblemente.
- Limpieza, desinfección y mantenimiento de las herramientas usadas en la poda, antes, durante y después de su realización, tales como tijeras (de mano y aéreas), serruchos, hachas, entre otras, las cuales deben estar en buen estado y no oxidadas.

La atmósfera está compuesta por una serie de gases como nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, óxido nítrico y ozono, nos protege de los rayos del sol y contiene el aire que respiramos. Muchas de las actividades diarias han venido cambiando en cierta forma el contenido de estos gases, lo cual ha afectado su capacidad regulatoria y ha generado un calentamiento de la Tierra. Prácticas agrícolas como la tala y la quema producen cantidades de dióxido de carbono que quedan en la atmósfera y producen un calentamiento en el aire, por la quema de árboles y el uso indiscriminado de combustibles fósiles (gas natural, carbón, gasolina, diésel y petróleo). Por eso, evitarlas reduce dichas emisiones.

Toda actividad que disminuya la emisión de GEI servirá para reducir las emisiones de CO₂ en el ambiente. En el caso de la fertilización, se busca obtener el **máximo rendimiento con las dosis más bajas**, hacer uso del análisis de suelo como estrategia para determinar las concentraciones que se van a aplicar según los requerimientos reales que tiene el cultivo.

Por lo general, la estación seca coincide con la mayor caída de hojarasca y la senescencia de los nódulos que poseen las especies arbóreas leguminosas, que al descomponerse y liberar el nitrógeno al inicio de las lluvias, quedaría disponible para ser utilizado por el



Foto: Salvador Rojas

cacao, que en esta época produce sus frutos. Por tanto, se recomienda dejar los residuos del sistema (ramas, ramitas, hojarasca, etc.) como mantillo, incorporarlos al suelo o convertirlos en abono en lugar de dejarlos en montones u hoyos, a fin de reducir la emisión de GEI. **El mantillo hecho de residuos ayudará a mantener la tierra húmeda, impedirá el desarrollo de malas hierbas y devolverá gradualmente los nutrientes al suelo** a través de su descomposición por los microorganismos del suelo.

En particular, se sugiere implementar el compostaje de la cáscara de la mazorca de cacao, pues además de mantener bajas las emisiones de GEI, el compost producido es un valioso aditivo para el suelo que puede mejorar el rendimiento de los fertilizantes inorgánicos. Esta es también una forma efectiva de reciclar los nutrientes que se extraen de los árboles de cacao en forma de frutas, evitando el desequilibrio de nutrientes a largo plazo. Los productos efectivos contra microorganismos caseros se pueden aplicar junto con la cáscara de la mazorca de cacao para facilitar el proceso de compostaje. En general, se debe **evitar la quema de residuos** en el campo, dado el alto potencial de calentamiento global y el riesgo de daños a la finca.

Se ha estimado en los sistemas agroforestales con cacao en los departamentos de Arauca y Meta emisiones de CO₂ por el uso de agroquímicos, enmiendas como cal, uso de combustibles fósiles en 2,32 toneladas de CO₂/ha/año cuando el cacao está asociado con frutales, mientras que en asociación con árboles forestales es de 1,71 toneladas de CO₂/ha/año y 1,08 en asociación mixta (frutales y forestales). Estas cifras provienen de fincas en las que los productores siguen las recomendaciones establecidas en este módulo.

Gestión en los SAF con cacao para incrementar las reservas de dióxido de carbono

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) define el secuestro de carbono como el proceso de eliminar carbono de la atmósfera y depositarlo en un sumidero. Implica la transferencia de CO₂ atmosférico y su almacenamiento seguro en depósitos de larga duración (IPCC, 2006). Desde el punto de vista agroforestal, el secuestro de carbono implica principalmente la absorción de CO₂ atmosférico durante la fotosíntesis, y la transferencia de carbono fijado se dirige a la vegetación, hojarasca o mantillo y las reservas de suelo para un almacenamiento “seguro” (a largo plazo). Todo esto ocurre en dos segmentos principales de los sistemas agroforestales: a) sobre el suelo, específicamente en partes específicas de la planta (tallo, hojas, etc., de árboles y componen-

tes herbáceos), y b) bajo tierra en la biomasa viva, como raíces y otras partes de plantas subterráneas, organismos del suelo y carbono almacenado en varios horizontes del suelo.

Los árboles de sombra protegen a los árboles de cacao de los efectos adversos de las sequías, la radiación intensa y las lluvias (especialmente durante la etapa de floración), gracias a su capacidad de interceptación de la luz y las gotas de lluvia y, por lo tanto, contribuyen en la retención de humedad. Al mismo tiempo, los árboles de sombra fijan carbono a través de la fotosíntesis, lo que contribuye a contrarrestar las emisiones de GEI producidas por el cultivo de cacao a través de prácticas de manejo y cambios en el uso de la tierra.

Los intentos de desarrollar una producción de cacao sostenible frente al cambio climático deben incluir el **compromiso de los productores para reducir las emisiones de GEI** y preservar las reservas de carbono en el bosque y en las fincas. Afortunadamente, el cacao es un cultivo para el cual las prácticas de producción respetuosas con el ecosistema también son compatibles con el aumento del rendimiento. Por todo lo descrito anteriormente, se deben definir y establecer las especies de sombra para los cultivos de cacao según criterios idóneos que conserven o restauren los ecosistemas naturales existentes y que favorezcan el secuestro de carbono, siguiendo las recomendaciones de un técnico/profesional.

La elección de la(s) especie(s) de árboles sombríos es un desafío para el productor. Desde el punto de vista del aprovisionamiento de los servicios ecosistémicos, se recomienda tener al menos una especie de árbol leguminoso, perteneciente a la familia taxonómica Fabaceae, los cuales poseen alrededor de un 3 % de nitrógeno total en sus hojas, y muchas de ellas poseen nódulos en sus raíces finas, tejido donde se realiza la fijación biológica de nitrógeno (de Bedout-Mora et al.; 2022). Entre esas especies se recomiendan las del género *Erythrina* (bucare/bucaro/cámbulo), el cual se conoce que puede aportar en promedio 22,5 kg/ha de nitrógeno desde sus nódulos (Herrera et al., 1984), el samán (*Samanea saman*), la caña fistola (*Cassia moschata*), el iguá/cedro amarillo/masaguaro (*Albizia guachapele*), el yopo (*Mimosa trianae*), el guamo (*Inga spp.*) y la leucaena (*Leucaena leucocephala*). **Este asocio con el cacao permite reducir las necesidades de fertilización con nitrógeno** y, a su vez, almacenar cantidades importantes de carbono al sistema agroforestal. La figura 31 muestra cómo la presencia de estas especies incrementa la tasa de fijación de CO₂ anualmente en los sistemas agroforestales con cacao.

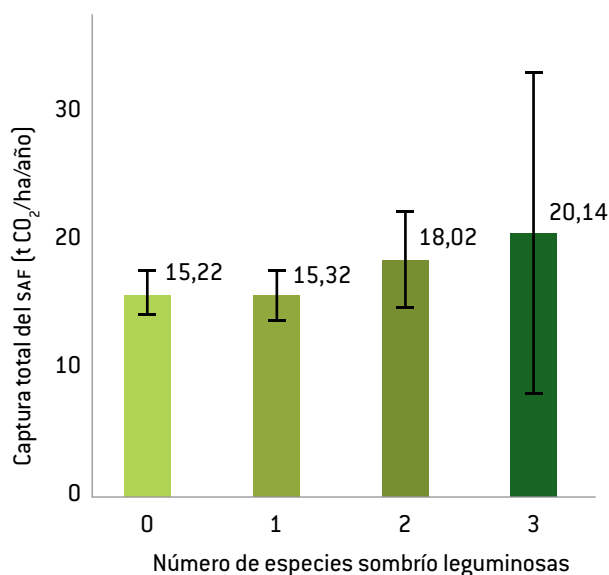


Figura 31. Captura de CO₂ de acuerdo con el número de especies sombrío leguminoso en asocio en los SAF con cacao estimado en fincas cacaoteras de los departamentos de Arauca y Meta.

Fuente: Elaboración propia

Si desea establecer un SAF con especies forestales maderables o no maderables, el cedro (*Cedrela odorata*) y el abarco (*Cariniana pyriformis*) son las especies que poseen mayor tasa de acumulación de carbono anual. Entre los frutales, el zapote amarillo (*Matisia cordata*), la guanábana (*Annona muricata*), el aguacate (*Persea americana*), el rambután (*Nephelium lappaceum*), la guayaba (*Psidium guajava*) y el mangostino (*Garcinia mangostana*) son las especies con mayor tasa de acumulación de carbono por año, las cuales podrían ser buenas opciones a considerar. Una lista completa de especies forestales y frutales con sus respectivas tasas de acumulación anual de carbono se muestra en el anexo 1. La gran mayoría de las especies forestales son nativas del trópico y tienen la característica de ser de rápido crecimiento.

El árbol de cacao también es un sumidero importante de carbono, pues en promedio es capaz de fijar hasta los 4 años 1,48 kg al año, disminuyendo esa capacidad hasta los 20 años, cuando alcanza su máxima acumulación de biomasa (figura 32).

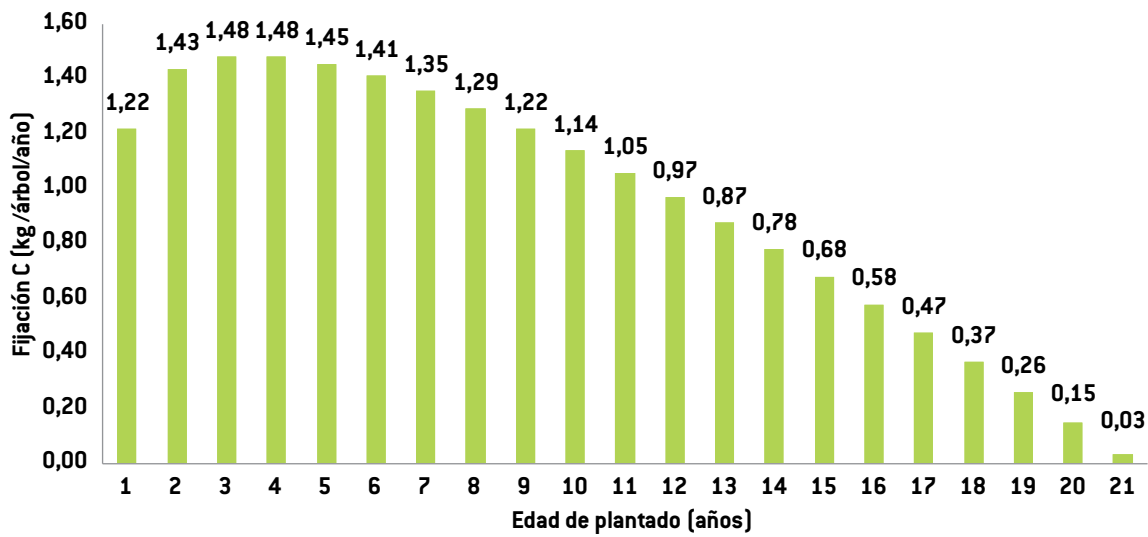


Figura 32. Tasa de fijación anual de carbono para un árbol de cacao (*Theobroma cacao* L.).

Fuente: Elaboración propia

Un productor que posea un sistema agroforestal con cacao del tipo forestal o frutal y que adopte las recomendaciones dadas en estas guías podrá **lograr que su sistema capture alrededor de 27,7 t CO₂/ha/año**. Del mismo modo, si posee un SAF del tipo mixto, este podrá alcanzar una fijación anual de 36,06 t CO₂/ha/año. El anexo 2 desglosa la captura de dióxido de carbono para cada componente en los tres tipos de sistemas agroforestales identificados en Arauca y Meta.

La poda en plantas de cacao y árboles de sombra no solo facilita el crecimiento y la entrada de luz, sino que también incrementa la biomasa en sus componentes leñosos, mejorando su capacidad de almacenamiento de carbono. Es por ello que la práctica de la poda no solo se debe realizar en el cacao, sino también en las especies en asocio como sombrío.

Otro aspecto relevante es el mantillo o la hojarasca en el suelo de los sistemas agroforestales, ya que además de aportar materia orgánica, estos también son una fuente significativa de carbono. La preservación de la hojarasca y otros residuos vegetales en el suelo, en lugar de removerlos, ayudan a aumentar la materia orgánica y, por ende, la capacidad de almacenamiento de carbono del suelo.

Estrategias como el plateo en cultivos establecidos ayudan a controlar la humedad y prevenir enfermedades, contribuyendo a la gestión de la descomposición del suelo. La hojarasca tiene en promedio unos 350 a 360 días para descomponerse completamente

(Rojas et al., 2017), lo que implica la adición de nutrientes a través de la materia orgánica y el almacenamiento de CO₂ en el suelo.

Como estudio de caso, se identificó un SAF de 10 años ubicado en Guamal (Meta), donde el cacao está en asocio con rambután y mangostino; en este predio se estimó un total de 1,55 t/ha de carbono en la hojarasca y de 2,32 t/ha de carbono en otros residuos vegetales (ramitas, ramas, etc.). Por su parte, para un SAF con especies forestales en asocio con nogal cafetero (*Cordia alliodora*), yopo (*Mimosa trianae*) y manú/ahumado (*Minquartia guianensis*), se estimó un total de 1,68 t/ha de carbono en la hojarasca y de 2,92 t/ha de carbono en otros residuos vegetales (ramitas, ramas, etc.).

En cambio, para un sistema con asocio mixto de 7 años establecido en Tame (Arauca), es decir, con frutales como aguacate (*Persea americana*) y guanabana (*Annona muricata*), junto a especies forestales como balsa (*Ochroma pyramidale*), bucare (*Erythrina poeppigiana*), pardillo (*Cordia thaisiana*), nacedero (*Trichanthera gigantea*) y tortolito (*Schefflera morototoni*), se registraron 2,59 t/ha de carbono en la hojarasca y 4,00 t/ha en el resto de los residuos vegetales.

Finalmente, el anexo 3 muestra los valores promedio de captura de carbono por componente dentro de un sistema agroforestal con cacao bajo diferentes tipos de sombrío (forestal, frutal y mixto), entre los departamentos de Arauca y Meta.

Es evidente que cuando se plantan varias especies de frutales junto con forestales en asocio con el cacao como sistema agroforestal, estos poseen mayores reservas de carbono (113,99 t/ha). Entretanto, cuando el cacao se asocia con especies forestales, estos podrán almacenar 94,15 t/ha. El cacao en asocio con especies frutales será capaz de capturar 78,04 t/ha.



Foto: Salvador Rojas

Guías de aprendizaje para el desarrollo de SAF de cacao bajos en carbono: disminuyendo emisiones y aumentando captura de CO₂

Guía 3.1. Estrategias para incrementar las reservas de carbono y reducir las emisiones de dióxido de carbono en los sistemas agroforestales con cacao

Introducción

La agroforestería con cacao se presenta como una oportunidad significativa para abordar los desafíos ambientales actuales, centrando la atención en el aumento de las reservas de carbono y la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂). En un contexto global de cambio climático, la implementación de estrategias específicas en SAF con cacao se vuelve crucial, desempeñando un rol esencial en la producción sostenible de alimentos, recursos económicos y sumideros de carbono que contribuirán de manera indirecta a mitigar los efectos del calentamiento global. Por tanto, el desarrollo de enfoques efectivos para aumentar las reservas de carbono y reducir las emisiones en estos sistemas no solo promueve la resiliencia climática, sino que también impulsa la sostenibilidad a largo plazo tanto en la agricultura como en la conservación del medio ambiente y la biodiversidad.

Esta guía ofrece los elementos básicos para identificar aquellas fuentes principales que contribuyen en las emisiones de dióxido de carbono, cómo mitigarlas y las estrategias para incrementar las reservas de carbono que permitan favorecer las remociones de carbono de la atmósfera.

La fotosíntesis: fijación de dióxido de carbono y servicio ambiental

La figura 33 ilustra el proceso fisiológico que todas las plantas realizan en su ciclo de vida. A través de sus raíces, son capaces de absorber agua y nutrientes almacenados en el suelo donde se plantan. Asimismo, se sabe que el aire está formado por varios compuestos como nitrógeno, oxígeno, agua, dióxido de carbono y otros gases; así, las plantas y los árboles captan muchos de esos compuestos, pero sobre todo el dióxido de carbono, que es fundamental para formar tejidos, hojas, raíces, tallos, flores y frutos, en pocas palabras, permite desarrollar toda su biomasa. La fuente de energía que les permite procesar todos esos compuestos es la luz del sol (radiación ultravioleta - UV), que captan a través de sus hojas. Uno de los productos clave que los árboles generan para el beneficio de nuestra propia existencia es el oxígeno que es liberado a la atmósfera.

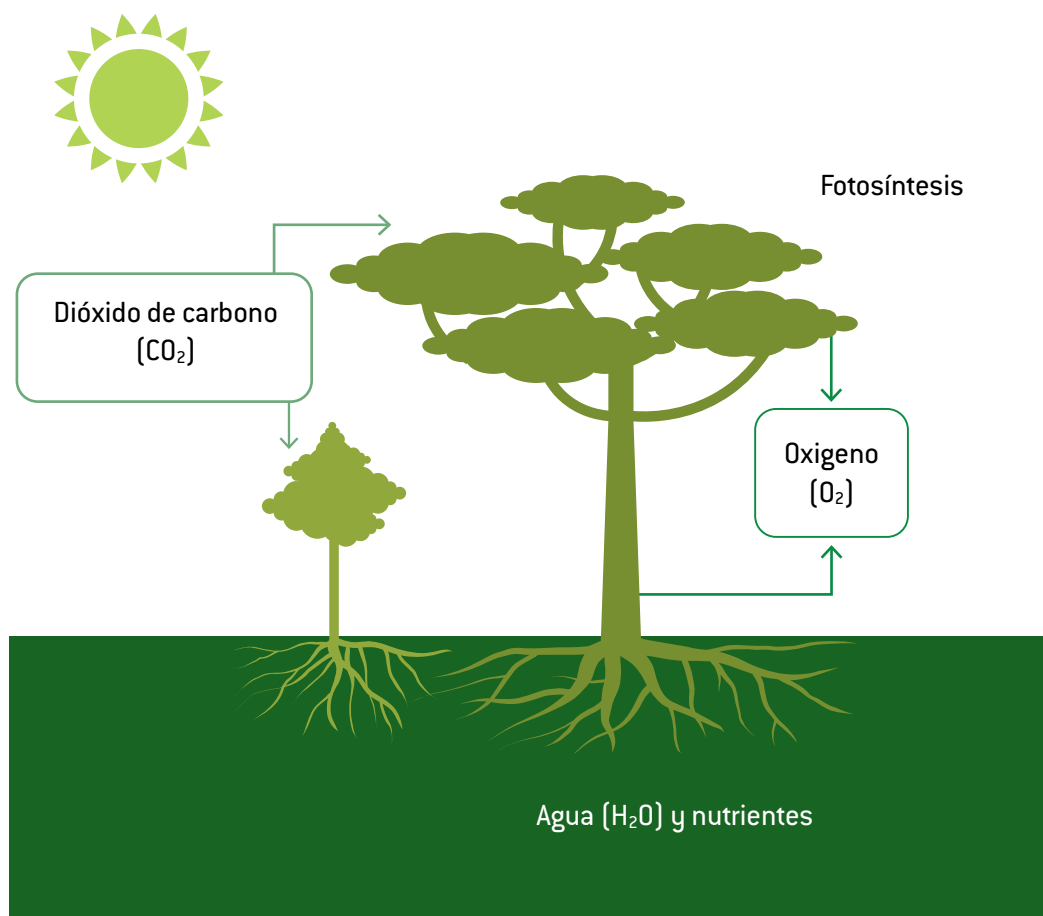


Figura 33. Esquema adaptado para comprender mejor la distribución del carbono (C) y el oxígeno (O₂) una vez la planta de cacao y el árbol han fijado el dióxido de carbono.

Fuente: Elaboración propia

A lo largo de su ciclo de vida, los árboles van acumulando biomasa y, de ese peso total, casi la mitad está compuesta por carbono. Por ejemplo, si un árbol de cacao (o un árbol de cedro) llega a pesar 20 kilos, entonces casi 10 kilos de ese peso es carbono que ha acumulado en sus tejidos, gracias a que durante ese periodo de crecimiento ha podido absorber dióxido de carbono desde la atmósfera. Entonces, el dióxido de carbono es uno de los compuestos o gases que, junto con otros gases, han incrementado sus concentraciones en la atmósfera.

Desde hace muchos años, los humanos hemos emitido a la atmósfera millones de toneladas de dióxido de carbono, a través del uso de millones de carros; las fábricas que usan motores de combustibles fósiles (diésel, gasolina), carbón y leña; la quema de miles de hectáreas de bosques y rastrojos para cultivar; la aplicación de fertilizantes químicos en los cultivos; el uso de maquinaria agrícola, etc. Por lo anterior, **se hace muy necesario plantar muchos árboles sobre el planeta para que puedan absorber ese exceso de dióxido de carbono** existente en nuestra atmósfera.

Toda esa acumulación de gases en la atmósfera ha tenido un impacto importante sobre los patrones climáticos del mundo, denominado efecto invernadero. Este fenómeno hace que los rayos del sol puedan penetrar la atmósfera, pero no pueden volver a salir y se quedan atrapados, lo cual aumenta las temperaturas del medio ambiente. Así pues, la consigna es reducir el dióxido de carbono en la atmósfera. Si un productor planta árboles junto con el cacao en su finca y los maneja para que crezcan bien, se puede demostrar que esa finca está absorbiendo dióxido de carbono de la atmósfera y, por tanto, eso será una forma de reducir los gases de efecto invernadero y, a su vez, ofrecer un servicio ambiental al capturar carbono en un SAF con cacao.

Actividad 1

Vamos a realizar una serie de preguntas y respuestas para hacer un diagnóstico de nuestro SAF, qué actividades se realizan para impactar la atmósfera de forma negativa, conocer mejor nuestros aliados forestales a la hora de disminuir las emisiones de dióxido de carbono en el ambiente y el manejo que le damos al sistema con labores bajas en emisiones de dióxido de carbono (figura 34).

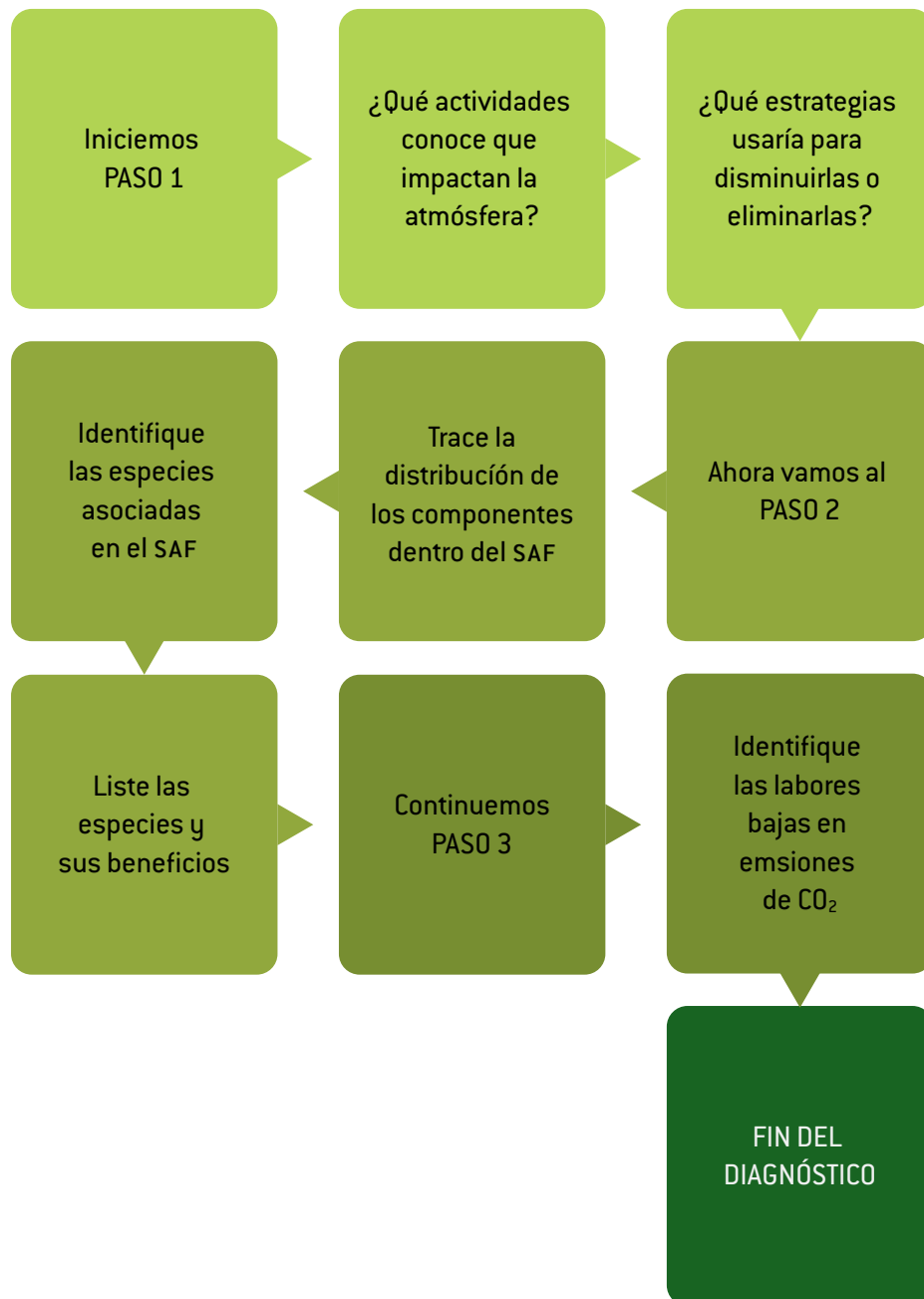


Figura 34. Diagrama de flujo para identificar las actividades que emiten dióxido de carbono a la atmósfera.

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Una vez realizados los pasos anteriores, esperamos tener tres resultados:

Las actividades que:

Impactan la atmósfera	vs.	Estrategias que usamos para disminuirlas
_____		_____
_____		_____
_____		_____

De los componentes asociados al SAF, realice en la tabla 9 un listado de las especies asociadas en el SAF y de los beneficios que conoce de cada especie forestal. Este listado de especies forestales sirve para conocer la diversidad de especies en su finca y la variedad de beneficios según la especie (puede apoyarse en la lista ofrecida en el anexo 1).

Tabla 9. Resultados esperados de los árboles asociados con cacao dentro del SAF

Especie	Nombre científico	Beneficios		
		Económicos	Sociales	Ambientales

Fuente: Elaboración propia

Actividad 2

Prácticas para potenciar los SAF y convertirlos en capturadores de carbono (figura 35).

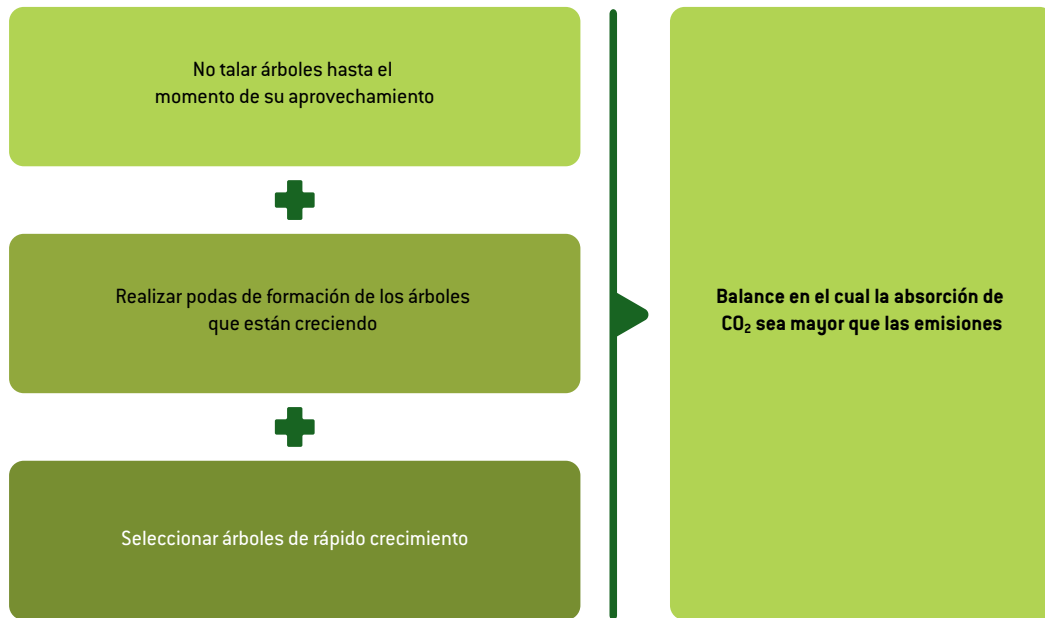


Figura 35. Actividades para mejorar la absorción de dióxido de carbono en la plantación.

Fuente: Elaboración propia

¿Considera que en su SAF hay mayor fijación o emisión de dióxido de carbono?
¿Por qué?

¿Cuál de las prácticas mencionadas en la figura 35 realiza usted?

Actividad de aprendizaje

Labores que se realizan en el SAF para poder reducir las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera (tabla 10).

Tabla 10. Labores que se realizan en el SAF a fin de emitir menos dióxido de carbono a la atmósfera

Componente	Labores bajas en emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera
Gestión del suelo	Manejo de hojarasca. Estudio/análisis del suelo.
Gestión del clima	Espaciamiento apropiado entre las plantas de cacao y los árboles de sombrío. Uso de especies nativas. Uso de clones mejorados.
Prácticas culturales	Capacitación y formación del personal. Controles preventivos, precisos y a tiempo de plagas y enfermedades. Monitoreo de plagas y enfermedades.
Manejo agronómico	Disminución o eliminación del uso de fertilizantes nitrogenados. Uso de leguminosas como sombrío (plantas fijadoras de nitrógeno). Elaboración de bioabonos, compost, lixiviados y bioles. Uso de productos a base de microorganismos eficientes, por ejemplo, bokashi. Manejos integrados y aplicaciones eficientes. Disminución del uso de cal en asociación con otras prácticas o uso enterrándola en el suelo.

Fuente: Elaboración propia

Los fertilizantes nitrogenados son los que más van a liberar dióxido de carbono a la atmósfera a través de su aplicación.



¿Qué otras labores bajas en emisiones de dióxido de carbono conoce?

Todas las labores bajas en emisiones de dióxido de carbono sirven para disminuir los GEI.

¿Qué buscamos?

- Tasa de emisión: la más baja o la mínima
- Tasa de captura: la más alta o máxima

Procesos de descomposición rápida: aumentan la liberación de CO₂
procesos de descomposición lenta: disminuyen la liberación de CO₂



Foto: Salvador Rojas

Anexos

Anexo 1. Lista de especies sombrío más utilizadas en los sistemas agroforestales en asocio con el cacao en los departamentos de Arauca y Meta. Se muestra la fijación anual de carbono por árbol, concentración de carbono (%C) y diámetros mínimos (min DAP) y máximos (max DAP) medidos a la altura del pecho en los tallos

Nombre común	Especie	kg C /árbol/ año	%C	min DAP (cm)	Max DAP (cm)
Especies forestales					
Iguá/cedro amarillo/ masaguaro	<i>Albizia guachapele</i>	30,50	38	10	79
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	21,90	46	7	76
Abarco	<i>Cariniana pyriformis</i>	21,10	45	19	32
Yopo	<i>Mimosa trianae</i>	20,30	47	6	36
Hojamán	<i>Curatella americana</i>	19,10	50	42	49
Guamo	<i>Inga spp.</i>	17,30	50	45	60
Samán	<i>Samanea saman</i>	16,90	48	12	46
Manú/Ahumado	<i>Minquartia guianensis</i>	14,90	50	25	48
Bucare/bucaro/cámbulo	<i>Erythrina poeppigiana</i>	14,10	50	12	127
Nogal cafetero	<i>Cordia alliodora</i>	13,20	38	20	72
Pardillo	<i>Cordia thaisiana</i>	13,20	40	20	72
Granadillo	<i>Brosimum rubescens</i>	13,10	50	9	71
Balzo	<i>Ochroma pyramidale</i>	12,70	44	17	25
Caña fístula	<i>Cassia moschata</i>	12,20	50	19	56
Flor amarillo/guayacán amarillo	<i>Tabebuia chrysantha</i>	11,40	38	11	38

Nombre común	Especie	kg C /árbol/ año	%C	min DAP (cm)	Max DAP (cm)
Guayacán rosado	<i>Tabebuia rosea</i>	11,40	38	11	38
Tortolito/pata e gallina	<i>Schefflera morototoni</i>	10,20	50	17	17
Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	9,33	50	27	27
Cedro nogal	<i>Juglans colombiensis</i>	8,42	50	5	38
Cacay	<i>Caryodendron orinocense</i>	5,79	50	5	65
Nacedero/yátago/aro blanco	<i>Trichanthera gigantea</i>	5,73	50	11	15
Jacaranda	<i>Jacaranda</i> spp.	5,56	49	24	24
Carbonero	<i>Calliandra riparia</i>	3,60	50	18	18
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	1,65	49	14	15
Especies frutales					
Zapote amarillo	<i>Matisia cordata</i>	34,00	50	22	35
Guanábano	<i>Annona muricata</i>	10,30	50	9	40
Aguacate	<i>Persea americana</i>	9,46	50	7	50
Rambután	<i>Nephelium lappaceum</i>	6,98	50	13	18
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	6,05	50	9	19
Mangostino	<i>Garcinia mangostana</i>	5,48	50	2	14
Mandarina, limón, naranja	<i>Citrus</i> spp.	5,37	50	3	98
Borojó	<i>Borojoa patinoi</i>	2,56	50	3	25
Mango	<i>Mangifera indica</i>	0,83	50	2	15

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Balance entre la captura y las emisiones de CO₂/ha/año estimadas para los sistemas agroforestales promisorios para los departamentos de Arauca y Meta

	Toneladas CO ₂ eq/ha/año ¹		
	Cacao en asocio con		
	Forestal	Frutal	Mixto
Fijación de CO ₂ a partir de las reservas de carbono	29,30	26,7	35,5
Cacao	7,09	12,50	5,44
Sombrío	5,44	1,98	10,46
Hojarasca	0,428	0,849	0,566
Necromasa	0,684	0,652	1,20
Suelo	15,00	10,70	18,90
Emisiones	1,71	2,32	1,08
N- directa	0,971	0,939	0,501
N- volatilización	0,214	0,451	0,130
N- lixiviación	0,053	0,111	0,032
Compost	0,005	0,008	0,004
Cal	0,041	0,171	0,071
Gasolina	0,397	0,257	0,326
Diesel	0,034	0,378	0,014
Balance	-27,90	-24,4	-34,7

Anexo 3. Captura de carbono por componente dentro de un sistema agroforestal con cacao bajo diferentes tipos de sombrío (forestal, frutal y mixto), promedio entre los departamentos de Arauca y Meta

	Toneladas de C/ha		
	Cacao en asocio con		
Componente	Forestal	Frutal	Mixto
Cacao	24,51	22,53	15,99
Sombrío	31,83	10,68	53,50
Hojarasca	1,46	2,30	1,73
Necromasa	2,54	1,67	3,16
Suelo	33,81	40,84	39,61
Total	94,15	78,02	113,99





Foto: Salvador Rojas



Módulo 4.

Retos e incentivos para el escalamiento de SAF de cacao bajos en emisiones de carbono



Foto: Salvador Rojas



Retos para el escalamiento de los SAF de cacao bajos en emisiones de carbono

Existen algunos desafíos al escalar los SAF con cacao y que debemos procurar solucionar, teniendo en cuenta la realidad del productor y lo que él siente y percibe con respecto a la agroforestería. A pesar de todo lo que se reporta y conocemos por los procesos de investigación y las experiencias de campo como potenciales beneficios de los SAF, si no entendemos que las decisiones del productor se basan en el alcance de su conocimiento, sus propias experiencias y sus limitantes, podemos fallar en este propósito de escalar. Por eso, aquí se mencionan algunos retos o cuellos de botella de acuerdo con las experiencias que hemos encontrado en nuestro trabajo en la región.

Retos técnicos

Exceso de sombra y daños por caídas de ramas: según los reportes de algunos productores, cuando no se planifica adecuadamente la siembra de los árboles acompañantes y resultan muy altos y grandes, producen mucha sombra, lo cual disminuye la producción de cacao, aumenta la humedad relativa y provoca enfermedades. La caída de las ramas

puede ocasionar daños a las plantas de cacao y dificultar el aprovechamiento de la madera, porque su cercanía al cacao dificulta su manejo seguro, incluida la tala selectiva. Por ello se ha insistido en planificar muy bien las distancias de siembra de los árboles y el tipo de copa, así como las actividades de poda de esos árboles para evitar este tipo de problemas.

Falta de tecnología para el manejo de árboles acompañantes: frutal, forestal maderable y no maderable, hortícola, etc. En las encuestas realizadas en los núcleos de Arauca y Meta, una limitante para la adopción de SAF es la disponibilidad de técnicos expertos en manejo forestal y hortícola de los SAF, por lo cual es muy importante incorporar nuevas profesiones en la planeación y el manejo técnico de estos componentes del SAF. De hecho, en la formación universitaria de agrónomos y técnicos del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y en las capacitaciones que dan las instituciones, es necesario fortalecer esas capacidades y esas tecnologías de los sistemas agroforestales, más allá de solo cultivo de cacao.

Reducción de número de árboles de cacao: en una siembra ordenada de un SAF de cacao con otros árboles, donde se deben tener mayores distancias entre los árboles y el cacao, el número de árboles de cacao por hectárea puede disminuir un poco. Por eso, los productores manifestaron en diferentes eventos la preocupación por la tradición de sembrar más de mil plantas de cacao por hectárea. En este caso ha sido importante mostrar los beneficios que compensarían esta decisión, por ejemplo, en los ingresos con las otras especies asociadas y el aumento de la productividad en el mediano y largo plazo por cada árbol de cacao cuando tiene más espacio, una sombra más regulada y un manejo más técnico. En ese sentido, es conveniente pensar en la producción por árbol y no por hectárea.

Déficit en viveros de especies promisorias (costo y calidad): en las visitas a los diferentes núcleos en Meta y con mayor énfasis en Arauca, se encontró que la oferta de árboles de procedencias certificadas, y árboles injertos, principalmente de frutales, que garantizan buena producción asociada al cacao, es muy escasa en la región, en los pocos viveros existentes puede llegar a ser muy costosa y con árboles o injertos de mala calidad que producen árboles con problemas que se detectan después de varios años. Esto desestimula el uso de árboles por el alto valor.

Dificultades de mercado de productos que se asocian con cacao: según los resultados de algunas reuniones con productores, se encontró que en ocasiones hay un desestímulo para sembrar árboles maderables, ya que después de 15 o 20 años de sembrados es muy difícil aprovecharlos porque no hay técnicas de aprovechamiento disponibles y hay dificultades para comercializarlos, si no se inscribieron ante el ICA, o porque los permisos

de movilización no son fáciles de conseguir si no se hizo este registro desde el comienzo. En el caso de otros productos no maderables, es posible que, si no se planificó y no se inscriben en las CAR, se encuentren cuellos de botella que desestimulan el uso y la futura comercialización de estas especies.



El registro ante el ICA de las especies maderables acompañantes desde el inicio de la proyección del SAF es esencial para poder comercializarlos cuando cumplan la edad de producción.

En este tema también fue importante la identificación que hicieron muchos productores de las dificultades en los procesos de registro ante el ICA, en algunos casos imposibles de cumplir, como la certificación de la tenencia de la tierra, la medición del tamaño de la plantación, etc.

Negociaciones de carbono: aunque con este proyecto se manifestó que en un futuro existe el propósito de incrementar algunos procesos de negociación de carbono, algunos productores manifestaron que en la negociación “exigen que el sistema debe permanecer estático por muchos años”, y eso para ellos no es atractivo, porque limita su autonomía sobre el cultivo. Por eso, se deben aclarar esas dudas o buscar formas flexibles de negociación en periodos más cortos de tiempo, buscando que exista un acuerdo de satisfacción en ambas partes.

Retos socioculturales

Dificultades de adopción de tecnologías por mayor énfasis en cacao y no en SAF: como resultado de las encuestas y las caracterizaciones, se encontró que falta mayor promoción de la importancia de la planeación a 25 años y de las ventajas de los sistemas agroforestales para que la gente entienda y adopte estos modelos más integrales.

Mayores costos de producción, costos de cacao y de los árboles: los productores perciben como limitante la inversión inicial del SAF, que es superior al cacao solo, y no hay suficiente información y difusión de que, con ese aumento de los costos, se incrementan los beneficios en el mediano y largo plazo que tendría un sistema agroforestal más allá de la sola producción de cacao.

Aumento de las actividades y los problemas de mano de obra: tal vez una de las mayores limitantes es la escasez de mano de obra, que dificulta ciertas labores; además, los agricultores en sus fincas se hacen más viejos y los jóvenes no están supliendo ese déficit de relevo generacional. Adicionalmente, la minería y otras actividades locales absorben y encarecen la mano de obra.

Incentivos financieros y no financieros que permitirían mejorar el escalamiento de los SAF con cacao bajos en emisiones de carbono

Así como existen retos que, desde la perspectiva de los productores, técnicos y otros tomadores de decisiones, hemos observado, también sabemos que algunas acciones o incentivos nos pueden ayudar en esa tarea de escalar los SAF de cacao bajos en emisiones de carbono. A continuación, mostramos los niveles de decisión que se requieren y algunos de estos incentivos financieros o no financieros, que facilitarían una mayor adopción de los SAF bajos en emisiones de carbono.

Los niveles de decisión que hemos considerado para que estos incentivos puedan promover la implementación de SAF de cacao bajos en carbono son diferentes desde las instancias de política de Gobierno nacional (ministerios de Agricultura, Ambiente, Hacienda, Comercio Exterior, sistema bancario), las instituciones nacionales de diferente índole (AGROSAVIA, Fedecacao, ADR, Parques Nacionales), las entidades educativas (universidades, SENA, colegios, escuelas, institutos tecnológicos), la cooperación internacional, (GIZ, Visión Amazonía, USAID, Banco Mundial, gobiernos de Europa y Asia), los gobiernos locales (gobernaciones, alcaldías, asambleas, consejos), las asociaciones de productores, comercializadores y cadenas de valor de productos, las empresas o entidades regionales o locales (CAR), comercializadores de semillas e insumos, asistencia técnica y, finalmente, los productores y sus familias. Algunos de estos niveles de decisión tienen algún grado de compromiso con estos incentivos que es clave identificar y comprometer si queremos facilitar el escalamiento.



Foto: Salvador Rojas

Capacitaciones y orientación técnica

Mostrar beneficios de los bosques y otros árboles en las fincas más allá del SAF de cacao

En varias de las actividades adelantadas, se evidenció que muchos agricultores conocen las ventajas de proteger los bosques y de hacer reforestación en zonas de riesgo o zonas estratégicas de las fincas o en zonas de descanso; sin embargo, es importante avanzar más en el tema y adelantar acciones que permitan **motivar la protección de estas áreas e incentiven la siembra de nuevos árboles, fortaleciendo la demostración de los beneficios** que esto trae a los paisajes rurales y al ambiente, así como a la economía de los productores.

Campañas internacionales que promuevan el cacao de Colombia de cero deforestaciones

Aprovechando que el cacao de Colombia proviene de áreas ya intervenidas en otros cultivos y que evita usar áreas con altos reservorios de carbono (como bosques o selvas), podrían ser muy útiles los mecanismos de seguimiento y trazabilidad viables, transparentes, eficientes y rentables para estos cultivos y campañas de nuestros SAF. Conocemos los esfuerzos de algunas empresas en el territorio que podrían ayudar mucho en este aspecto.

Capacitaciones con mayor énfasis en SAF, más allá de solo cacao o monocultivo

En algunos talleres adelantados se hizo énfasis en los beneficios en el largo plazo, con muy buenas opciones de mejora del sistema de cacao, pero es necesario ampliar este tipo de eventos y actividades de campo en parcelas demostrativas, que permitan motivar al productor en su pensamiento respecto al árbol y las interacciones del sistema, como elementos claves en el desarrollo de una nueva forma de cacaocultura baja en emisiones de carbono.

También es importante hacer un trabajo muy fuerte para mostrar los beneficios que tienen en el largo plazo estos sistemas agroforestales, mostrados en el módulo 1, por encima del monocultivo de cacao, porque en algunos lugares del núcleo del Meta encontramos que **hay una tendencia a creer que el monocultivo es mejor que el agroforestal**, y es por problemas que han existido en la planeación de los sistemas agroforestales, donde

los árboles, después de muchos años, limitan la producción de cacao. Es importante que el productor entienda que muchas veces ese aumento de producción en monocultivo va de la mano con la capacidad financiera que tienen algunos productores, que les permite compensar con insumos externos y riego las mayores exigencias de este tipo de cultivo sin árboles.

Capacitación en aspectos claves de mejora en SAF de cacao bajos en emisiones de carbono

Se encontró que es necesario fortalecer algunas iniciativas de instituciones que adelantan actividades de capacitación a productores y técnicos en aspectos que van más allá de la producción tradicional de cacao, por ejemplo: **bioeconomía, nuevas tendencias del mercado, mejoramiento de la sostenibilidad del cacao, producción orgánica, agroecoturismo y nuevos negocios de la cadena**, manejo de los árboles forestales, podas, manejos sanitarios, fertilización, manejo del ciclaje de los nutrientes, manejo del sistema y los beneficios que tiene el SAF en general, etc.

Asistencia técnica diferenciada a los SAF

Aunque las encuestas y las caracterizaciones nos muestran que hay algunas acciones de asistencia técnica en los núcleos, **la cobertura sigue siendo baja** y es importante tener una asistencia técnica diferenciada, que entienda las dinámicas de estos sistemas y que valore los beneficios del SAF, teniendo en cuenta las necesidades del cacao, de los árboles y del sistema agroforestal como tal. Algunas veces, la asistencia de la casa comercial se enfoca más en el uso de ciertos productos sin que realmente se estén resolviendo problemas del sistema; en otros, la asistencia especializada en cacao descuida otros componentes del sistema. Por eso, no solo debe existir una asistencia técnica al cacao o la especie acompañante, sino que esta debe incluir las especies transitorias, las especies permanentes, el cacao y la sombra que acompaña el cacao, que las recomendaciones u observaciones que se den sean para el mejoramiento del sistema y no solo para el mejoramiento del cultivo de cacao. En otras palabras, una **visión integral de la asistencia técnica** dada.

Inscripción de árboles maderables ante el ICA

Dentro de las actividades de la consultoría se realizó en cada núcleo un taller en compañía del ICA, con el objetivo de dar a conocer la normativa y el procedimiento para el registro

de plantaciones forestales y agroforestales comerciales, según la normativa vigente. Es importante destacar que algunas de las condiciones, los requisitos y procedimientos son de difícil cumplimiento por parte de pequeños productores, por lo cual se solicitó al ICA y a las CAR revisar estos procedimientos de aprovechamiento de los árboles para facilitar el escalamiento de estos SAF.

En este caso, se busca priorizar una cultura de legalización de árboles maderables sembrados en SAF o a establecer, buscando formas organizadas y sencillas que permitan avanzar en la inscripción con una mayor cobertura y agilidad que facilite al productor hacer el registro.

Una propuesta para plantaciones antiguas sería hacer un plan temporal de choque que permita que aquellas plantaciones que puedan demostrar que fueron sembradas mediante programas o proyectos de fomento puedan **legalizar esos árboles a través de las asociaciones, gremios o alcaldías, para comercializar esa madera** y poder renovar la siembra ordenada de nuevos árboles. Hoy existen árboles en la región que legalmente se podrían vender entre 500 mil y 1 millón de pesos, pero no están formalizados. También se propone facilitar el acceso a programas que presten servicios de georreferenciación al productor, en donde se pueda tener el polígono del predio donde se encuentran las especies forestales, entidades que presten este acompañamiento con las herramientas y tecnologías necesarias para dar cumplimiento a uno de los requisitos dados por el ICA para el tema de registro, así como motivar a través de las instituciones de formación, asociaciones y entidades gubernamentales en la creación de microempresas prestadoras del servicio para la zona y alrededores.

Facilitar los procesos de certificación en buenas prácticas agrícolas (BPA) y orgánica

De acuerdo con las actividades de este proyecto, se encontró que hay fincas, principalmente en el Meta, que ya cuentan con certificación en buenas prácticas agrícolas. La presente consultoría recomienda crear espacios dentro de las asociaciones para gestionar una plataforma web que permita acceder a recomendaciones técnicas y compartir experiencias exitosas que muestren metodologías de trabajo, retos, ventajas, productos de estos modelos SAF bajos en carbono y la forma como se pueden gestionar las certificaciones en BPA, con el fin de recorrer el camino de la transición a una producción orgánica, en la cual algunos productores han venido avanzando. Sin embargo, es necesario fomentar la disponibilidad

de implementadores en la zona como asociaciones, Fedecacao, EPSEAS, entre otras, que prestan servicios de acompañamiento a las familias cacaocultoras bajo este enfoque. Por ejemplo, los compradores de cacao a nivel internacional pagan más por la tonelada de cacao orgánico debidamente certificado, que garantiza un cacao de calidad, un comercio justo y la conservación del medio ambiente. Esto permitiría elevar los ingresos y mejorar la calidad de vida de las familias cacaoteras.

Incentivos económicos

Análisis de costos reales y beneficios económicos de los SAF en la región

Aunque los resultados de las encuestas muestran que estas actividades de registro son escasas, se recomienda un uso riguroso de registros y la estructura de costos del SAF propiamente dicho, ya que muchas de las estructuras de costos y análisis económicos están referidas solamente al cacao. Por eso, estos análisis deben incorporarse para que reflejen los costos de producción de las otras especies acompañantes del cacao y los beneficios económicos en todo el ciclo del SAF, desde sus inicios y con las especies de corto plazo 1S y con las especies 2S y 3S asociadas en los SAF.

Créditos a largo plazo a los sistemas (no solo de cacao)

Aunque existen líneas de crédito para cacao, es importante conseguir financiación no solo para esta especie, sino para todo el sistema agroforestal. En países como Brasil se ha logrado que, en algunos lugares de la Amazonía en el estado de Pará, donde se desarrolla la agroforestería, el crédito se otorga de forma diferencial para aquellos sistemas productivos de cacao en monocultivo y SAF con cacao. Algunas de estas diferencias están relacionadas con **plazos mayores de financiación e intereses variados**, que favorecen y estimulan la decisión del productor hacia el SAF; asimismo, el financiamiento de los SAF que incluyen las infraestructuras de riego y de procesamiento (fermentación y secado) se dan a largo plazo con periodos de gracia, una estrategia que podría incentivar el establecimiento de los SAF en Colombia.



Pago diferenciado al grano obtenido de SAF climáticamente inteligentes y bajos en emisiones de carbono

En las encuestas y trabajos de caracterización no se encontraron experiencias de este tipo, sin embargo, consideramos que este incentivo puede promover el uso masivo de estas tecnologías sostenibles. Actualmente, en el mercado local no existe precio diferencial en grano de cacao, mientras que en pequeños nichos de mercado nacionales e internacionales se comercializan microlotes y volúmenes establecidos con un mejor precio del grano obtenido en prácticas con enfoque de sostenibilidad. Por ello, es necesario incentivar y visibilizar los aportes no solo en calidad de grano de cacao, sino en la oferta de servicios ecosistémicos que prestan los SAF de cacao bajos en emisiones de carbono entre todos los actores de la cadena de valor, con el fin de obtener precios diferenciales y nuevos nichos de mercado.

Programas de modernización de plantaciones viejas con modelos SAF

Los agricultores que están dispuestos a hacer mejoras en sus cacaotales manifestaron que es importante el apoyo a la construcción y puesta en marcha o el fortalecimiento de actuales programas o acciones regionales de rehabilitación-renovación de plantaciones envejecidas, que involucren elementos sostenibles de los SAF bajos en carbono.

Esta renovación de plantaciones viejas a sistemas agroforestales planificados bajos en carbono requiere, en algunos casos, que el productor tenga que parar la producción de sus pequeñas áreas por un par de años, mientras el cultivo se renueva y empieza a producir nuevamente. Lo anterior se podría compensar con lo que en promedio se estima su producción actual por hectárea/año (sep. de 2023, con 0,3 t/ha/año, sería equivalente a 3 millones de pesos/ha) y lo que podrá obtener en el futuro con cultivos renovados y con mayor tecnología.



La renovación de plantaciones viejas a SAF puede requerir parar la producción de áreas de la finca por un par de años, mientras el cultivo se renueva y empieza a producir nuevamente.

Cadenas organizadas para el mercado de productos de los árboles asociados

En ocasiones, la siembra de algunos árboles no maderables o frutales, e incluso maderables, se ve afectada por el mercadeo de estos productos, por lo que es importante promover cadenas de valor y **estrategias de mercado adicionales al cacao** que tengan que ver con las otras especies que se están asociando; por ejemplo, si es rambután, cacay, aguacate, marañón, zapote, borjón, mangostino, chontaduro, entre otros. Estas cadenas pueden analizar las necesidades del mercado de la industria alimentaria y orientar a los agricultores en la siembra según las tendencias o demandas existentes de productos.

Pagos por servicios de los SAF

Se espera que iniciativas como la del Fondo Biocarbono puedan definir una estrategia de pago por servicios ambientales de los SAF de cacao, lo cual estimularía el crecimiento de estos SAF, ya que el aporte de esos árboles al balance del carbono será muy importante, así los sistemas de cacao con árboles que brinden algún tipo de incentivo serán clave para que la gente promueva su uso. Según lo observado en fincas de los núcleos de Meta y Arauca, hay otros ingresos que se pueden generar por algunas actividades, como **agroturismo, avistamiento de aves, escalamiento de árboles, canopy**, entre otras, que pueden ser significativas en el ámbito económico. En este aspecto, es clave la concertación con las asociaciones de productores, porque el temor de algunos es que no se genere transparencia en los procesos y claridad en los beneficios, compromisos, intermediación y otros temas.

Existen fincas piloto que se podrían utilizar como vitrinas para mostrar la forma como se pueden hacer las actividades encaminadas a sistemas de pagos por resultados. En el pago de los incentivos, es importante hacer claridad en la estrategia que permita la vinculación de los pequeños productores de la región y la implementación y seguimiento por parte de las asociaciones fuertemente consolidadas en el Meta y Arauca, de posibles planes municipales de pago por medio de estas organizaciones.

Posibles modelos para compensación ambiental

Aunque en las encuestas y reuniones con productores no encontramos antecedentes sobre este tema, es posible que se pueda hacer algún tipo de gestión para ajustar la política que permita que algunas compensaciones ambientales que se hacen hoy en día por parte

de empresas mineras, de infraestructura u otras, puedan favorecer este tipo de proyectos agroforestales con cacao bajos en carbono, ya que están contribuyendo a la resiliencia climática, favoreciendo la adaptación al cambio climático y reduciendo la huella de carbono, mediante el uso adecuado del ecosistemas y la conservación de la biodiversidad.



Relevo generacional y opciones de mano de obra con otros negocios sostenibles de la cadena

Uno de los problemas encontrados para la escalabilidad de estas nuevas formas de agricultura con sistemas agroforestales de cacao bajo en carbono es la disposición al cambio y la disponibilidad de mano de obra. Ante el abandono de las fincas y el déficit de mano de obra de jóvenes y la escasa participación de las mujeres, es importante **implementar opciones innovadoras o nuevas formas de uso de la mano de obra con mejores equipamientos** y con tecnología que haga más eficientes los procesos, más allá de la mano de obra tradicional.

Actualmente, hay ingresos que genera la cacaocultura que podrían ir más allá de la producción del grano, con actividades que involucran jóvenes y mujeres con un grado mayor de especialización. En algunos casos, las actividades agropecuarias han sido tradicionalmente estigmatizadas como actividades de menor nivel académico; además, el uso peyorativo de la palabra “campesino” puede generar un deseo de los jóvenes de salir a las ciudades, lo que ha generado que una alta población joven rural no vea la agricultura como una opción profesional. Se requiere pensar en formas innovadoras de solución, como la **conformación de empresas locales tecnificadas** (ELT), que con capacitación y medios tecnológicos realcen actividades e incentiven la participación de jóvenes en actividades complejas en toda la cadena de valor del SAF de cacao, con nuevos retos en el tema técnico, o donde se necesite mano de obra especializada, o que supla necesidades de mano de obra en las comunidades locales.

Esta estrategia busca que la juventud siga vinculada directa o indirectamente al agro-negocio y a las fincas dentro de la cadena de cacao, utilizando nuevos conocimientos, tecnologías, automatización, equipos, inteligencia artificial, *software*, entre otros. Los ingresos que se arrojen o queden posteriormente a estos grupos en la cadena productiva del cacao son beneficios que se pueden generar a largo plazo, estimulando así el esfuerzo inicial o la inversión que se hace al comienzo en capacitación, infraestructura y equipos. A continuación, se describen algunos de los ejemplos de negocios existentes y en los que se podría hacer énfasis para aumentar este tipo de emprendimientos.

Empresas de productos o servicios

Aquí mencionamos algunas ideas de pequeñas y medianas empresas que se podrían conformar o fortalecer en la producción o en servicios en los municipios con el respaldo de las asociaciones en toda la cadena del gremio cacaotero.

Producción de plántulas de cacao y forestales en viveros

El material vegetal dentro de las labores agrícolas es la base de todo el sistema. Contar con este insumo o materia prima de calidad es de vital importancia para el establecimiento de los SAF. Tener la disponibilidad de plantas frutales, algunas injertadas, maderables, no maderables, entre otras, que sirvan de insumo para el establecimiento de los sistemas, es una propuesta de comercialización e ingresos que podría generar la vinculación de mujeres y jóvenes en la propagación de viveros forestales y de cacao que generarían mayor oferta de material que posibilitaría el establecimiento en las zonas donde se ha venido expandiendo el cultivo de cacao y se están estableciendo nuevas áreas de producción, buscando suplir la demanda de las especies forestales en el territorio. En esta iniciativa, mediante la **transferencia de información de los centros de investigación, se puede llegar a incrementar la oferta de material de vivero de árboles mejor injertados con genotipos recomendados** y de buena calidad para los sistemas agroforestales.

Asistencia técnica de SAF con cacao bajos en emisiones de carbono

La asistencia técnica especializada en la planeación, el diseño y manejo del SAF de cacao bajo en carbono, diferenciada del manejo exclusivo del cultivo de cacao, es un beneficio que se va generando y consolidando con la demanda poblacional y agrícola. Es necesario que, más allá de capacitarse en cacao y hablar siempre de cacao, se empiece a formar a las personas en los SAF de cacao bajos en carbono, en donde se pueda impartir capacitaciones, prácticas y apoyos en torno al SAF, hablar de la planeación, de la evaluación de la salud del suelo, de la selección de especies, de los diseños, de siembra, así como los manejos preventivos y del control asociado a las especies forestales del SAF, la interacción planta-ambiente-suelo, el manejo de problemas fitosanitarios, podas, cosecha, poscosecha y fertilidad del suelo y de la planta, siempre concibiendo un enfoque forestal y asociativo, en donde **los agricultores no son simplemente cacaoteros, sino también generadores de conocimiento** más amplio del SAF bajo en carbono.

Agroindustria de cacao y otras especies asociadas

Así como el cacao tiene un comercio fuerte del grano fresco o seco, se podrían fortalecer tanto en número como en calidad iniciativas locales existentes de transformación en cada uno de los sectores que demandan nuevos productos, como **chocolate, harinas, chocolatinas, manteca**, entre otros. Sin embargo, existen otros productos de los arreglos del componente forestal del sistema, como los frutales y los productos no maderables, que pueden ser beneficiados con procesos agroindustriales, lo cual podría generar nuevos negocios, con mano de obra local, otorgar mayor valor agregado a la producción fresca y producir ingresos adicionales.

Varios productos de árboles que se pueden asociar a cacao, como aceites, colorantes, frutas como cacay, huito, achiote, asaí, sachá inchi y marañón, han venido tomando fuerza por iniciativa privada y gracias al apoyo del Gobierno y la cooperación técnica internacional, que buscan **exportar productos agroindustriales**.

Servicios de poda en cacao y otras especies forestales

En el tema de podas, que muchas veces no se realizan o se realizan de forma incorrecta, se hace necesario empezar a capacitar a personas que se especialicen en el tema, tanto para cacao como para otras especies forestales, maderables, no maderables o frutales, pues dependiendo de la especie, así mismo será el manejo técnico y las herramientas para usar en la poda.

Esto implicaría la posibilidad de especializar a las personas o a la comunidad en esas labores, por ejemplo: las podas tanto en cacao como en especies forestales deben tener cierto criterio, cuidado en daños al cultivo, saber dónde y cuándo podar.

En el caso de árboles de más de 5 años o más de 4 metros, se deben prevenir accidentes y evitar lesiones del operario que esté realizando la poda, **los cursos de altura y los equipos y elementos de prevención de cualquier accidente son claves**, así como las herramientas y equipos especializados que faciliten estas labores. Se pueden generar empresas bajo la organización de asociaciones municipales, con personal especializado, como una forma de emprendimiento que preste ese servicio en las fincas de la vereda o el municipio.

Servicios de monitoreo y manejo de plagas y enfermedades

Estos servicios existen en algunas fincas con deficiencias por parte de la asistencia técnica o los mismos productores para identificar y hacer un manejo adecuado de plagas y enfermedades, como monilia. Por eso, dentro de las asociaciones se podrían conformar empresas o grupos de trabajo que presten estos servicios en las fincas de identificación y manejo adecuado de plagas y enfermedades (p. ej., recolectar bien los frutos), para evitar un mal manejo en cada finca por parte del productor. Esto se acentúa en fincas donde, aparte del desconocimiento técnico, hay poca disponibilidad de mano de obra, lo que produce un riesgo de aparición de enfermedades que se pueden extender a fincas vecinas.

Asistencia técnica en manejo del grano

Una de las pérdidas en la cadena de cacao se da en el proceso de poscosecha del grano, ya sea por una deficiencia en infraestructura o en tecnologías para el manejo del grano, que puede generar pérdidas de valor o incluso de negocios en mercados calificados tanto nacionales como internacionales. La conformación de grupos locales de personas expertas y con adecuada infraestructura centralizada podría ser de gran ayuda. Incluso, con los mismos hijos de los productores o personas jóvenes calificadas, se podría avanzar en esta actividad.

En el Meta hay un ejemplo de desarrollo de tecnología en el cual se usan bolsas especiales GrainPro para el empaquetado del grano, que partió de una problemática observada por los productores: el grano de cacao almacenado estaba siendo atravesado por un insecto que lo estaba dañando. **Las centrales de beneficio de Arauca y Meta también son espacios donde se hace un manejo adecuado del grano con un resultado de excelente calidad y donde estos nuevos participantes pueden aprender y aportar.**

Producción de bioabonos (compost, lombricompost, lixiviados, microorganismos)

Con el aumento de los precios de los fertilizantes, se ha incrementado la posibilidad de usar experiencias que tienen los productores y algunas empresas en la producción de abonos orgánicos de compost, lombricompost y de algunos microorganismos y lixiviados que permiten mejorar la nutrición del sistema agroforestal.

La producción de fertilizantes y sustratos de origen biológico es apenas una de las estrategias que se podrían generar a nivel de empresa, para la **elaboración de productos**

amigables con el medio ambiente y que a su vez se esté generando aprovechamiento de los residuos que se producen dentro del sistema, ya que la gran mayoría de las veces son desaprovechados y pueden servir como insumo o fuente de alimentación para las plantas. En ese sentido, es imprescindible la capacitación en elaboración de compost, humus, lixiviados, captura y uso de microorganismos, y complemento de microorganismos y elementos minerales para el cacao y las especies acompañantes.



Foto: Salvador Rojas



Foto: Salvador Rojas

Guías de aprendizaje sobre los retos e incentivos para el escalamiento de SAF en cacao bajos en emisiones de carbono

Guía 4.1. Retos, problemas, incentivos y posibles soluciones que facilitan el escalamiento de SAF de cacao bajos en carbono

Introducción

Escalar los SAF no solo brinda beneficios ambientales, como la captura de dióxido de carbono y la conservación del suelo, sino que también se traduce en mejoras significativas al desarrollo y producción del cacao, la eficiencia en el uso de recursos y el bienestar de la comunidad cacaotera.

Por tanto, la adopción de escalar los SAF con cacao bajos en emisiones de carbono no solo se convierte en una estrategia agrícola esencial, sino en un paso crucial hacia la construcción de un futuro sostenible y equitativo para la producción cacaotera. No obstante, dicha adopción de escalamiento a nivel local, departamental o regional debe ser abordada principalmente por tomadores de decisiones en cuanto a los problemas y posibles soluciones que presentan los SAF de cacao, específicamente en los departamentos de Meta y Arauca objeto de esta consultoría (tabla 11).



Foto: Salvador Rojas

Tabla 11. Retos técnicos, socioculturales y económicos que enfrentan los SAF de cacao bajos en emisiones de carbono para su escalamiento

Retos técnicos		
Retos	Problemas	Incentivos o posibles soluciones
Exceso de sombra. Se hallaron casos graves de sombra total y de abarco sembrado a un metro del cacao.	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultores reportan que disminuye la capacidad de floración y producción de mazorcas hasta casi nada de producción por árbol. • Se observa que limita la entrada de sol y el movimiento del aire, lo que aumenta la humedad relativa y favorece el desarrollo de plagas y enfermedades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se encontró en fincas de Arauca y Meta el uso de árboles de copa pequeña o caducifolios (que pierden sus hojas en una época del año donde hay menos luz). • Usar arboles de copas altas para que haya entrada de luz lateral durante parte del día. • Podar frecuentemente las copas de los árboles para dejar entrar luz, hacer podas de formación. • Adelantar podas de árboles grandes (más de 4 m) con personal y equipos especializados. • Eliminar árboles que generen exceso de sombra y reemplazarlos por otros árboles o palmas. • Implementar, cuando se requiera, programas de modernización de plantaciones viejas con modelos SAF. • Planear mayores distancias entre los árboles acompañantes y los árboles de cacao.
Daños por caídas de ramas o árboles.	<ul style="list-style-type: none"> • Se reportaron daños o muerte de árboles de cacao y disminución de la producción de cacao. • Se dificulta el aprovechamiento parcial de árboles maderables para leña y otros usos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar árboles pocos quebradizos. • Hacer acompañamiento técnico o especializado en el tema. • Disponibilidad de viveros con información y oferta de especies adecuadas. • Apoyar específicamente el tema de podas controladas y programadas. • Diseñar con distancias más amplias que permitan que las ramas no caigan sobre el cacao.

Retos técnicos		
Retos	Problemas	Incentivos o posibles soluciones
Dificultad para el aprovechamiento de árboles maderables.	<ul style="list-style-type: none"> • En las regiones se habla de árboles con 15 años o más de sembrados que, cuando están en su punto óptimo de aprovechamiento para la venta, no se pueden aprovechar porque generan daños o muerte al cacao, en la caída del árbol. • Existen en la actualidad inconvenientes de tala y aprovechamiento de árboles porque no están registrados ante el ICA, debido a la complejidad de los trámites. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sembrar árboles maderables a doble surco, para tumbarlos hacia el interior del surco. • Registrar los árboles ante el ICA, llevar el registro escrito y fotográfico necesario (por lo cual en el departamento de Arauca y Meta se ha venido avanzando en talleres con el ICA para el conocimiento, aplicación y aprovechamiento de la norma de uso de especies forestales). • Simplificar y adecuar los trámites, por parte del ICA y las corporaciones ambientales, para facilitar el escalamiento a SAF. • Tener claro el mercado y las características del producto maderable, como tamaño, volumen, etc.
Falta de tecnología en el SAF.	<ul style="list-style-type: none"> • Algunos productores manejan el cacao igual con árboles que sin árboles, porque se desconocen las interacciones de los árboles con el cacao, las ventajas y los cuidados de estos sistemas en el largo plazo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar investigación y transferencia de conocimiento en el manejo de especies forestales. • Realizar formación académica, empresarial e institucional con énfasis en SAF y especies forestales.
Reducción de la cantidad de árboles de cacao por hectárea.	<ul style="list-style-type: none"> • Los agricultores manifiestan que, si se aumenta el número de árboles de sombrero o las distancias entre estos árboles y el cacao, se disminuye el número de árboles de cacao y esto implicaría menor producción de cacao por hectárea. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar los ingresos a través de la diversificación de especies. • Aumentar el espacio entre el cacao para incrementar la productividad por cada árbol de cacao y, por ende, compensar pérdidas por número de árboles/ha (ver módulo 2 con sus guías). • Mejorar la entrada de luz en el SAF. • Crear pagos adicionales por servicios ambientales, conservación, diversidad, turismo, captura y almacenamiento de CO₂. • Crear modelos para compensación ambiental o incentivos forestales, ver el cacao sostenible a través de los SAF.

Retos técnicos		
Retos	Problemas	Incentivos o posibles soluciones
Mercado asociado a las especies acompañantes.	<ul style="list-style-type: none"> • Productores manifiestan que no siempre hay claridad sobre el mercado y la ruta a seguir con los productos y subproductos de la especie acompañante. • No hay ilustración sobre el mercado o no existe un mercado asegurado para esos productos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer la cadena o estructura de mercado de la especie antes de sembrar, y no al contrario. • Contar con información de centros de acopio u organizaciones que ya trabajen con la especie, precios e insumos, para hacer un estimado de ganancias. • Promover, organizar y facilitar cadenas de valor organizadas a nivel nacional o regional de estos otros productos diferentes del cacao, para generar una dinámica estable y continua del flujo de dinero.

Retos socioculturales		
Retos	Problemas	Incentivos o posibles soluciones
Falta de formación del cacaocultor en SAF.	<ul style="list-style-type: none"> • Se encontraron SAF cuyas especies acompañantes están muy descuidadas, debido al desconocimiento de las ventajas y el manejo del SAF. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adoptar modelos de extensión que promuevan los beneficios del SAF a largo plazo y mejoramiento del cacao. • Generar publicidad del SAF como generador de sombra, diversificador de la producción y aumento de ingresos, y proveedor de servicios ambientales (conservación de biodiversidad, fijación y almacenamiento de carbono, protección de suelos y aguas asociadas al cultivo y sistemas productivos con cero deforestaciones).
Falta de formación del cacaocultor en SAF.	<ul style="list-style-type: none"> • Muchos técnicos conocen bastante de cacao, pero muy poco de los árboles acompañantes y de las interacciones del SAF. • Muchos tomadores de decisiones planean los SAF basados únicamente en el cacao, diseños, créditos, capacitación, extensión, viveros, cadenas de valor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitar en diferentes niveles (productores, técnicos, estudiantes y profesionales) sobre los SAF de cacao bajos en carbono, no solo en cacao, sino cómo integrar podas, manejos sanitarios, fertilización y ciclaje de nutrientes dentro del SAF de cacao y sus beneficios. • Realizar una asistencia técnica especializada en SAF, que entienda las necesidades del cacao y las otras especies, así como los beneficios e interrelaciones entre todo el SAF.

Retos socioculturales		
Retos	Problemas	Incentivos o posibles soluciones
Aumento de la mano de obra.	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultades de disponibilidad de mano de obra para llevar a cabo ciertas labores del cacao, de las especies asociadas y del sistema SAF como tal. • No existe un relevo generacional, lo que dificulta el futuro de la cacaocultura. • Los jóvenes no quieren hacer las mismas actividades de altas demandas físicas de los cacaocultores tradicionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Generar opciones innovadoras de mano de obra, como las empresas locales tecnificadas (ELT). • Promover mano de obra joven, con mejores equipamientos y tecnología eficiente, adicional a la mano de obra tradicional. • Capacitar en nuevas tecnologías, automatizar actividades y crear nuevos negocios en la cadena (ver guía 3 de este módulo).

Costos de producción		
Retos	Problemas	Incentivos o posibles soluciones
Mayores costos de producción.	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultades para el agricultor por tener que invertir no solo en cacao, sino también en los árboles acompañantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tener presente que se pueden establecer ingresos a lo largo del ciclo del cultivo y que, por lo tanto, los mayores costos se verán compensados por la diversidad en ingresos de cacao y otras especies en el corto, mediano y largo plazo. • Sembrar cultivos transitorios semestrales como maíz, sorgo, frijol, yuca, plátano, papaya, entre otros, lo cual ayuda al establecimiento del SAF. • Hacer análisis de la estructura de costos reales y del incremento de los beneficios económicos que se presentan desde el primer momento con las especies a corto plazo, a través de datos de investigación y datos del productor. • Crear créditos a largo plazo, no solo para cacao sino para todo el SAF, con plazos mayores e intereses diferenciados con plazos muertos (actualmente existen líneas de crédito especiales para siembras nuevas y renovación de cacao, recursos de diferentes países y cooperación internacional, a través de convocatorias que incentivan los cultivos sostenibles y cero deforestaciones). • Incentivar las certificaciones y compensaciones económicas por PSA y BPA en las fincas del departamento del Meta y Arauca.

Fuente: Elaboración propia

Retos

La mayoría de los retos mencionados en estas guías son el resultado de los interrogantes que plantean los productores cuando se piensa en establecer un sistema agroforestal en cacao bajo en emisiones de carbono. Por ello, se describirán algunos de esos interrogantes con la solución propuesta por parte de la consultoría.

Retos técnicos



Pienso que al establecer el cacao en SAF bajo en carbono tendré:

Exceso de sombra

Daños por caídas de ramas o árboles

Dificultad para el aprovechamiento de árboles maderables.

Falta de tecnología en el SAF.

Reducción de números de árboles de cacao por hectárea.

Falta de mercadeo o demanda de las especies acompañantes del SAF

Para afrontar los retos o inquietudes técnicas planteadas por los productores, se abordará cada uno, planteando respuestas y posibles soluciones:

Exceso de sombra

Uno de los retos para la implementación de los SAF con cacao bajos en carbono es dar a entender a los productores que su correcta planeación y diversas prácticas son fundamentales para prevenir a futuro esta problemática.

¿Problema?

Agricultores reportan que disminuye la capacidad de floración y producción de mazorcas.

El exceso de sombra limita la entrada de sol y el movimiento del aire, aumenta la humedad relativa y favorece la aparición de plagas y enfermedades.

¡Solución!

Se encontró en fincas de Arauca y Meta el uso de árboles de copa pequeña o caducifolios (que pierden sus hojas en una época del año donde hay menos luz).

Hacer podas iniciales que faciliten la formación de copas más altas para generar entrada de luz lateral.

Planear las distancias de los árboles acompañantes y los árboles de cacao.

Adelantar podas con personal y equipos especializados en los árboles más grandes (más de 4 m).

Eliminar árboles que generen exceso de sombra y reemplazarlos por árboles más pequeños o palmas.

En algunos casos, es necesario implementar programas de modernización de plantaciones viejas con modelos SAF.

Daños por caída de ramas o árboles

¿Problema?

Se pueden presentar daños o muerte de árboles de cacao y disminución de la producción de cacao.

¡Solución!

Seleccionar árboles pocos quebradizos.

Hacer acompañamiento técnico o especializado en el tema.

Disponer viveros con información sobre especies adecuadas y de calidad.

Realizar podas controladas y programadas.

Seleccionar distancias de siembra que permitan crear zonas para la caída de ramas distantes del cacao.

Dificultad para el aprovechamiento de árboles maderables

¡Cuando mis árboles tengan más de 15 años, no podré aprovecharlos (cortarlos) porque su caída me dañaría el cacao!

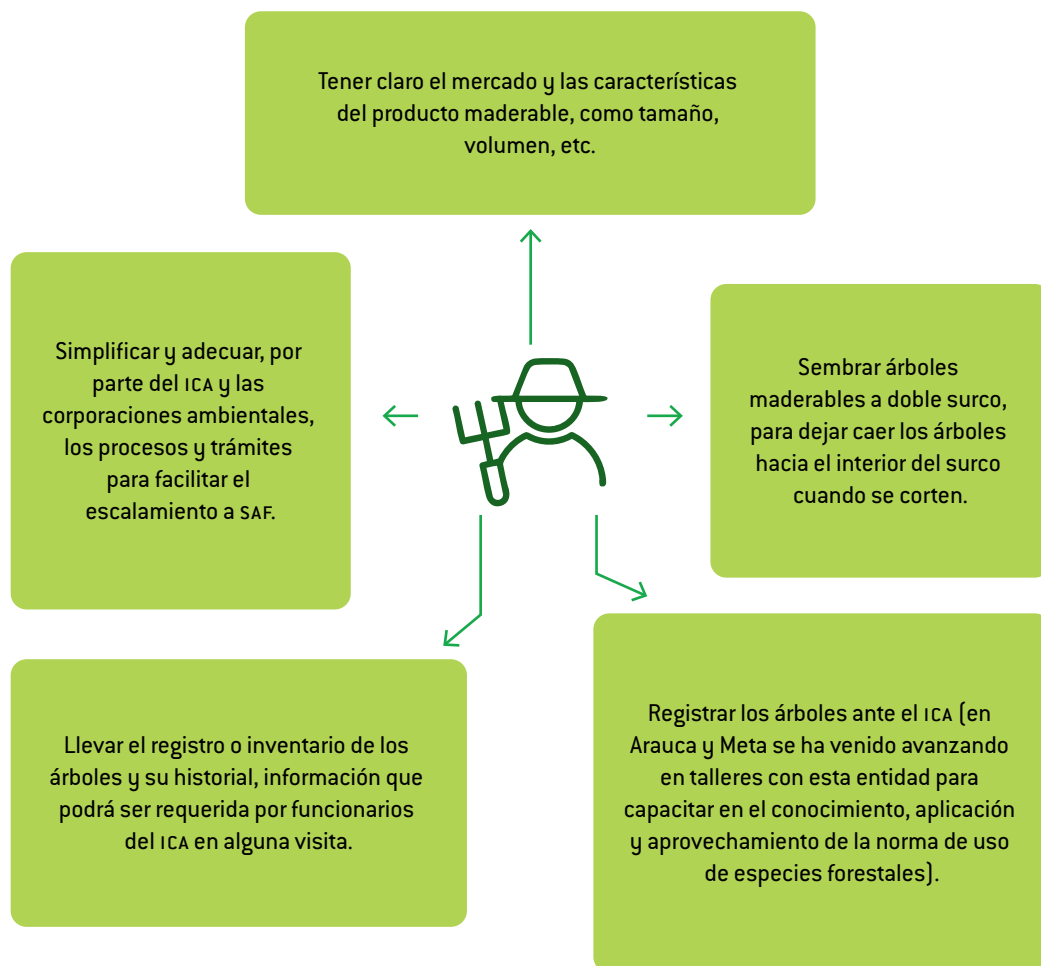
¡A futuro tendré inconvenientes al talar o aprovechar los árboles maderables establecidos porque no sé cómo hacer el registro ante el ICA y, además, eso es muy complicado!

?

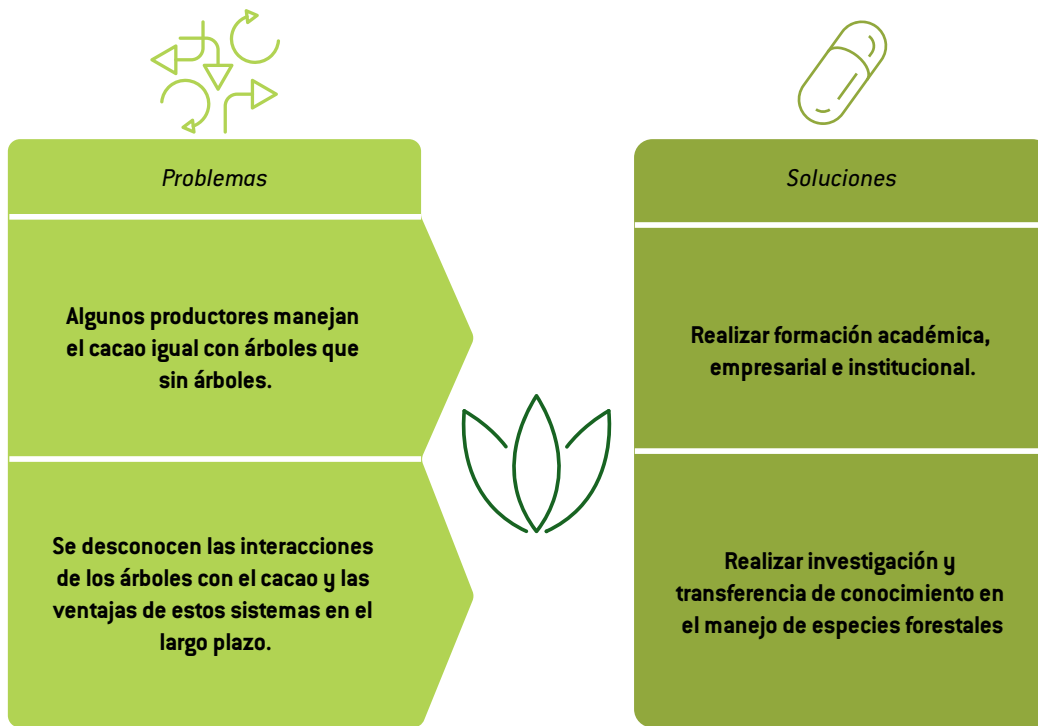


?

Ante estas inquietudes, la consultoría plantea algunas soluciones:



Falta de tecnología en el SAF



Reducción de la cantidad de árboles de cacao por hectárea

Muchos productores creen que establecer árboles acompañantes los obliga a reducir la cantidad de plantas de cacao por hectárea, lo que generaría una disminución en la producción de cacao por hectárea y en los ingresos de la familia.

Por ello, se debe:



Seleccionar y planear el modelo agroforestal acorde a las condiciones agroecológicas del lugar y a las necesidades del productor y su familia.

Aumentar los ingresos a través de la diversificación de especies.

Al tener más espacio se puede:

- Aumentar la productividad por cada árbol de cacao, para compensar pérdidas por número de árboles/ha (ver módulo 2 con sus guías).
- Valorar los rendimientos en términos de producción por número de árboles establecidos y no por hectárea.
- Mejorar la entrada de luz en el SAF.
- Crear pagos adicionales por servicios ambientales (conservación, diversidad, turismo, captura y almacenamiento de CO₂).
- Crear modelos para compensación ambiental o incentivos forestales (ver el cacao sostenible a través de los SAF).

Mercado asociado a las especies acompañantes

En la actualidad, un número significativo de productores manifiesta que, al no tener clara la comercialización, el uso de los subproductos de las especies acompañantes (árboles maderables y no maderables, frutales, entre otros) o un mercado asegurado de estos subproductos, se restringe en cierto grado la decisión para establecer los SAF; sin embargo, estas problemáticas se podrían abordar teniendo presente las siguientes recomendaciones:

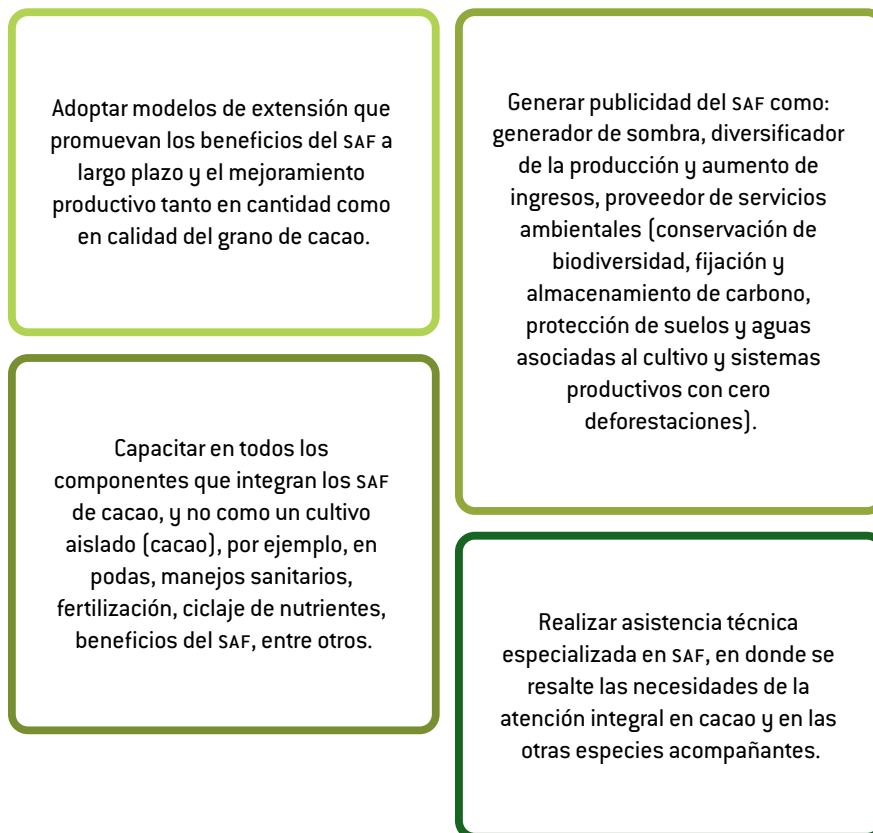
- Conocer la cadena o estructura de mercado de la especie antes de sembrar, y no al contrario.
- Contar con información de centros de acopio u organizaciones que ya trabajen con la especie, para hacer un estimado de precios, insumos y posibles ganancias.
- Promover, organizar y facilitar cadenas de valor organizadas a nivel nacional o regional de estos otros productos diferentes del cacao, para generar una dinámica estable y continua del flujo de dinero.

Retos socioculturales

Los retos socioculturales a los que se enfrentan los sistemas agroforestales con cacao están relacionados con la gestión del conocimiento, en donde los procesos de extensión o adopción de tecnología, en su mayoría, dejan de lado el manejo agronómico de las especies acompañantes del cacao al enfocarse netamente en el cultivo de cacao, olvidando las interacciones dentro de estos sistemas SAF. Por tal motivo, **se han identificado SAF en los que las especies acompañantes se encuentran en malas condiciones o “descuidadas”,**

ya que no se valora o se desconocen los beneficios que brindan estos sistemas, tanto para las familias cacaocultoras como para el entorno en general.

Por ello, se recomienda:



Retos económicos

Los retos económicos están relacionados con los costos de producción, en donde el agricultor, aparte de contemplar los gastos para el cacao, debe adicionar los costos que implica el establecimiento, mantenimiento y producción de las especies acompañantes.

Por tal motivo, se aconseja:

- Establecer diversidad de ingresos a lo largo del ciclo del cultivo.
- Entender que, aunque los costos de producción en un SAF de cacao aumentarán en comparación con un monocultivo (solo cacao), estos se verán compensados en los ingresos a corto, mediano y largo plazo generados por las especies acompañantes y el cacao.

- Sembrar cultivos transitorios semestrales, como maíz, sorgo, frijol, yuca, plátano, papaya, entre otros, para obtener ingresos a corto plazo y amortiguar parte de los costos de producción.
- Hacer análisis de la estructura de costos reales e incremento de los beneficios económicos desde el primer momento con las especies a corto plazo, a través de datos de investigación y datos del productor.
- Fomentar o incentivar las certificaciones y compensaciones económicas por BPA en las fincas del departamento del Meta.

Otras problemáticas que podrían afectar el establecimiento de los SAF con cacao son el aumento de los costos por mano de obra, la disponibilidad de mano de obra calificada [capacitando tanto para cacao como para atención de las especies acompañantes] y el bajo relevo generacional que afronta el campo colombiano.

Algunas posibles soluciones a estas temáticas podrían ser:

- Generar opciones innovadoras y nuevas de mano de obra, como las empresas locales tecnificadas (ELT).
- Promover mano de obra joven, con mejores equipamientos y tecnología eficiente, adicional a la mano de obra tradicional.

Guía 4.2. Niveles de decisión para facilitar el escalamiento de SAF de cacao bajos en emisiones de carbono

La tabla 12 resume algunas acciones que se proponen para el escalamiento de los sistemas agroforestales de cacao bajos en carbono y plantea los actores que podrían estar implicados en la toma de decisión y ejecución de dichas acciones. Esta información podrá convertirse en una herramienta clave en la construcción de planes estratégicos locales y regionales tanto para las administraciones públicas como privadas que tengan injerencia en los departamentos del Meta y Arauca, interesados en promover estos sistemas productivos de cacao.

Tabla 12. Acciones y posibles actores para el escalamiento de SAF

Incentivo / Tomador de decisión	Política de Gobierno Nacional (ministerios de Agricultura, Ambiente, Hacienda, Comercio Exterior)	Institución nacional (AGROSAVIA, Fedecacao, ADR, Parques Nacionales)	Entidades educativas (universidades, SENA, colegios, escuelas, institutos tecnológicos)	Cooperación técnica (GIZ, Visión Amazonía, USAID, Banco Mundial, gobiernos de Europa y Asia)	Gobiernos locales (gubernaciones, alcaldías, asambleas, consejos)	Asociaciones de productores, comercializadores, cadenas de valor de productos	Empresas o entidades regionales o locales (CAR, comercializadores de semillas e insumos, asistencia técnica)	Productores y sus familias
Mostrar beneficios de los bosques y otros árboles en las fincas, más allá del SAF de cacao.	X	X	X	X	X	X	X	
Campañas internacionales que promuevan el cacao de Colombia de cero deforestaciones.	X	X		X				
Capacitaciones con mayor énfasis en SAF, más allá que solo cacao o monocultivo.	X	X	X	X	X	X	X	
Capacitación en aspectos claves de mejora en cacao en SAF bajos en carbono.	X	X	X	X	X	X	X	
Asistencia técnica diferenciada a los SAF.	X	X	X	X	X	X	X	

Incentivo / Tomador de decisión	Política de Gobierno Nacional (ministerios de Agricultura, Ambiente, Hacienda, Comercio Exterior)	Institución nacional (AGROSAVIA, Fedecacao, ADR, Parques Nacionales)	Entidades educativas (universidades, SENA, colegios, escuelas, institutos tecnológicos)	Cooperación técnica (GIZ, Visión Amazonía, USAID, Banco Mundial, gobiernos de Europa y Asia)	Gobiernos locales (gobernaciones, alcaldías, asambleas, consejos)	Asociaciones de productores, comercializadores, cadenas de valor de productos	Empresas o entidades regionales o locales (CAR, comercializadores de semillas e insumos, asistencia técnica)	Productores y sus familias
Inscripción de árboles maderables en el ICA.	X	X				X	X	X
Facilitar los procesos de certificación en BPA y orgánica.	X	X	X	X	X	X	X	X
Análisis de costos reales y beneficios económicos de los SAF en la región.		X	X			X		X
Créditos a largo plazo a los sistemas (no solo de cacao).	X	X			X	X		
Pago diferenciado al grano obtenido de SAF climáticamente inteligentes y bajos en carbono.	X	X	X	X	X	X	X	X
Programas de modernización de plantaciones viejas con modelos SAF.	X	X	X	X	X	X	X	X

Incentivo / Tomador de decisión	Política de Gobierno Nacional (ministerios de Agricultura, Ambiente, Hacienda, Comercio Exterior)	Institución nacional (AGROSAVIA, Fedecacao, ADR, Parques Nacionales)	Entidades educativas (universidades, SENA, colegios, escuelas, institutos tecnológicos)	Cooperación técnica (GIZ, Visión Amazonía, USAID, Banco Mundial, gobiernos de Europa y Asia)	Gobiernos locales (gobernaciones, alcaldías, asambleas, consejos)	Asociaciones de productores, comercializadores, cadenas de valor de productos	Empresas o entidades regionales o locales (CAR, comercializadores de semillas e insumos, asistencia técnica)	Productores y sus familias
Cadenas organizadas para el mercado de productos de los árboles asociados.	X	X		X	X	X	X	X
Pagos por servicios a los sistemas.	X	X	X	X	X	X	X	X
Posibles modelos para compensación ambiental.	X	X		X	X	X	X	X
Relevo generacional y opciones de mano de obra con otros negocios sostenibles de la cadena.	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

Guía 4.3. Empresas locales tecnificadas de jóvenes (ELTJ) para el escalamiento de SAF bajos en emisiones de carbono

Introducción

Con el propósito de promover la integración y el relevo generacional en la cacaocultura de los departamentos de Meta y Arauca, nace la idea de proponer como estrategia la generación de Empresas Locales Tecnificadas de Jóvenes (ELTJ) en la región (tabla 13). Esto busca que los jóvenes no abandonen el campo, fomentando una visión empresarial sobre este y cambiando la idea errónea de que el campo es sinónimo de pobreza. Algunas de estas ideas de negocio surgen de las necesidades demandantes en los sistemas agroforestales con cacao bajos en carbono o como nuevas alternativas de co-creación resultantes de los SAF de cacao.

Para ello, debemos tener presente las siguientes sugerencias:

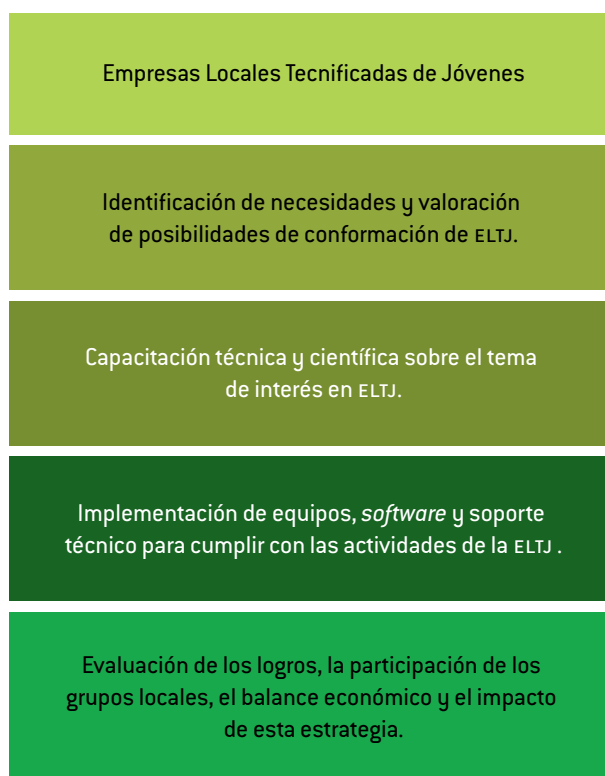




Tabla 13. Ejemplos de empresas locales tecnificadas (ELTJ) para el escalamiento de SAF bajos en carbono

Área	Negocios sostenibles	Características
Producción de insumos.	Viveros (semillas, plántulas, árboles).	En lo posible contar con un terreno plano, evitar zonas de pendientes. Si se va a establecer con fines comerciales, tramitar registro ICA (cuando son más de 360 plantas y cuando es para especies no forestales, estos procesos son totalmente gratuitos). Que tenga buen acceso. Es importante conocer el mercado para impulsar variedades y estrategias de divulgación a través de redes sociales. Se debe considerar la calidad del material vegetal y de los procesos de clonación, como el injerto.
	Bioabonos (correctivos, micorrizas).	Conservación, fabricación y almacenamiento de abonos, enmiendas o correctivos del suelo con fines de mejoramiento de la salud del suelo y la producción. Se sugiere capacitación técnica y científica en la preparación y manejo de este tipo de productos, evaluación de riesgos con estos productos y logros, así como ampliar la participación de grupos locales.

Área	Negocios sostenibles	Características
Producción de campo.	Asistencia técnica y extensión del conocimiento en SAF.	Jóvenes que se especializan en el manejo de SAF, con implementación de equipos, <i>software</i> y soporte técnico especializado. Es esencial el conocimiento de especies arbóreas, los problemas y cuidados en la selección de árboles por las copas y competencia de raíces, la planeación en diseños de nuevas plantaciones, los requerimientos, manejos y podas del SAF, no por especie sino en conjunto para todo el sistema.
	Prestación de servicios de uso de equipos y tecnología avanzada.	Jóvenes con conocimiento en equipos, <i>software</i> , herramientas y tecnología para uso en zona rural y de baja o nula conectividad. Uso de drones de monitoreo, espacialización, cuantificación de carbono y muchos otros equipos que actualmente no usan los productores. Esto permitiría generar servicios con tecnología avanzada en los múltiples procesos de la cadena de cacao y de los árboles del SAF.
	Empresa de servicio de podas (de árboles de cacao y árboles acompañantes).	Jóvenes que se especializan en podas, con curso de alturas, equipos y soporte técnico especializado. Se requiere la realización de cursos en alturas, primeros auxilios, adquisición de herramientas, equipos e indumentaria de ejecución de actividades de alto riesgo.
	Empresa de servicios de manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE), e identificación y control de plagas y enfermedades.	Jóvenes que se especializan en MIPE. Es importante que los jóvenes se formen en la identificación de enfermedades y plagas a nivel local, así como en los niveles de daño tolerable y las formas de manejo preventivo o de control y/o eliminación.
	Registros, trámites, permisos y BPM.	Empresas dedicadas a resolver trámites ante el ICA, las CAR, el Invima y otras empresas reguladoras para facilitar los trámites a las asociaciones y productores, ejemplo árboles maderables, exportación de grano, registros BPA, orgánicos, etc.
	Empresas que promuevan y legalicen servicios ambientales.	Jóvenes formados en nuevos campos ambientales que pueden mejorar el escalamiento de los SAF, en temas como ecoturismo (avistamientos, senderos, ruta del cacao, etc.), venta de carbono, mejoramiento de la salud del suelo.

Área	Negocios sostenibles	Características
Agroindustria.	Servicios de cosecha y poscosecha.	Jóvenes que se especializan en cosecha, poscosecha y agroindustria. Como se mostró en algunas experiencias del Meta y Arauca, ya hay jóvenes con habilidad, destreza y experiencia en cosecha, poscosecha y agroindustria.
	Transformación del cacao y otras especies en productos de valor agregado.	Jóvenes especializados en la cosecha, transformación y mercado de otros productos de los SAF diferentes al cacao.
	Maquinaria.	Empresas de jóvenes especializados en la comercialización, operación, mantenimiento y reparación de maquinaria agrícola y de equipos útiles en la cadena de valor del SAF de cacao y de las otras especies del sistema SAF.
Mercadeo.	Venta de materia prima.	Empresas dedicadas a conocer los requerimientos y exigencias de los compradores, la estandarización de productos y otros requisitos para la comercialización de cacao y otros bienes a nivel nacional e internacional, de acuerdo con las demandas de los mercados. Estas empresas pueden aprovechar los múltiples premios que reciben los cacaos de Arauca y Meta y los SAF bajos en carbono de pequeños productores de grano fino de aroma y sabor que se tienen para promocionar estos productos a través de las redes, y así ampliar mercados y mejorar precios.
	Espacios, capacidad y calidad de almacenamiento.	Empresas dedicadas a facilitar el acopio, almacenamiento y transformación primaria del grano de cacao, como son las centrales de beneficio y de acopio de otros productos de los árboles acompañantes en el SAF.

Fuente: Elaboración propia



Foto: Salvador Rojas



Referencias

- Aguilar, L. et al. (2023). Presentación Power Point. AGROSAVIA.
- Amiel, F., Muller, A., & Laurans, Y. (2018). Produire un cacao durable: à quelles conditions? Iddri, *Décryptage*, 14(18).
- Bravo, D., León Moreno, C., Quiroga, R., Zamora, A., Gutiérrez, E., Moreno, E., Duarte, D., Aristizábal, A., Arroyave, C., Cardona, L., Olarte, H., Orozco, M. L., & Guerra-Sierra, B. (2021a). *¿Qué es el cadmio y por qué es importante en el cultivo de cacao?* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- Bravo, D., León Moreno, C., Quiroga, R., Zamora, A., Gutiérrez, E., Moreno, E., Duarte, D., Aristizábal, A., Arroyave, C., Cardona, L., Olarte, H., Orozco, M. L., & Guerra-Sierra, B. (2021b). *Recomendaciones mínimas para mitigar el cadmio en el cultivo de cacao en Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- Compañía Nacional de Chocolates [CNCH]. (2021). *Modelo productivo para el cultivo de cacao. Fisiología y podas*. <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2021/08/PDF-WEB-FOLLETO-FISIOLOGIA-Y-PODAS-CACAO.pdf>



Foto: Salvador Rojas

- de Bedout-Mora, M., Solís-Ramos, L., Valverde-Barrantes, O., & Rojas-Jiménez, K. (2022). Capacidad de nodulación en especies forestales leguminosas (Fabaceae) según su filogenia y características morfológicas. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 19(45). <https://doi.org/10.18845/rfmk.v19i45.6315>
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). (2006). *Informe técnico Programa de Cacao y Agroforestería*. http://www.fhia.org.hn/descargas/informes_tecnicos/inf_Programa_de_Cacao_y_Agroforesteria-2006.pdf
- Huang, W., Yang, Y., Hu, H., & Zhang, S. (2016). Respuesta biológica del ciclo agua-agua al cambio en la fotorrespiración del tabaco. *B: Biology*, 157, 97-104. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.02.006>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2006), *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change National Greenhouse Gas Inventories Program*. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- Jadán, O., Günter, S., Torres, B., & Selesi, D. (2015). Riqueza y potencial maderable en sistemas agroforestales tradicionales como alternativa al uso del bosque nativo, Amazonia del Ecuador. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 12(28), 13-22.
- Mejía, L. A., & Palencia, G. E. (2000). *Manejo integrado del cultivo de cacao*. Corpoica.
- Mejía, L. A., Palencia, G. E., & Ramírez, N. (2003). *Manual para la renovación y rehabilitación de plantaciones de cacao*. Corpoica.

- Niether, W., Jacobi, J., Blaser, WJ, Andrés, C., & Armengot, L. (2020). Sistemas agroforestales de cacao versus monocultivos: un metaanálisis multidimensional. *Reinar. Res. Letón*. 15(10), 1-13. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb053>
- Pocomucha, V. S., Alegre, J., & Abregú, L. (2016). Análisis socioeconómico y carbono almacenado en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Huánuco. *Ecología Aplicada*, 15(2), 107-114.
- Ramírez, L. E., Abaunza, C. A., Rodríguez, L., Varón, E. H., Barragán, E., & Rojas, J. (2020). *Modelo productivo para el cultivo de cacao (Theobroma cacao) para el departamento del Huila*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7403558>
- Rojas, M. J., Caicedo, V., & Jaimes, Y. (2017). Dinámica de descomposición de la biomasa en sistemas agroforestales con *Theobroma cacao* L., Rionegro, Santander (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 35(2), 182- 189.
- Rojas González, S., Pesca Moreno, A., Tarazona Yanes, M., Calderón Medina, C. L. Zapata, P. (2019). *Cacao. Agricultura climáticamente inteligente con énfasis en agroforestería. Experiencias en el Ariari, Meta, Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA); The Nature Conservancy (TNC).
- Saj, S., Durot, C., Mvondo Sakouma, K., Tayo Gamo, K., & Avana-Tientcheu, M. L. (2017). Contribución de los árboles asociados a la conservación de especies a largo plazo, el almacenamiento de carbono y la sostenibilidad: un análisis funcional de las comunidades de árboles en las plantaciones de cacao del centro de Camerún. *Revista Internacional de Sostenibilidad Agrícola*, 15(3), 282-302.
- Vaudry, R., Ettien, R., Rullier, N., Garnier, B., Nourtier, M. & Rabany, C. (2019). *A new Payment for Ecosystem Services in organic cocoa agroforestry systems in Ivory Coast* [Ponencia]. https://www.nitidae.org/files/5c3df7a2/presentation_nitidae_world_congress_agroforestry_montpellier_may_2019.pdf

Autoría

Salvador Rojas González

salvadorrojasg24@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0765-3587>

Agrónomo, investigador con 39 años de experiencia en Corpoica. Tiene una maestría en Mississippi State University y un doctorado en la Universidad Federal de Amazonas e INPA en Brasil. Ha trabajado en las regiones tropicales de la Amazonía y la Orinoquia, con especies forestales no maderables (PFNM), en actividades de manejo de germoplasma, cadenas de valor y evaluación de sistemas agroforestales (SAF), buscando alternativas productivas sostenibles para las áreas intervenidas del bosque húmedo tropical. Actualmente es consultor particular y profesor de posgrados en la Universidad de los Llanos en Villavicencio, Meta.

Yeferson A. Moreno Guerra

yamorenog@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3013-9965>

Biólogo con maestría en Ciencias Biológicas. Ha trabajado en docencia, investigación y desarrollo de proyectos ambientales en temas como fauna silvestre, acuicultura y sistemas agroforestales sostenibles. Su labor se ha enfocado en conectar la ciencia con los saberes locales, generando impactos positivos en territorios rurales y urbanos de Colombia. Ha liderado procesos con instituciones públicas y privadas, promoviendo la participación comunitaria, la educación ambiental y el respeto por la naturaleza.

Sandra Xiomara Pulido Castro

spulido@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5792-7136>

Ingeniera agrónoma y magíster en Sistemas de Producción Agrícola. Posee amplia experiencia en la planificación, diseño e implementación de proyectos de transferencia de tecnología agropecuaria, gestión del conocimiento y apropiación social del conocimiento; en procesos de capacitación, formulación y ejecución de proyectos de desarrollo tecnológico, organización comunitaria y procesos pedagógicos/educativos. Ha liderado y participado en procesos de coordinación en programas que soportan la asistencia y servicios de extensión agrícola, así como en el fortalecimiento de la relación entre productores, investigadores y proveedores de servicios en extensión agrícola en procura de la innovación agropecuaria. Actualmente es Investigador Máster en el C. I. La Libertad de AGROSAVIA.

Argenis Mora Garcés

aamora@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1852-9941>

Ingeniero agrónomo, magíster en Ciencias - Estadística y PhD en Agroforestería Tropical. Tiene una trayectoria de más de 25 años combinando la docencia y la investigación. Es experto en metodologías de investigación y análisis estadístico avanzado con herramientas como R. Su investigación se centra en el diseño sostenible de sistemas agroforestales (SAF), la evaluación de servicios ecosistémicos y la modelización espacial, con amplia experiencia en cultivos como cacao y café. Ha liderado proyectos sobre SAF bajos en carbono. Actualmente es Investigador PhD en el C. I. La Libertad de AGROSAVIA.

Luis Enrique Ramírez Chamorro

lramirez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2377-2156>

Ingeniero agrónomo y magíster en Planificación y Manejo Ambiental de Cuencas Hidrográficas. Se ha desempeñado en áreas de manejo integrado de cultivos y caracterización de sistemas de producción agropecuarios. Desde el 2013 es Investigador Principal del Plan de Vinculación de la Red de Innovación de Cacao de AGROSAVIA; de 2015 a 2019 fue Investigador Asociado del Plan de rehabilitación y renovación de plantaciones de cacao para

los departamentos de Huila, Tolima y Caquetá; a partir de 2019 es responsable del Plan Nacional de Semillas, especie caña panelera, para los departamentos del Tolima y Huila, e Investigador Asociado en proyectos de las redes de Frutales, Cacao y Cultivos Transitorios.

José Eduardo Rojas Carrillo

jerojasc@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-4869-7150>

Ingeniero agrónomo y magíster en Producción Tropical Sostenible. Cuenta con experiencia en la gestión, supervisión y ejecución de proyectos agrícolas sostenibles y de desarrollo rural. Tiene conocimientos en agroecología, soberanía alimentaria, extensión rural, docencia universitaria y sistemas productivos con enfoque en agroecología y sociobiodiversidad. Ha coordinado proyectos nacionales de sustitución de cultivos ilícitos mediante sistemas agroforestales con cacao. Asimismo, ha desarrollado trabajos e investigaciones en programas de agricultura urbana y en la implementación de huertas familiares en zonas rurales. Posee experiencia en programas de extensión rural, promoción de buenas prácticas agrícolas (BPA), apoyo a la interventoría de proyectos de compensación ambiental e inversión del 1%, y en asistencia técnica en cultivos como cacao, café, piña, maracuyá, arroz, maíz y soya.

Ruth Juliana Rojas Idárraga

rjrojas@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-7409-7832>

Ingeniera agrónoma con énfasis en cultivos de clima cálido, desarrollo sostenible y agroecología. Su trayectoria ha estado marcada por un compromiso profundo con la tierra, el conocimiento ancestral y las comunidades rurales. Ha trabajado en el diseño e implementación de sistemas productivos sostenibles, integrando enfoques como los sistemas agroforestales (SAF), el manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) y la extensión rural. Ha colaborado con instituciones del sector público y privado, desarrollando estrategias para el mejoramiento continuo de la producción agrícola y promoviendo prácticas respetuosas con el ambiente y la salud pública. Ha liderado procesos de detección temprana de enfermedades en viveros y laboratorios, y ha contribuido al fortalecimiento de redes de comercialización para pequeños productores.

Jorge Humberto Argüelles Cárdenas

jarguelles@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2886-1542>

Ingeniero agrónomo y magíster en Estadística Experimental enfocada en métodos estadísticos y diseño de experimentos. Tiene más de treinta años de experiencia en investigación agropecuaria y veinte años de experiencia en docencia universitaria, lo que lo hace un profesional capacitado para contribuir con el rigor y calidad científica de los proyectos de investigación en los que participa, a través del uso adecuado de las herramientas que ofrece la estadística moderna. Fortalezas en el diseño de experimentos, métodos de muestreo, manejo y análisis de datos, e interpretación de resultados.

Allende Pesca Moreno

apesca@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3955-4679>

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Pamplona y candidato a magíster en Producción Tropical Sostenible de la Universidad de los Llanos. Cuenta con más de doce años de experiencia en investigación en la Orinoquia sobre Sistemas Agroforestales (SAF) con cacao en la evaluación de genotipos adaptados a las condiciones de la región y productos forestales no maderables (PFNM) y maderas finas tropicales para sombrío permanente. También ha trabajado en evaluación de pastos y forrajes tropicales y sistemas silvopastoriles para la Orinoquia colombiana. Actualmente hace parte de la Red de Innovación de Cacao del C. I. La Libertad de AGROSAVIA.

Jessica Moreno Barragán

jmorenob@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6784-7626>

Ingeniera forestal con experiencia en investigación en la caracterización de especies forestales nativas, sistemas de información para monitoreo, evaluación, seguimiento de plantaciones forestales, evaluación de genotipos de cacao seleccionados por atributos de valor, producción de semillas de calidad de variedades mejoradas y estrategias de vinculación de conocimientos y transferencia de la oferta tecnológica. Actualmente hace parte de la Red de Innovación de Cultivos Permanentes del C. I. La Libertad de AGROSAVIA.

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Estos módulos ofrecen una guía integral para implementar sistemas agroforestales (SAF) con cacao bajos en emisiones de carbono, combinando productividad agrícola con sostenibilidad ambiental. Organizados en cuatro módulos, proporcionan herramientas prácticas para planificar, gestionar y escalar estos SAF, adaptados a las necesidades de productores y técnicos en Colombia. El módulo 1 aborda la planificación a largo plazo, destacando la importancia de la sombra adecuada, la salud del suelo, el manejo eficiente del agua y la biodiversidad. Introduce el modelo 3S (sobrevivencia, suficiencia, sostenibilidad) para seleccionar especies arbóreas y cultivos transitorios que generen ingresos adicionales y servicios ecosistémicos. El módulo 2 se centra en técnicas climáticamente inteligentes: desde la elección de clones de alta calidad y compatibilidad, hasta prácticas agronómicas de poda, control de plagas y rehabilitación de plantaciones antiguas o improductivas, así como estrategias para mejorar la rentabilidad y reducir costos. El módulo 3 explora métodos para minimizar emisiones de carbono y maximizar su captura, integrando diseños agroforestales que optimicen recursos como luz y espacio. El módulo 4 analiza retos técnicos y socioculturales, junto con incentivos financieros y no financieros, para promover la adopción de SAF. Esta publicación busca fortalecer capacidades técnicas, fomentar la transición hacia una cacaocultura sostenible y posicionar a Colombia en mercados internacionales que valoran prácticas bajas en carbono. Ideal para productores, extensionistas y tomadores de decisiones comprometidos con un futuro agroambiental resiliente.



Correo: bac@agrosavia.co

Teléfono: (+57 601) 4227300 ext. 1257 o 1274

Skype: biblioteca.agropecuaria

www.agrosavia.co

ISBN: 978-958-740-826-3



Distribución gratuita

Prohibida su venta