



CACAO

**Agricultura climáticamente inteligente
con énfasis en agroforestería**

Experiencias del Ariari, Meta, Colombia



El campo
es de todos

Minagricultura

CACAO

Agricultura climáticamente inteligente con énfasis en agroforestería. Experiencias en el Ariari, Meta, Colombia



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)
Centro de Investigación Tibaitatá
Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Colombia

The Nature Conservancy Colombia
Calle 67 N. 7-94 Piso 3, Bogotá, Colombia

Esta publicación es resultado del proyecto: *Mejorar las prácticas productivas y la conexión con el mercado en sistemas de producción de cacao en la región del Ariari, departamento del Meta, Colombia*, ejecutado entre The Nature Conservancy - TNC y AGROSAVIA.



El campo es de todos

Minagricultura

Autores

Salvador Rojas González
Allende Pesca Moreno
Maribel Tarazona Yanes
Claudia Liliana Calderón Medina
Piedad Cecilia Zapata Arango

Equipo técnico - AGROSAVIA

Salvador Rojas González
Investigador PhD.
Mauricio Iván Torres Munevar
Director (E) Centro de Investigación La Libertad
Allende Pesca Moreno
Profesional de Apoyo a la Investigación
Katherine Gonzalez Liz
Profesional de Apoyo a la Investigación
Carlos Eduardo Santos Nava
Asistente de Investigación
José Ruperto Hoyos Olivares
Asistente de Investigación
Luis Ariel Santos González
Profesional de Apoyo a la Investigación
Silvia Umaña Velázquez
Operario de Investigación
Maribel Tarazona Yanes
Profesional de Apoyo a la Investigación
Sandra Viviana Alzate
Profesional de Apoyo a la Investigación
Jessica Moreno Barragán
Profesional de Apoyo a la Investigación
Gersain Antonio Rengifo Estrada
Investigador Máster
Jairo Rojas Molina
Investigador Máster
Jorge Humberto Argüelles Cárdenas
Investigador Máster

Equipo coordinador - The Nature Conservancy

Claudia Vásquez Marazzani
Directora TNC Colombia y Ecuador
María Margarita Gutiérrez Arias
Subdirectora
Programa de Conservación NASCA
Mauricio Castro Schmitz
Lar Lands Manager
Horacio Rodríguez Vázquez
Climate & Food Security Coordinator
Lands Unit, Latin America Region
Andrés Felipe Zuluaga Salazar
Coordinador Estrategia de Tierras
Norte de los Andes, Sur de Centroamérica
Elena Montes Jaramillo
Especialista Estrategia de Tierras-Orinoquia

BID

Juliana Salles Almeida
Climate Change Division
Heleno Barbosa Taves de Gouvea
Partnerships Officer

Primera edición: 3.150 ejemplares

Noviembre de 2019

ISBN: 978-958-740-314-5

ISBN E-book: 978-958-740-315-2

PREPARACIÓN EDITORIAL

Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co
Coordinación editorial:
Astrid Verónica Bermúdez
Corrección de estilo: Ana Marcela Hernández Calderón
Diagramación: Kilka Diseño Gráfico
Ilustración: Kilka Diseño Gráfico
Impresión: Javegraf

Citación sugerida: 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*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). The Nature Conservancy (TNC).

Reconocimientos: La realización de esta publicación fue posible gracias al apoyo provisto por el Banco Interamericano de Desarrollo y The Nature Conservancy, según los términos del Contrato RG-T2942.

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA, TNC y el BID no son responsables de las opiniones e 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, declarando 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. Así mismo, el contenido y las opiniones aquí expresadas son de los autores y no reflejan necesariamente la posición o la política del Banco Interamericano de Desarrollo, de AGROSAVIA, o de The Nature Conservancy, y no se deberá inferir ninguna adopción oficial de las mismas.



Esta obra circula protegida con licencia creative commons <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



CACAO

**Agricultura climáticamente inteligente
con énfasis en agroforestería**

Experiencias del Ariari, Meta, Colombia



El campo
es de todos

Minagricultura



CONT

1. Introducción	6
2. El Meta y la región del Ariari	8
3. La cadena de cacao en Colombia	10
3.1 Cadena de cacao en el Meta	12
4. Requerimientos y afectaciones en los cultivos de cacao por la variación en el clima	16
5. Beneficios y principales usos del cacao	18
6. Una agricultura climáticamente inteligente	20
6.1 Buenas prácticas agrícolas en cacao en el marco de una agricultura climáticamente inteligente	23
7. Mejoramiento de tecnologías en cacao	27
8. Sistemas agroforestales (SAF) con cacao como una estrategia de desarrollo de la ACI	32
8.1 Sistemas agroforestales (modelo 3 S)	33
8.2 Ventajas y limitantes para la adopción del sistema agroforestal	35
8.3 Recomendaciones para la selección de especies en un SAF con cacao	36




ENIDO

9. Tipo de arreglos y especies en el SAF con cacao	40
9.1 Frutales	44
9.2 Maderables	44
9.3 Especies que proveen productos forestales no maderables (PFNM)	46
10. Reflexiones sobre la adopción agroforestal en Colombia	56
11. El papel de los bosques en fincas cacaoteras	58
12. Experiencias exitosas en fincas cacaoteras del Ariari (Meta)	62
13. Conclusiones	64
14. Recomendaciones	66
15. Bibliografía	68
16. Glosario de nombres científicos y comunes	74

1. Introducción





The Nature Conservancy (TNC) en alianza con La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) desarrollan la iniciativa *Mejorar las prácticas productivas y la conexión con el mercado en sistemas de producción de cacao en la región del Ariari, departamento del Meta, Colombia*, cuyo objetivo es aportar a la consolidación de ocho fincas demostrativas de cacao, a través de la implementación de prácticas sostenibles como sistemas agroforestales que contribuyan a fortalecer su capacidad de adaptación y mitigación al cambio climático, de manera que estas fincas se conviertan en promotores de la producción sostenible en la región. Este proyecto incluye, además, el fortalecimiento de capacidades en sistemas de producción sostenible a 100 productores, a partir del acompañamiento técnico en la finca, y días de campo para intercambio de experiencias entre productores. Adicionalmente, se desarrollan otros ejes transversales que contribuyen al logro de los objetivos, algunos de ellos son: la generación de un video para promover la implementación de prácticas productivas sostenibles en cacao, el diagnóstico de oportunidades de cadenas de valor sostenibles y un taller regional con los beneficiarios clave de los sectores público y privado.

Todo este trabajo se enmarca en el proyecto *Promover la agricultura climáticamente inteligente (CSA) y prácticas amigables con los bosques en la región de América Latina*, cuyo objetivo general es apoyar a los sectores público y privado en la reducción de deforestación, y a la vez fortalecer la producción agrícola baja en carbono en Colombia (Meta), Brasil (Pará) y Argentina (Salta/Jujuy). Cuenta con el apoyo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Alimentos Agrícolas y Lácteos (Agrolac), y con TNC como la entidad ejecutora líder.

En ese sentido, se desarrolla esta cartilla que hemos llamado **Cacao. Agricultura climáticamente inteligente con énfasis en agroforestería. Experiencias del Ariari, Meta, Colombia**, dirigida a agricultores, técnicos, académicos y otros tomadores de decisiones, la cual busca ser un insumo en el desarrollo de la producción sostenible del cacao en esta región del país y, además, contribuir al fortalecimiento de las capacidades locales. En este material, el lector encontrará estrategias y medidas que permiten aumentar la productividad sostenible y adaptar el cultivo a los cambios de clima en la cadena de valor de cacao, donde la agroforestería se constituye en una práctica fundamental para lograr dichos objetivos.

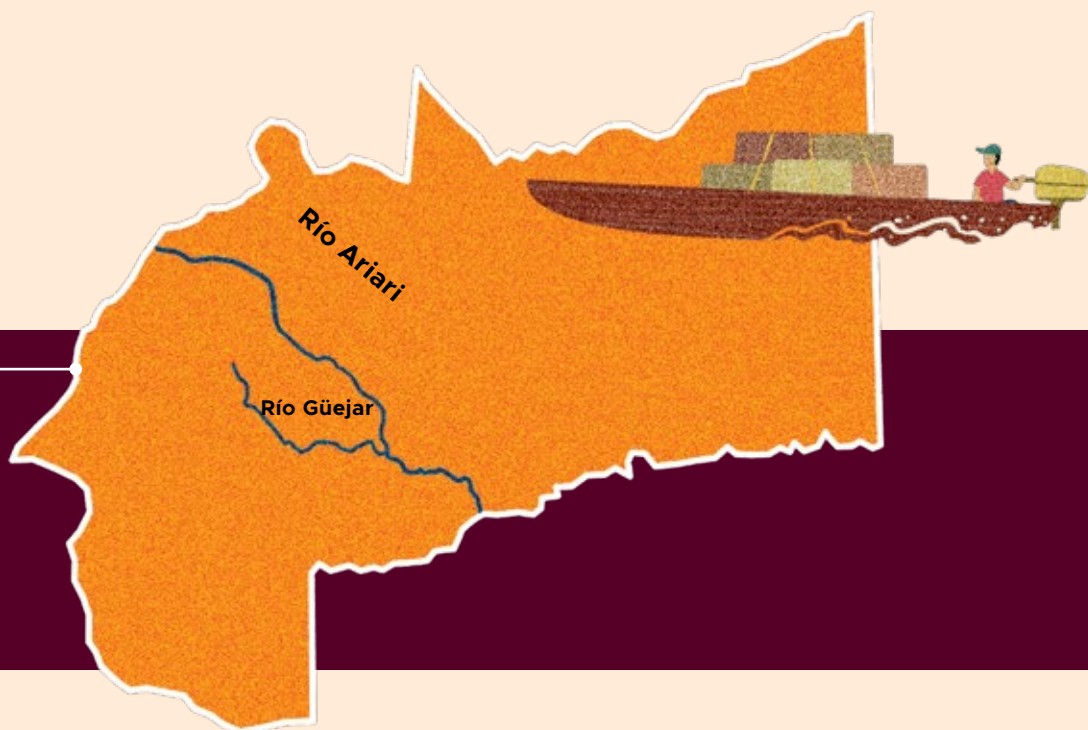


2. El Meta y la región del Ariari



El Meta está localizado en la región central del país y es uno de los departamentos con mayor crecimiento en los últimos tiempos, especialmente en lo que tiene que ver con productos para la generación de biocombustibles y la seguridad alimentaria. Por tradición, ha sido reconocido como la despensa agrícola de Colombia y el mayor proveedor de alimentos para Bogotá, pues cubre el 48 % de la demanda. La principal fuente de ingresos para este departamento es la explotación de hidrocarburos, seguida de la ganadería extensiva y la agricultura con cultivos tecnificados de arroz, cacao, forestales, caña y palma africana, además de cultivos tradicionales de yuca, plátano, cítricos, frutas, entre otros. Presenta gran diversidad topográfica con terrenos que van desde llanuras (80 % de su territorio) hasta importantes elevaciones como el cerro El Nevado que alcanza los 4.560 metros de altura y el páramo de Sumapaz ubicado sobre los 4.000 metros de altura; aquí también se encuentra la sierra de La Macarena, uno de los macizos más antiguos del mundo y hogar de una gran biodiversidad en flora y fauna (Gobernación del Meta, 2019).

A lo anterior, se suma el Área de Manejo Especial de la Macarena (AMEM) que tiene una extensión de 3.446.848 ha (41 % del departamento) confor-



mada por tres parques nacionales naturales (PNN): PNN Sierra de la Macarena, PNN Tinigua y PNN Cordillera de los Picachos. Además, 21.412 ha del Meta hacen parte del PNN Chingaza y tiene 1.983,8 ha declaradas como reservas forestales y áreas protegidas regionales (parques, distrito de conservación de suelos y para recreación) que cubren 1.875,6 ha. Todas estas áreas poseen ecosistemas únicos y estratégicos donde habita una gran variedad de flora y fauna. Pese a toda esta riqueza natural, se han identificado amenazas a la biodiversidad por el modelo tradicional ganadero extensivo y la extracción insostenible de madera, así como por la caza y pesca indiscriminada, fragmentación y degradación de los ecosistemas por actividades humanas (Cormacarena, 2014). En términos demográ-

ficos, para el 2018 el Meta contaba con una población de 919.129 habitantes, 2,08 % de la población nacional (Dane, 2018).

Es precisamente, por todo lo anterior, que este proyecto se desarrolla en la cuenca alta y media del Ariari (Meta), en los municipios de Guamal, Cubarral, El Castillo, El Dorado, Fuentedeoro, Lejanías y Granada. Una región del Ariari con gran importancia hídrica y que es despensa agroalimentaria con una oferta productiva variada (Castellanos *et al.*, 2011). Adicionalmente, los municipios: Cubarral, El Castillo, El Dorado, Fuentedeoro y Lejanías han sido priorizados por el Gobierno Nacional para el posconflicto (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural -MADR- y Ministerio del Posconflicto, Derechos Humanos y Seguridad, 2016).

3. La cadena de cacao en Colombia



Históricamente, en Colombia se cultiva cacao desde la Colonia y en ese entonces también se convirtió en exportador del grano hasta 1920, cuando dejó de serlo. Posteriormente, a mediados de la década de los ochenta, el cacao volvió a comercializarse con éxito en el exterior pero, una vez más, se dejó de lado, y actualmente está en proceso de reactivación [Pinzón & Rojas, 2007]. No obstante, el sector cacaotero es reconocido como cadena productiva ante el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], y tiene como objetivo incrementar la producción nacional hasta alcanzar como mí-

nimo 200.000 toneladas de grano en el año 2022, brindando sostenibilidad económica, social y ambiental a todos los eslabones de la cadena, conservando las características de grano fino para satisfacer las exigencias de los mercados nacionales e internacionales y posicionando a Colombia dentro de los principales países exportadores de productos elaborados y de cacaos especiales [MADR, 2009].

En el año 2018, el área sembrada alcanzó las 106.274 hectáreas, y los cinco primeros departamentos fueron Antioquia (13.405 ha), Santander (8.973 ha), Tolima (9.845

ha), Meta (7.748 ha) y Huila (7.745 ha); por su lado, la producción promedio nacional fue de 664.264 toneladas distribuidas así: Antioquia (10.787 t), Santander (6.262 t), Tolima (6.655 t), Huila (4.718 t) y Meta (4.423 t). Así mismo, el rendimiento nacional fue de 0,57 t/ha (MADR, 2019). El precio promedio en enero de 2019 fue de \$6.206,7 por kilogramo de cacao en grano (Fedecacao, 2019).

Precisamente, bajo el lema “Aromas de paz de Colombia para el mundo” el gremio cacaotero manifiesta que este cultivo será fundamental en el posconflicto, frente a las grandes posibilidades que tiene en la sustitución de cultivos ilícitos y su potencial para

aportar al crecimiento económico del país (Fedecacao, 2016).

No obstante, vale la pena mencionar que dentro de este sistema de producción de economía campesina existen alrededor de 35.000 familias productoras de cacao en el país, en su mayoría de bajos ingresos y ubicadas en zonas de difícil acceso con dificultades de orden público. Dichas familias poseen en promedio 3 ha con bajos niveles de tecnificación y productividad. Más aún, este sistema emplea principalmente mano de obra familiar y personal temporal para labores como poda, deshierbe, cosecha y desgrane (Contreras, 2017) y aproximadamente, solo por cada 3 hectáreas para manejo y sostenimiento se genera 1 empleo rural permanente (Serrano & Guerrero, 2017).



dentro de este sistema de producción de economía campesina existen alrededor de

35.000

familias productoras de cacao en el país, en su mayoría de bajos ingresos y ubicadas en zonas de difícil acceso con dificultades de orden público.

3.1 Cadena de cacao en el Meta

El cacao tiene su origen como cultivo en el departamento en la década de los sesenta en los municipios de Acacias, Cubarral, Guamal, El Castillo y Granada, fue apoyado por entidades como el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria INCORA y la Caja Agraria. Inicialmente se establecieron 1.830 ha con semillas de Trinidad y Tobago y del Ecuador. Para 1985 se reportaron 8.500 ha y 5.000 t de producción, lo que lo hizo merecedor del cuarto lugar a nivel nacional, siendo el medio de subsistencia de unas 2.000 familias. Posteriormente, como consecuencia de los problemas fitosanitarios, baja en los precios internacionales, encarecimiento de la mano de obra por migración a cultivos ilícitos y expectativa ante la apertura económica, se erradicaron la mayoría de los cultivos. Algunos años después, la Asociación de usuarios campesinos del Meta (ANUC Meta) ante las consecuencias que dejó la apertura, formuló una propuesta para la recuperación de la cacaocultura; y el Incora, a su vez, lideró un

programa para 168 beneficiarios de la reforma agraria, dando como resultado el nacimiento de la Asociación de pequeños productores de cacao del Ariari (Asopcari), que con el establecimiento de 338 ha de cacao, en los municipios del Castillo, Granada y Fuentedeoro, inició la reactivación del cultivo que en la última década fue incluido como alternativa productiva enmarcada en el posconflicto (Fedecacao, FIP & Asopcari, 2006; Martínez, 2015).

En efecto, el área de cacao sembrada en el Meta se incrementó de manera significativa pasando de 1.162 ha en 2007 a 7.448 ha en 2018. Como se mencionó previamente, esto le significó al departamento el cuarto lugar a nivel nacional y el quinto en producción con 4.423 t, a la vez, que reportó un rendimiento de 0,63 t/ha (MADR, 2019).

Una de las áreas potenciales para aumentar la producción de cacao en el país es la zona del Ariari (Meta). Esto se busca a través del incremento en la producción por hectárea o la incorporación de nuevas áreas de siembra, lo que debe involucrar prácticas de manejo y tecnologías sostenibles que no afecten o agoten los recursos



Se estima que en el Meta hay un área de **7.748** hectáreas de producción de cacao, por lo que ocupa el cuarto puesto a nivel nacional.

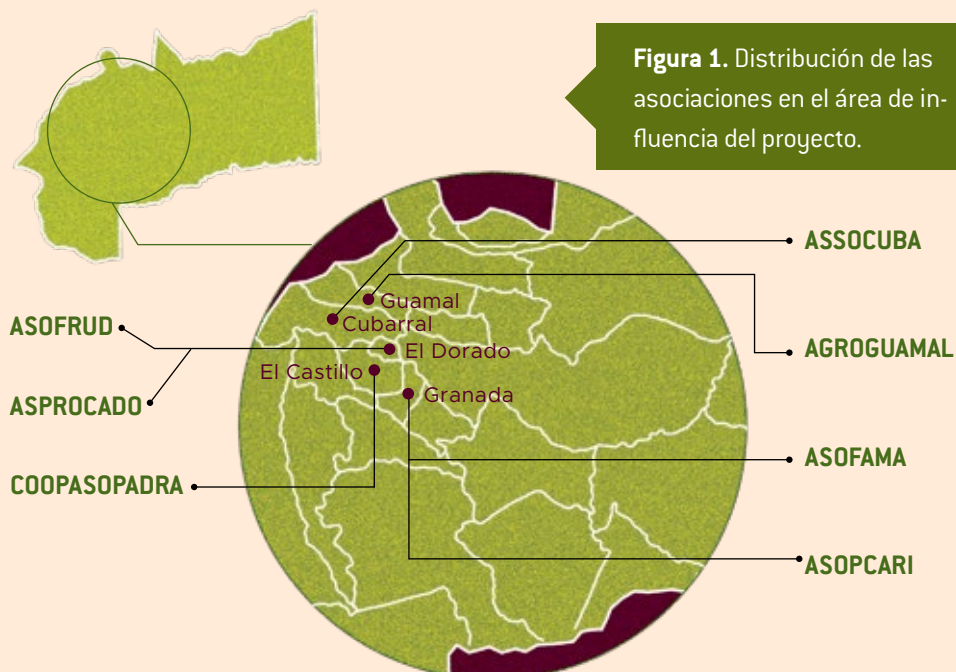


Figura 1. Distribución de las asociaciones en el área de influencia del proyecto.

naturales, y que permitan un desarrollo adecuado del cultivo ante un escenario de cambio climático. En el sistema de producción de cacao en la zona, predominan los clones FEAR 5, ICS 1, TSH565, FSV 41 y FTA2 (figura 1) con rendimientos que oscilan entre los 1.000 y 1.200 kg/ha y que pueden decrecer hasta los 500 kg/ha en cultivos mal manejados con alta incidencia de enfermedades. En este sentido, se ha observado una alta susceptibilidad a enfermedades como escoba de bruja, ocasionada por el hongo *Moniliophthora perniciosa* y monilia por *Moniliophthora roreri* en TSH 565, y la antracnosis causada por *Colletotrichum gloesporoides* y escoba de bruja en FTA 2, mientras que el mejor desempeño lo tienen los clones ICS 1, FEAR 5 y FSV 41.

El modelo productivo de cacao en esta región involucra un alto número de familias asociadas y se constituye como un sector importante de su economía. Específicamente en la zona del proyecto existen siete asociaciones: Asociación de cacaoteros del municipio de Cubarral (Assocuba), Asociación familiar (Asofama), Asociación de pequeños productores de cacao del Ariari (Asopcari), Asociación de fruticultores de El Dorado (Asofrud), Corporación de productores agrupados del Ariari (Coopasopadra), Asociación de productores agropecuarios de Guamal (Agroguamal) y Asociación de productores de cacao del municipio El Dorado (Asprocado). Estas conforman el nodo cacaotero del Ariari, que es una instancia de segundo nivel que fortalece estratégicamente temas muy sensibles como la comercialización.

El principal servicio ofrecido a sus asociados por parte de estas organizaciones es el apoyo en la comercialización del producto, seguido por la asistencia técnica, financiamiento y el alquiler de maquinaria. El principal comprador de cacao para las asociaciones es la Compañía Nacional de Chocolates. Estas asociaciones han venido avanzando mucho en el fortalecimiento social y técnico con apoyo de organizaciones como Socodevi, Fedecacao, Compañía Nacional de Chocolates, Casa Luker, Secretaría de Agricultura, Ministerio de Agricultura, entre otros; sin embargo, aún se identifican problemas que se pueden agrupar en:

- Aspectos técnicos del cultivo: selección de clones, manejo de plagas y enfermedades, manejo de la fertilidad y poscosecha.
- Aspectos ambientales: falta del componente arbóreo asociado al cultivo, manejo inadecuado del agua, deforestación y mal manejo de los suelos que generan consecuencias como erosión, pérdida de fertilidad y compactación, que sumado a las condiciones climáticas imperantes (altas temperaturas y bajas precipitaciones en época seca) y a la alta fragilidad de los suelos, pueden provocar problemas de deterioro de recursos y pérdida de productividad (Amézquita, 1999; Caicedo *et al.*, 2004; MADR & Fedecacao, 2013).

Adicionalmente, identifican como amenazas principales las relacionadas con el cambio climático, pérdida de frutos, disminución de la producción, ausencia de infraestructura adecuada para el beneficio del grano y baja adopción de tecnología, como consecuencia de un desestímulo por la baja en los precios. Por otra parte, evidencian como oportunidades la posibilidad de participar en ferias nacionales e internacionales, el acceso a capacitación y la probabilidad de exportación a futuro.



Clon de grano pequeño
TSH - 565



Clon de grano grande
FSV - 41

Figura 2. Clones de cacao sembrados en la región del Ariari.

Fotos: José hoyos



Clon de grano pequeño FEAR - 5



Clon de grano grande ICS - 1

4. Requerimientos y afectaciones en los cultivos de cacao por la variación en el clima

El género *Theobroma* se originó hace millones de años en América del Sur, al este de los Andes, en los valles de los ríos Caquetá, Napo y Putumayo cerca de la frontera entre Ecuador y Colombia, y de algunos afluentes del Orinoco como Guaviare e Inírida (Ruiz, 2014). *Theobroma* se ha dividido en 22 especies de las cuales *Theobroma cacao* es el más ampliamente conocido (International Cocoa Organization ICCO, 2013). El cacao se cultiva exclusivamente en una franja geográfica muy estrecha cerca del Ecuador, debido a las exigencias climáticas y de lluvias. Se extiende por África occidental, algunas partes de Centroamérica y Suramérica, y el sudeste de Asia.

El cacao es un árbol perenne de porte bajo, puede llegar a producir entre 2.000 y 20.000 flores por año, de las cuales menos del 0,15 % llegan a convertirse en fruto. La polinización es realizada por insectos y tarda entre 2 a 4 años en producir los primeros frutos; aquellos que se desarrollan tardan de 5 a 6 meses en madurar. El fruto del cacao



Recuerde que...

El rendimiento de los árboles de cacao se ve afectado por la deficiencia de agua, por lo tanto, es importante que este distribuida a lo largo del año.

es una baya de 30 cm de largo por 10 cm de diámetro en general, que al madurar se torna de color rojo, amarillo, morado y café; es de textura lisa o arrugada, y se divide al interior en 5 carpelos, contiene entre 20 y 40 semillas cubiertas por una pulpa mucilaginosa de color blanco (Ruiz, 2014).

Las variaciones en el rendimiento de los árboles de cacao de un año a otro se ven más afectadas por las lluvias que por cualquier otro factor climático. Los árboles son muy sensibles a una deficiencia de agua en el suelo. La lluvia debe ser abundante y bien distribuida a través del año. En general se prefiere un nivel de precipitación anual de 1.500 mm y 2.000 mm entre períodos de sequía, donde la lluvia es inferior a 100 mm por mes, esto no debe ser superior a 3 meses (International Cocoa Organization ICCO, 2013).

El régimen de temperatura para el cacao se encuentra entre los 18 °C y 32 °C, en donde las temperaturas más aptas están entre los 24 °C y 28 °C, las temperaturas menores a 18 °C y mayores a 32 °C dificultan el desarrollo adecuado del cacao. El factor temperatura es clave para el cultivo, pues por ejemplo, las variaciones mayores a 9 °C entre el día y la noche afectan la polinización y la formación de los frutos, a la vez que las flores del cacao no se forman bajo temperaturas inferiores a los 25 °C (MADR & Fedecacao, 2013).

La humedad ambiente adecuada para el cacao es aquella que se mantiene entre 70 % y 80 %. Si esta es alta, arriba del 85 % durante los periodos lluviosos y fríos, favorece

la incidencia de enfermedades ocasionadas por hongos como la mazorca negra (*Phytophthora* sp.) y la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) (Procacaho, 2015).

Debido al incremento de la temperatura, los productores de la región del Ariari vieron la necesidad de regar el cacao (en monocultivo o en asocio con árboles) en los meses secos de enero a marzo. Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam, 2019), en enero de 2019 se presentó un aumento en la temperatura máxima y mínima entre 0,5 y 1,5 °C por encima del promedio climatológico (calculado para el periodo de 1981-2010); asimismo, la disponibilidad hídrica bajó y se presentaron condiciones muy secas en gran parte de la Orinoquia, incluyendo el piedemonte. En marzo las temperaturas máxima, mínima y promedio se incrementaron entre 1,5 y 2,0 °C, fue un mes semiseco en gran parte de la Orinoquia.

Basados en las zonas climáticas en las que actualmente se produce cacao, y su distribución en futuros escenarios de cambio climático (2050), las proyecciones de precipitación muestran que es poco probable que las principales regiones productoras sean inadecuadas por completo; sin embargo, la región nororiental en Colombia podría ser impactada negativamente (Bunn *et al.*, 2017).

En este sentido, los productores cacaoteros se verán obligados a ajustar e implementar buenas prácticas agrícolas que permitan mitigar los efectos de la variabilidad del clima.

5. Beneficios y principales usos del cacao

Alimenticio

- Proteínas: en su estructura contiene 14 aminoácidos de los 18 que son esenciales
- Contiene vitaminas: A, B1 (tiamina), B2 (riboflavina), ácido fólico, B6 (pirroxidina), Biotina y B5 (ácido pantoténico)
- Minerales: sodio, potasio, magnesio, calcio, hierro, fósforo, cobre y azufre
- Alcaloides: theobromina y cafeína en cantidades no perjudiciales



Medicinal

- Flavonoides: aumenta en 10 % los índices de colesterol bueno y tiene beneficios a nivel cardiovascular
- Antioxidantes en niveles superiores al té verde, las fresas y el ajo, determinantes para prevenir el cáncer especialmente de colon y gástrico



Cosmetología

- Manteca de cacao: se utiliza en la fabricación de jabones, labiales y cremas humectantes



En Colombia su uso principal está en el chocolate de mesa, como bebida integrante de la alimentación básica de amplios sectores poblacionales que lo consumen caliente, de manera especial en los desayunos, acompañado de variadas comidas típicas del país. Es de gran valor nutritivo y energético y con buena digestibilidad, se considera un alimento completo por su aporte en minerales, vitaminas, fibra y sustancias estimulantes. Además, tiene otros usos en la industria mundial, especialmente en productos cosméticos y medicinales (Figura 3).



Figura 3. Principales usos y beneficios del cacao

Fuente: adaptado de Pinzón *et al.* (2012); International Cocoa Organization ICCO (2012).

6. Una agricultura climáticamente inteligente



La ACI es una forma de agricultura que tiene por objeto el desarrollo sostenible, a través del manejo del suelo, el agua y el ambiente; todo enfocado en tres dimensiones: económica, social y medioambiental.

Se calcula que la población mundial crecerá de 7.700 millones proyectados en 2019 a 8.500 millones en 2030 (incremento del 10 %), y por tanto la demanda de alimentos aumentará. Este rápido crecimiento, sobre todo en las regiones más pobres, se convierte en un desafío para el desarrollo sostenible enmarcado en la protección del medio ambiente, en un contexto de cambio climático (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2019).

Por consiguiente, si no lo hacemos bien, puede conllevar el agotamiento de valiosos recursos, causando daños irreversibles al ambiente. La magnitud, inmediatez y amplio alcance de este crecimiento en la demanda de alimentos, sumado a los efectos del cambio climático sobre los sistemas agrícolas crean la necesidad de asegurar una integración completa de tales efectos en los programas, inversiones y planificaciones agrícolas nacionales.

El concepto de Agricultura Climáticamente Inteligente (ACI o Climatic Smart Agriculture -CSA- por sus siglas en inglés), se definió por la FAO en la Conferencia sobre Agricultura, Seguridad Alimentaria y Cambio Climático de 2010 en La Haya. Esta forma de agricultura

busca contribuir a la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible, a partir de la integración de tres dimensiones (económica, social y medioambiental) y el abordaje de forma integral de la seguridad alimentaria y los retos climáticos. Un componente clave en la ACI es el enfoque integrado del paisaje, que atiende a los principios de gestión de ecosistemas y uso sostenible de la tierra y el agua (FAO, 2013).

En ese sentido, la ACI es un enfoque para identificar sistemas de producción que puedan dar mejores respuestas al cambio climático y adaptar dichos sistemas a las condiciones medioambientales locales. Este enfoque puede ayudar a transformar los sistemas agrícolas para que contribuyan al desarrollo sostenible y a la seguridad alimentaria en un clima cambiante. Se trata de aumentar la eficiencia de producción y los ingresos de una forma sostenible, de adaptarse y crear resiliencia ante los impactos del cambio climático y de reducir los gases de efecto invernadero (GEI) (FAO, 2016).

Históricamente, los productores han utilizado técnicas de agricultura sostenible que responden al enfoque de la ACI; estas tecnologías incluyen la agroforestería, la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos, la asociación pastos-leguminosas, el uso de variedades mejoradas, entre otras. En Colombia, esas prácticas son implementadas de manera no sistemática y tienen, en general, bajas tasas de adopción. Por lo tanto, se requieren procesos de planificación con un enfoque subnacional y local para reconocer y analizar los riesgos agroclimáticos asociados a cada

La ACI busca adaptar los sistemas agrícolas a los cambios climáticos, y brindar seguridad alimentaria e ingresos a las familias de una forma sostenible.



La ACI no es nueva, se basa en todas aquellas prácticas sostenibles que utilizan nuestros cacao-cultores sin afectar negativamente el suelo y el ambiente.

Ampliación de la base de evidencia y herramientas de evaluación

Identificar estrategias de crecimiento agrícola para seguridad alimentaria que integren adaptación y mitigación

Políticas

Creación de marcos de políticas y consenso para apoyar la implementación a gran escala

Figura 4. Acciones para implementar la agricultura climáticamente inteligente

Fuente: adaptado de FAO, CGIAR y CCAFS, 2014.

región, implementar respuestas de adaptación y mitigación e identificar las prácticas de ACI más prometedoras (Banco Mundial, CIAT, & Catie, 2014).

A medida que la deforestación y la fragmentación continúan en las regiones tropicales con alta influencia humana y con una alteración de los hábitats naturales, los Sistemas Agroforestales (SAF) pueden proporcionar algunos servicios basados en el bosque (dependiendo de la selección de árboles), manejo e intensificación agroforestal (Tadesse, Zavaleta & Shennan, 2014).

Los SAF pueden mitigar las emisiones de GEI, conservar la biodiversidad y generar ingresos, contribuyendo también a la adaptación y al mejoramiento de los medios de vida locales (Häger, 2012; IPCC, 2014; De Beenhouwer *et al.*, 2016).

La implementación del enfoque de ACI requiere de evaluaciones específicas en cada lugar que permitan identificar barreras para su adopción, especialmente entre los agricultores, y que a su vez, proporcionen soluciones apropiadas en términos de políticas, estrategias, acciones e incentivos; la aplicación del enfoque de la ACI debería priorizar el fortalecimiento de los medios de vida, especialmente los de los pequeños productores, mediante la mejora del acceso a los servicios, el conocimiento, los recursos (incluidos los genéticos), los productos financieros y los mercados (FAO, 2013). En la Figura 4, se describen de manera general las acciones a tener en cuenta para implementar Agricultura Climáticamente Inteligente.

Fortalecimiento institucional

Para permitir la gestión de los riesgos climáticos por parte de los agricultores y la adopción de prácticas, tecnologías y sistemas agrícolas adecuados al contexto

Financiamiento

Para apoyar la implementación, vinculando el clima a la financiación agrícola

Los sistemas agroforestales son una respuesta a las demandas de la ACI porque brindan beneficios económicos y ambientales.

6.1 Buenas prácticas agrícolas en cacao en el marco de una agricultura climáticamente inteligente

Las buenas prácticas agrícolas (BPA) son todas aquellas acciones que se realizan desde la producción, procesamiento y transporte de alimento orientadas a cuidar la salud humana, proteger al medio ambiente y mejorar las condiciones de los trabajadores y su familia (FAO, 2012) (Figura 5).

En Colombia, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) es la entidad encargada de otorgar la certificación en BPA a los predios que cumplan con las condiciones requeridas. Para febrero de 2019 en el país existían 1.616 predios certificados, de los cuales el 23 % correspondían a cacao. Por su parte, en el departamento del Meta existen 18 predios certificados en BPA que equivalen al 1,1 % del total en el país y 17 de ellos son predios de cacao ubicados en los municipios de Acacías, Lejanías, Fuentedeoro, Granada, Villavicencio, El Castillo, El Dorado, Cubarral y Guamal (ICA, 2019).

Seguridad de las personas

- Mejorar las condiciones de los trabajadores y consumidores
- Mejorar el bienestar de la familia agrícola
- Mejorar la seguridad alimentaria

Medio ambiente

- No contaminar aguas y suelos
- Manejo racional de agroquímicos
- Cuidado de la biodiversidad



Bienestar animal

- Cuidado de los animales
- Alimentación adecuada

Inocuidad alimentaria

- Alimentos sanos, no contaminados y de mayor calidad para mejorar la nutrición y alimentación

Figura 5. ¿Qué promueven las buenas prácticas agrícolas?

Fuente: Adaptado de FAO (2012).

En la región del Ariari muchas iniciativas como la desarrollada por Agrosavia y TNC promueven prácticas sostenibles en sistemas cacaoteros que contribuyen al cumplimiento de los objetivos de la ACI (Tabla 1).

Tabla 1. Prácticas sostenibles en fincas cacaoteras

Componente	Prácticas sostenibles
Suelos	<ul style="list-style-type: none"> • Conservación de suelos, diversas prácticas de control de erosión • Rastrojos enriquecidos, áreas que se dejan de sembrar por varios meses • Producción de compost, a partir de residuos orgánicos de la finca • Uso de lombricompost, proceso de compostaje que utiliza lombriz roja californiana • Uso de leguminosas asociadas al cacao (algunas veces utilizadas como abonos verdes) • Mejoramiento de suelos y eficiencia en la fertilización, cuando se aplican las dosis adecuadas, teniendo en cuenta los resultados del análisis del suelo • Reducción de emisión de metano cuando se usan fuentes de nitrógeno menos contaminantes • Mejora en las propiedades físicas por prácticas como uso de materia orgánica, construcción de drenajes, uso de implementos adecuados para labranza y siembra de árboles • Incremento de la materia orgánica por incorporación de bioabonos • Uso de coberturas muertas, por ejemplo, residuos de cosecha del cacao • Labranza cero o labranza mínima

Componente	Prácticas sostenibles
Ecosistemas naturales	<ul style="list-style-type: none"> • Conservación y protección de bordes de quebradas y nacimientos de agua • Cosecha de agua para contar con este recurso en la época de verano • Riego eficiente en las zonas donde el verano es crítico y afecta el cacao • Manejo comunitario de microcuencas para prevenir escasez de agua y daños en el invierno • Conservación de bosques en las fincas • Agroecoturismo, donde se vende el servicio de visita guiada y alimentación • Incrementos de biodiversidad de plantas y fauna que pueden llegar a favorecer el cacao y el precio del grano • Mejoramiento del paisaje de la finca • Potencial venta de carbono en árboles de los que ya se tiene información

Componente	Prácticas sostenibles
Agroecosistemas de cacao	<ul style="list-style-type: none"> • Cultivos asociados y rotación de cultivos • Introducción de árboles de rápido crecimiento o árboles de alto valor • Uso de variedades de árboles resistentes a la sequía, que no compitan con el cacao • Podas oportunas y adecuadas • Selección e injertación de clones de cacao de alta productividad, calidad y aroma para nuevas siembra y renovación de plantaciones viejas • Siembra de clones en bloques para facilitar beneficio de grano grande y grano pequeño • Marcar los clones de acuerdo con el tamaño del grano para hacer una cosecha clasificada y beneficio por grupos • Adecuados procesos de beneficio y secado • Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE), recolección sistemática de frutos enfermos y controles adecuados de plagas y enfermedades • Sistemas agroforestales diversos y organizados • Uso de biodigestores • Estufas ecológicas

Componente	Prácticas sostenibles
Monitoreo y evaluación	<p>Monitoreo del clima como parte de un proyecto de investigación</p> <p>Análisis de cadena de valor con trabajos hechos por Ecopetrol/Uniandes/Agrosavia, en fincas.</p> <p>Monitoreo de plagas con el ICA y Agrosavia</p>

Fuente: Elaboración propia.

Algunas prácticas como la fertilización, la adición de materia orgánica, el manejo integrado de plagas y enfermedades, la siembra planificada de clones o la identificación de clones por tamaño de grano y la siembra de otras especies asociadas al cacao, son estrategias de la ACI que buscan mejorar ingresos en la finca.

7. Mejoramiento de tecnologías en cacao



Uno de los tres pilares de la agricultura climáticamente inteligente es incrementar de forma sostenible la productividad y los ingresos agrícolas, y eso se logra aplicando tecnología. En ese sentido, se ha demostrado que el aumento de tecnología en el cultivo puede reducir pérdidas, incrementar la producción o mejorar la calidad, lo que podría también generar un precio más alto del producto en el mercado, precisamente, con prácticas como la fertilización, que busca obtener un mayor rendimiento por área, manteniendo o mejorando el nivel de fertilidad del suelo y su condición física. La fertilización química o química más orgánica puede generar una relación beneficio costo de hasta 2,50 (Agrosavia, 2013).

Asimismo, la etapa de poscosecha es fundamental para obtener buena calidad de grano que permita su correcta comercialización en el mercado nacional e internacional; en ese sentido, prácticas como: el beneficio por separado de clones de grano grande y grano pequeño, recolección con herramientas adecuadas (tijera de mano) identificando las mazorcas maduras cada 15 días en temporada alta y 20 días en temporada baja (la recolección muy espaciada origina granos germinados y sobremaduros que al molerlos produce sabores indeseables), separación de mazorcas sanas y enfermas, fermentación en recipientes de madera y tiempos de volteo, de acuerdo con el tipo de clon. Por último, el secado para disminuir el contenido de humedad, la acidez y la astringencia del grano y desarrollar el color chocolate, se deben realizar de manera natural en paseras o elbas construidas en madera y en las mejores condiciones de higiene. Estos son solo unos ejemplos de cómo la aplicación correcta de la tecnología genera un producto de buena calidad que tiene un mejor valor en el mercado (Fedecacao, s. f.)

A continuación, en la Figura 6, se mencionan algunos aspectos tecnológicos que pueden beneficiar el sistema de producción de cacao:

Figura 6. Aspectos tecnológicos a tener en cuenta en el sistema de producción de cacao

Fuente: adaptado y actualizado de Corpoica, 2000.

Condición del suelo

Asesorarse al momento de seleccionar el suelo, este debe tener características que permitan el buen desarrollo del cacao. Realizar análisis químicos para determinar el contenido de materia orgánica y estado nutricional, así como un análisis físico con el fin de conocer el nivel máximo del agua en época lluviosa y ver si existen capas endurecidas, ya que la raíz de esta especie puede llegar hasta los 1,5 m de profundidad

Manejo de la fertilidad

Con base en el resultado del análisis químico se realiza la aplicación de enmiendas y correctivos, así como la incorporación de fertilizantes con el fin de corregir deficiencias y mejorar la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. Al corregir la acidez se mejora la dinámica de la materia orgánica y la absorción de nutrimentos. Es importante tener en cuenta que la mayor demanda de nitrógeno (N) ocurre durante el crecimiento, mientras que potasio (K), fósforo (P) y calcio (Ca) ocurre

en floración y desarrollo del fruto. La absorción de todos los nutrientes se aumenta con el inicio de la floración. El Potasio (K) se considera el nutriente más limitante y de mayor extracción por parte de la planta de cacao. Por otra parte, la hojarasca que cae sobre el suelo protege las raíces superficiales del cacao de las altas temperaturas en época seca, además aportan minerales como nitrógeno (N), potasio (K), magnesio (Mg) y calcio (Ca) y mantienen el ciclo de nutrientes

Material de siembra

Sembrar clones adaptados para el mercado de grano fino y aroma, que sean compatibles. Es importante establecer los materiales en bloques, separando los de frutos de grano grande de los que tienen grano pequeño para facilitar después el beneficio

Poda

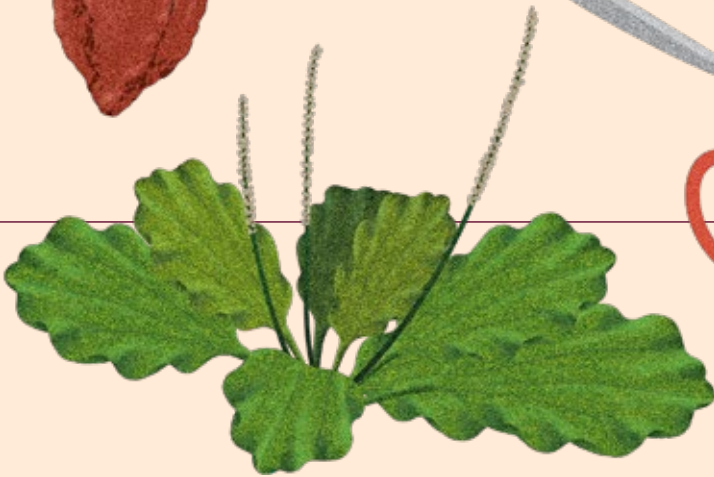
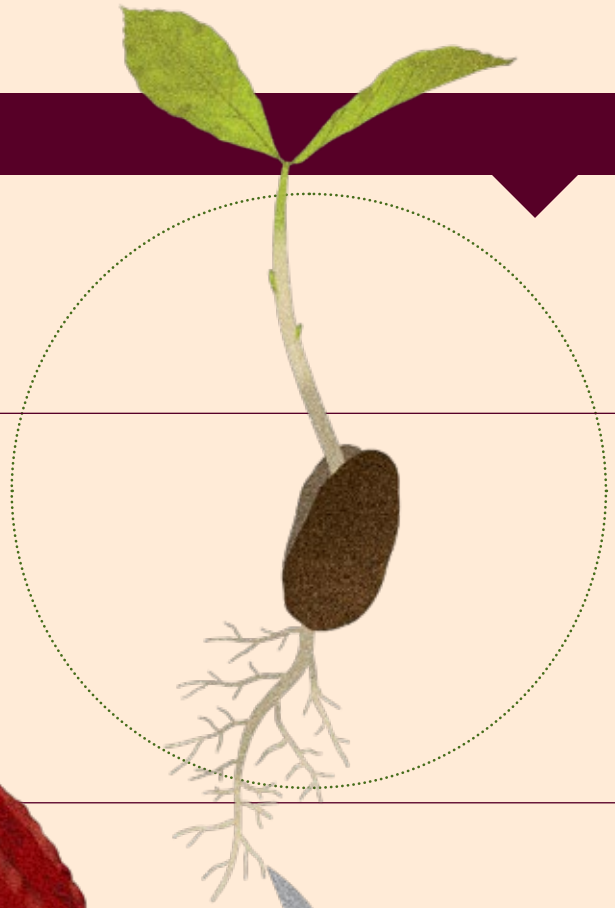
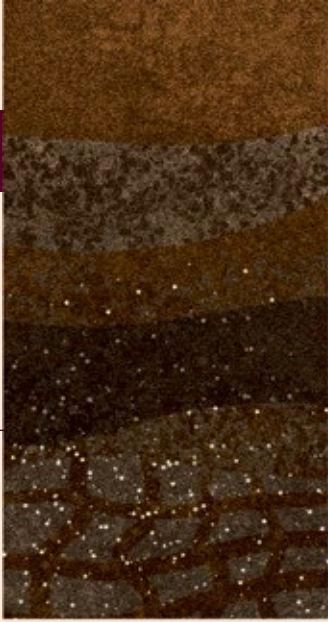
Se realiza para darle una forma al árbol de cacao y evitar competencia entre plantas y con otras especies, para eliminar ramas secas o enfermas, para favorecer la entrada de luz y aumentar la floración, cuajado de frutos y por tanto la producción. También para mantener un microclima adecuado en el sistema que evite la aparición de enfermedades.

La poda facilita las labores de manejo y cosecha porque no se cruzan las ramas. La poda de altura de 3 m facilita la cosecha de frutos mientras que las podas de renovación ayudan al crecimiento de nuevos brotes que darán origen a ramas jóvenes y vigorosas.

Manejo de arvenses

Se realiza durante los primeros años hasta que la sombra regule su aparición, se mantiene libre el área alrededor del árbol para evitar competencia por agua y nutrientes, lo ideal es utilizar coberturas que impidan su crecimiento y además aporten materia orgánica y nutrientes

Fuente: adaptado y actualizado de Corpoica, 2000.



Manejo de plagas

El cuidado y la planificación con la cual se realicen las prácticas anteriores permitirá tener árboles de cacao con buen desarrollo, y por lo tanto, menor incidencia de plagas. La aplicación racional de correctivos y abonos, así como disminuir el uso de insecticidas de síntesis química favoreciendo los biológicos, permitirá conservar el equilibrio del sistema, manteniendo las poblaciones de polinizadores e insectos benéficos.

Una de las plagas que puede causar pérdidas considerables es el chinche o chupador del fruto monalonion (*Monalonium dissimultum*). Para su manejo se debe realizar monitoreo y control manual limpiando las mazorcas donde se encuentra alojado el insecto, y promover el control natural efectuado por avispas e insectos benéficos. Esta práctica se puede realizar al mismo tiempo que se hace la recolección de frutos enfermos como se explica en el siguiente punto.

Manejo de enfermedades

Realizar diagnóstico a tiempo para tomar las medidas de control adecuadas y evitar la aplicaciones de productos innecesarios que pueden causar desequilibrio biológico, en este sentido la observación frecuente y conocimiento del SAF es clave para evitar confundir enfermedades con deficiencias nutricionales.

Es importante realizar recolección y eliminación semanal de todas las mazorcas afectadas por moniliasis (*Moniliophthora roreri*) antes de su esporulación (producción de polvillo) al igual que de mazorcas negras afectadas por *Phytophthora sp.*, y retirar las partes de la planta afectadas por escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*).

Cosecha y poscosecha

Se deben separar los materiales de grano pequeño y grano grande, en caso de que se haya sembrado una mezcla de clones. Estos se deben identificar con cintas de color, de tal manera que el beneficio se pueda hacer con tiempos diferenciados, y obtener así una mejor calidad y un mejor precio en el mercado.

Para garantizar la calidad del producto se deben seleccionar mazorcas maduras y sanas, evitar la mezcla de granos verdes o sobremaduros e igualmente no mezclar granos sanos con granos dañados o enfermos, ya que transmiten

a la masa de cacao, olores y sabores desagradables. En lo posible, secar el grano en condiciones higiénicas preferiblemente el mismo día de la cosecha o dejarlo hasta cinco días, esto incrementa el peso final del grano seco. La cáscara se puede utilizar después de su descomposición como abono orgánico. Es muy importante que el proceso de fermentación y secado se realice de acuerdo con los parámetros y tiempos establecidos para cada clon, y a las recomendaciones técnicas para obtener un producto de calidad.

Uso de técnicas agroforestales

Tiene la función de dar sombra al cacao, diversificar la producción y los ingresos del sistema cacaotero, a la vez que se incrementa la provisión de servicios ambientales relacionados con la conservación de la biodiversidad, fijación y almacenamiento de carbono, protección de suelos y aguas.

Chinche o chupador del fruto
Monalonium dissimulatum



Moniliasis
Moniliophthora roreri



Escoba de bruja
Moniliophthora perniciososa

8. Sistemas agroforestales (SAF) con cacao como una estrategia de desarrollo de la ACI

La agroforestería es un sistema de uso del suelo donde se asocian especies leñosas perennes (árboles, arbustos, etc.) con plantas herbáceas (cultivos, pastos) y en ciertas ocasiones animales, en un arreglo espacial. Pretende aprovechar las interacciones ecológicas y económicas entre especies con el fin

de obtener beneficios ambientales y económicos (Nair, 1993).

Una de las formas de clasificar los sistemas agroforestales de acuerdo con su estructura (composición y disposición de los componentes), se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Clasificación de los sistemas de acuerdo con su estructura.

Fuente: Nair, 1993.

8.1 Sistemas agroforestales (modelo 3 S)

En Agrosavia se trabaja con el enfoque del modelo SAF de las 3 S (figuras 8 y 9) que muestra las ventajas de tener tres grupos de especies que estén bien adaptadas a las condiciones del clima y suelo de la zona, que permitan un adecuado desarrollo entre ellas y con el cacao, con costos de establecimiento y manejo al alcance del productor, y que tengan buenas posibilidades de mercado para que generen, además de beneficios ambientales, unos buenos ingresos económicos a lo largo del ciclo productivo, así:

1 S). Sobrevivencia. Incluye productos de rápido ingreso (maíz, piña, yuca, plátano) y de seguridad alimentaria.

2 S). Suficiencia. Incluye productos de mediano plazo (sacha inchi, achiote, cacao) de fácil mercado nacional, permanentes en el SAF.

3 S). Sostenibilidad. Incluye productos de largo plazo (asaí, cacay, huito, maderables, frutales) que brindan sombrío al cacao y tienen mercado y precio justo.

Los sistemas agroforestales con cacao pueden resultar de combinaciones de especies (arbóreas, cultivos) de diferentes estratos. El modelo de 3 S permite tener especies de rápido, medio y largo crecimiento y producción.

Las especies de rápido, medio y tardío crecimiento y producción empleadas en el modelo 3 S es una combinación que ordenada en el tiempo y el espacio puede contribuir con los objetivos de la agricultura sostenible.



Figura 8. Sistema agroforestal con caucho. Centro de investigación La Libertad [1. Maíz, 2. Sacha inchi, 3. Caucho].

Foto: Salvador Rojas.



Figura 9. Ejemplo de sobrevivencia, suficiencia y sostenibilidad de un SAF. Centro de investigación La Libertad [1. plátano, 2. cacao, 3. forestales maderables].

Foto: Salvador Rojas.

8.2 Ventajas y limitantes para la adopción del sistema agroforestal

Ventajas para la adopción.

- Garantiza la sombra para el crecimiento y desarrollo del cacao, evitando la exposición directa de las hojas al sol por periodos prolongados de tiempo (esto disminuye la fotosíntesis en los primeros años), lo que mejora el microclima por reducción de la temperatura, conservación de la humedad del suelo y disminución de la velocidad y temperatura del aire (Beer, Muschler, Kass & Somarriba, 1998; Raja & Hardwick, 1998).
- Mejora la fertilidad por el ciclaje de nutrientes y el aumento de materia orgánica, y además, la condición física del suelo.
- Aumenta la biodiversidad del sistema, pues se mejora la calidad del hábitat para diferentes especies como aves migratorias, controladores biológicos, polinizadores, insectos, micro y mesofauna del suelo.
- Se enriquece el paisaje.
- Genera mayor estabilidad económica, diversificación en la producción y menores riesgos (clima, mercados, plagas), así como ingresos en diferentes épocas del año.
- Reduce la necesidad de extraer madera de los bosques, ya que esta se puede obtener asociada a los sistemas agropecuarios, como es el caso del SAF.
- Produce beneficios ambientales como captura de carbono y reducción de la erosión.

Limitantes para la adopción

- Puede disminuir la producción de los cultivos (cuando se usan demasiados árboles y especies incompatibles) por exceso de sombra, competencia por nutrientes y agua.

Los sistemas agroforestales mejoran las condiciones del suelo, aumentan la biodiversidad y capturan carbono, por lo tanto, incrementan la productividad. Esto genera ingresos en diferentes épocas del año, no solo a partir del cacao sino de las demás especies acompañantes.



- Puede requerir tecnología, fondos y mano de obra adicionales para establecer y manejar los árboles (aunque en muchos casos sale menos costoso que invertir en el manejo de las malezas en las calles).
- Puede favorecer a la aparición de enfermedades y plagas adaptadas a hu-
medades altas que pueden afectar a las especies. Los árboles pueden ser hospederos.
- Generan diversidad de productos y de mercado que requieren logística adicional.

8.3 Recomendaciones para la selección de especies en un SAF con cacao

8.3.1 Planificación

Es importante la planificación del arreglo agroforestal, ya que de ello depende la sostenibilidad del sistema; por lo tanto, en la selección de las especies leñosas que se van a asociar en el SAF se deben considerar aspectos ambientales, económicos y del mercado local, también la distribución y distancia de siembra a utilizar, y otros aspectos como:

- Forma, altura, densidad y volumen de la copa en diferentes años.
- Ramificaciones de la copa.
- Producción y caída de las hojas en el tiempo.
- Cantidad y distribución de raíces en el suelo.
- Necesidades de fertilización de la planta.
- Demanda y competencia por agua.

La planificación agroforestal también implica explorar el conocimiento previo de los productores sobre las especies leñosas, y si existen percepciones o experiencias previas positivas o negativas con respecto a las mismas. De acuerdo con el beneficio que se espera de la leñosa perenne en el SAF, existen características deseables que son una guía al momento de escoger la mejor especie (Tabla 2).

En la selección de las especies leñosas que se van a asociar en el sistema agroforestal se deben considerar aspectos ambientales, económicos y del mercado local, también la distribución y distancia de siembra a utilizar.

Tabla 2. Criterios para la selección de especies arbóreas.

Tipo de leñosa perenne	Características deseables
Maderable	Valor comercial de la especie (de moderado a alto) Tipo de crecimiento: rápido o moderado Capacidad de autopoda y que las ramas cuando caigan no afecten el cacao
No maderable	Que produzca frutos, aceites, gomas, látex, colorantes, aceites esenciales o cualquier otro producto útil en la economía del productor Tener en cuenta que no produzca demasiada sombra al cacao
De servicio (ciclaje de nutrientes)	Tolerancia a las podas repetidas (árboles de servicio) o especies con autopoda Alta producción de biomasa que favorezca al ciclaje de nutrientes por medio de las hojas y las ramas Material vegetal de fácil descomposición En el caso de árboles deciduos (que pierden sus hojas) que rápidamente generen nuevas hojas para reestablecer las condiciones originales de sombra Especies arbóreas o arbustivas fijadoras de nitrógeno Hojas y frutos con buen contenido de nutrientes
Para conservación de la biodiversidad	Que tengan copas densas que puedan servir de refugio a las especies de fauna Que produzcan frutos que sirvan de alimento a diferentes especies de aves y mamíferos Especies que conserven sus hojas la mayor parte del año Especies de interés melífero Especies en estado vulnerable o bajas poblaciones
Especies para fijación y almacenamiento de carbono	La capacidad de almacenamiento de carbono está relacionada con el tamaño y la duración de la vida del árbol, mientras que la fijación considera la tasa de crecimiento y la densidad de la madera, lo cual depende principalmente del índice de área foliar.

Fuente: Elaboración propia.

8.3.2 Competencia de las especies en el SAF

Las especies que intervienen en el SAF usan los mismos recursos (luz, agua y nutrientes). Cuando estos se van agotando y no son renovados al mismo ritmo en que se van utilizando, la competencia aumenta entre las plantas. Es por ello que el éxito de la agroforestería consiste en el manejo eficiente de las interacciones entre componentes, disminuyendo las relaciones de competencia y maximizando los beneficios.

- *Competencia en la zona donde se encuentran las raíces de los árboles*

Las raíces cuando encuentran capas endurecidas exploran de manera horizontal el suelo, ubicándose en los primeros centímetros; de la misma manera sucede cuando existe baja fertilidad en profundidad (Amézquita, 1999). Por otra parte, la hojarasca que se deposita en las calles del sistema de cacao provee materia orgánica y conserva la humedad del suelo, favoreciendo el crecimiento radical de esta especie. En este sentido, puede ocurrir que si el cacao se establece cerca a los árboles con este tipo de raíces se puede generar competencia por toma de nutrientes y agua que afectan su desarrollo.

- *Competencia por luz y manejo de sombra en el sistema.*

La sombra se da por los cambios en la cantidad, calidad y distribución de la radiación solar dentro del SAF, que son provocados cuando la copa de los árboles intercepta la luz. El crecimiento y desarrollo del cacao se ve afectado, tanto por la falta como por el exceso de sombra de los árboles asociados, por lo tanto, se deben tener en cuenta algunos aspectos del cultivo, de su fenología, de las condiciones del sitio y del manejo agronómico, para que el sombrero cause el efecto deseado (Figura 10) :

La competencia entre especies dentro del sistema agroforestal puede afectarlo. Por eso, se deben cuidar las distancias de siembra y hacer un manejo adecuado de nutrientes, agua y podas para permitir la entrada de luz y no perjudicar la producción de cacao.

Ciclo del cultivo de cacao

- Proveer 50 % a 60 % de sombra en los primeros años del cacaotal
- Usar sombras temporales (guamos, bananos y plátanos, higuera y otros cultivos anuales de rápido crecimiento y porte bajo) durante la fase de establecimiento de las plantaciones
- Reducir la sombra hasta un rango del 20-40 % en plantaciones adultas de más de 8 años de edad

Ciclo fenológico anual del cacao

- El cacao requiere de más radiación solar durante la floración y el llenado de los frutos
- Escoger especies de árboles que defolien en épocas en que se necesita mayor radiación
- Mezclar especies arbóreas que permitan realizar raleo, de tal manera, que se pueda manipular el arreglo y ampliar distancias de siembra, sacrificando al mínimo la producción de fruta o madera

Condiciones del sitio

- La nubosidad reduce el brillo solar, en este caso, sembrar menos árboles o podar frecuentemente
- La vegetación colindante y las barreras topográficas proyectan sombra lateral, en algunos casos se debe podar
- En sitios con alta nubosidad y vientos fuertes, los árboles se siembran en arreglos lineales para controlar el viento, proveer sombra lateral y mantener plena exposición solar dentro de la plantación, y reducir la incidencia de enfermedades

Manejo agronómico

- El rendimiento esperado de una planta de cacao es determinado por el equilibrio entre la cantidad de radiación solar que recibe y por la fertilidad (natural o artificial) de que dispone
- El arreglo agroforestal (distancias de siembra) y el desarrollo y manejo de la copa (podas) determina la autosombra en el cacao y se relaciona con la producción
- En suelos de baja fertilidad se recomienda cultivar el cacao bajo sombra para atenuar las demandas nutricionales del cultivo

Figura 10. Aspectos a tener en cuenta para el manejo de la sombra en un SAF con cacao

Fuente: adaptado de: Somarriba [2004].

9. Tipo de arreglos y especies en el SAF con cacao



Los SAF con cacao, encontrados en fincas, están asociados con los árboles de la siguiente forma:

- Cacao sembrado en áreas de rastrojo que proviene de cultivos anteriores.
- Árboles dispersos que se encuentran por todo el lote sin ninguna distancia uniforme, producto de la regeneración natural.
- Árboles ordenados con distancias amplias, los cuales han sido sembrados de forma ordenada pero de 10 x 10 m o más.
- Árboles ordenados en surcos sencillos o dobles. Hay surcos sencillos de árboles, seguidos de uno o más surcos de cacao.

A partir del modelo agroforestal 3 S implementado por Agrosavia, se ha identificado un grupo de especies para ser incluidas en estos diseños, de manera que permitan una diversificación en términos productivos y ambientales (Tabla 3).



Tabla 3. Especies frutales, maderables y no maderables que se pueden integrar a sistemas agroforestales con cacao.

Especie/ uso principal/	Función productiva	Distancias propuestas	Observaciones de producción manejo y comercialización
1 S) Sobrevivencia. Inician antes del año 2			
Pancoger Plátano, banano, papaya, arroz, sorgo, soya, frijol, yuca, piña, maíz, maracuyá, hortalizas, ají, cúrcuma, guandul, patilla, ahuyama, cocona y extracción de productos forestales no maderables (PFNM).	Para sombra temporal, el plátano. Todas son para aprovechamiento en el primer y segundo año, con el fin de producir alimentos en pro de la soberanía alimentaria y generar ingresos durante la fase inicial del SAF.	1 a 4 metros	Estas especies deben ser sembradas en las calles o surcos del sistema, de acuerdo con las recomendaciones técnicas de la zona. Se deben seleccionar especies para el autoconsumo de la finca o para mercados locales; las más conocidas y usadas en el Ariari son plátano, piña, maíz, maracuyá, yuca, frijol, etc. El plátano es de obligatorio uso por la producción de sombra inicial del cacao.

Especie/ uso principal/	Función productiva	Distancias propuestas	Observaciones de producción manejo y comercialización
2 S) Suficiencia. Inician después del año 2			
<p>Frutales y PFNM</p> <p>Guamos, guayaba, copoazú, aguacate, chontaduro, arazá, borojó, acerola, camu-camu, achioté, sachá inchi</p>	<p>Sombrío y aprovechamiento del fruto. Generan ingresos después del segundo año, y durante varios años para ayudar económicamente al proyecto</p>	<p>4 a 8 metros</p>	<p>Estas especies deben ser sembradas en forma ordenada con el cacao, por ejemplo, en doble surco de árboles y 5 surcos de cacao, para lo cual se deben seguir las recomendaciones técnicas de la zona. En palmas como chontaduro y asaí se pueden sembrar más de 2 surcos con 5 surcos de cacao, es importante cuidar las distancias con los surcos de cacao para evitar problemas de competencia. En especies como guamo, guayaba, copoazú, arazá, borojó, acerola, achioté, camu-camu se deben hacer podas de los árboles. Por su parte, el sachá inchi no produce sombra al cacao, se maneja con tutores y se pueden sembrar franjas asociadas a 5 surcos de cacao, es muy exigente en mano de obra, (podas, amarre de las plantas y cosecha). En todas las especies se debe manejar la fertilización química y orgánica, utilizar control biológico y preventivo y tener cuidado con la cosecha para los mercados locales o nacionales, pues como se indicó se debe tener claro el mercado, antes de iniciar los cultivos.</p>
<p>Maderables de mediano y corto plazo</p> <p>Ocobo, igua, cámbulo, algarrobo, guayacán amarillo, guamo, yopo, matarratón.</p>	<p>Sombrío, leña y madera.</p>		

Especie/ uso principal/	Función productiva	Distancias propuestas	Observaciones de producción manejo y comercialización
3 S) Sostenibilidad. Inician después del año 4			
No maderables de largo plazo	Sombrío y aprove- chamiento del fruto. Aprovechamiento en aceites, tintes, etc., en el largo plazo	4 a 16 metros	Estas especies deben ser sembradas en dobles o triples surcos (franjas) combina- das con 5 surcos de cacao. En palmas como milpesillo, asaí, moriche y coco se deben cuidar las distancias con los surcos de ca- cao para evitar problemas de competencia. Especies como cacay, huitto, aceite, mara- ñón y caucho requieren injertos y se deben hacer podas. En todas las especies se debe manejar la fertilización química y orgánica y el control biológico o manejo integrado sanitario para evitar problemas severos, se debe tener cuidado con la cosecha y la pos- cosecha, cuando se requiera secar bien el fruto para los mercados locales o naciona- les. Como se indicó para seleccionar la es- pecie, se deben tener claro los mercados a los cuales se pueden dirigir esos productos.
Inchi o cacay, cau- cho, huitto, asaí, acei- te, palma milpesillo, marañón, moriche, coco, uva caimarona, árbol del pan			
Maderables de largo plazo	Sombrío y aprove- chamiento de la madera en turnos de 15 a 20 años	4 a 16 metros	Estas especies deben ser sembradas en forma ordenada con el cacao por ejemplo en doble surco de árboles y 5 de cacao, se deben seguir las recomendaciones técnicas de la zona. En árboles maderables se debe cuidar de sembrar en surcos dobles para evitar exceso de sombra después del sexto año y también para que cuando se apro- veche la madera, no se dañen los árboles de cacao. La mayoría de estos árboles re- quieren poda para que el tronco engrose, crezca más rápido y se pueda aprovechar más temprano. Se deben buscar especies que tengan buena demanda en el mercado. Estos árboles deben registrarse en el ICA.
melina, machaco, abarco, cedro, cedro macho, flor morado, caoba, nogal cafetero o laurel, bucare de agua, cámbulo, igua o cedro amarillo, ahumado o cuyubí y otros			
Frutales	Sombrío y aprove- chamiento de frutos comerciales	4 a 16 metros	Estos frutales se pueden sembrar intercala- do a buena distancia con cacao o en surcos dobles con 5 surcos de cacao. Algunos de estos frutales son exigentes en el manejo de podas, fertilización y cuidados de ciertos problemas fitosanitarios. Los frutales que se escojan deben tener posibilidades de mer- cado local para evitar pérdidas poscosecha.
Aguacate, guayaba, rambután, mangos- tino, limón (tahití, pajarito), zapote			

Fuente: Elaboración propia

Dentro de las especies de largo plazo podemos destacar algunas que se han encontrado y que pueden ser útiles en los sistemas cacaoteros del Ariari (Meta).

9.1 Frutales

En cuanto a las especies frutales que se han encontrado asociadas al cultivo del cacao, vale la pena resaltar el zapote, el aguacate, el rambután y el mangostino, por su buen desarrollo y por ser especies con una favorable aceptación en el mercado regional y nacional que le permiten al productor mantener flujo de caja. Sin embargo, al momento de seleccionar y definir el arreglo dentro del SAF se deben tener en cuenta las distancias de siembra, de tal manera que se minimice la competencia por agua y nutrientes.

9.2 Maderables

En las fincas cacaoteras ubicadas en el área de influencia del proyecto se han encontrado socios con yopo, eucalipto, acacia, matarratón, abarco y machaco. El yopo es un árbol que puede crecer hasta 25 m y se usa como leña en asaderos, de ahí su importancia dendroenergética que lo convierte en un recurso estratégico para la región de los Llanos Orientales; adicionalmente, es fijadora de nitrógeno, crece rápido y presenta rebrote radical, por tanto, es una buena opción para la siembra en los SAF y recuperación de áreas degradadas (Carvajal *et al.*, 2007). La acacia y el eucalipto son especies introducidas que se encuentran en la región, en plantaciones, y en algunos casos no han alcanzado los rendimientos esperados.

El abarco es un árbol caducifolio que crece hasta 50 m de altura, se encuentra en suelos de piedemonte y Amazonia del sur del Meta, la madera es fácil de trabajar y tiene buen acabado, se usa para elaborar carrocerías y en construcciones que soportan cargas pesadas, es reconocida por su resistencia a hongos e insectos (Montero, Barrera, Giraldo & Lucena, 2016) y es una especie catalogada como vulnerable. Por otra parte, el machaco se desarrolla bien en suelos de altillanura y en suelos con limitaciones como los de altillanura disectada.

El productor de cacao en esta zona ha observado al matarratón como un árbol cuyas ramas se desprenden fácilmente al secarse causando daño al cacao, mientras que en la acacia y el eucalipto ha reportado problemas de competencia por agua. En cuanto al socio con yopo, manifestó que favorece el incremento de poblaciones de hormigas que afectan el árbol de cacao.

De acuerdo con lo que se ha observado en el SAF en el CI La Libertad, especies nativas como el abarco y machaco podrían ser una buena alternativa a la hora de establecerlo,



Abarco
Cariniana pyriformis



El abarco y machaco son especies nativas de buen valor comercial y de interés para incluir en sistemas agroforestales con cacao, con lo que se generarían ingresos adicionales en el mediano y largo plazo, y se incrementaría el valor de biodiversidad de todo el sistema.

siempre y cuando se tenga en cuenta la calidad física y química del suelo, ya que en los que son poco profundos o con capas endurecidas, se favorece el crecimiento horizontal de la raíz y genera competencia por agua y nutrientes con el cacao, por eso es importante tener especial cuidado con la distancia de siembra. Así mismo, se recomienda manejar doble surco del maderable, de tal manera que al momento de realizar el aprovechamiento se haga hacia el surco interno y no se afecten los árboles de cacao.

9.3 Especies que proveen productos forestales no maderables (PFNM)

Los PFNM son productos de origen biológico distintos de la madera; pueden obtenerse en forma silvestre (del bosque) o producirse en plantaciones forestales o en los SAF. Cabe resaltar, fibras, materiales de construcción y artesanías; plantas medicinales y bálsamos; productos comestibles (flores, frutos secos, nueces, palmitos, miel, animales etc.); exudados (gomas, resinas); aceites industriales; aceites esenciales; curtidos, taninos y tintes (achiote, henna). También, incluyen algunos servicios ambientales, sociales y culturales como: conservación de fuentes de agua, captura de carbono, ecoturismo y refugio de fauna, que son importantes sobre todo para el desarrollo de las comunidades rurales (FAO, 2014).

La recolección de PFNM es más benigna que otros usos del bosque; por ejemplo, la extracción de madera, a su vez, la producción y comercialización de estos productos es una alternativa económicamente atractiva para el desarrollo de las comunidades locales. Por otra parte, el incremento del valor de los PFNM se convierte en un incentivo para la conservación del bosque (López, 2008).

Estas especies pueden ser más atractivas que los maderables porque no solo se usan en un turno de cosecha, sino que pueden durar muchos años en producción.

A continuación, un ejemplo de algunas especies no maderables que estudia Agrosavia, y son o pueden ser una alternativa para ser asociadas en un cultivo de cacao.

Los PFNM se pueden extraer de los bosques o de áreas plantadas con los sistemas agroforestales





Yopo
Cariniana pyriformis

9.3.1 Cacay (*Caryodendron orinocense*)

Nombre común: inchi, castaña.

Se encuentra dispersa en las regiones de la Amazonia y la Orinoquia desde el nivel del mar hasta 2.300 metros de altura, pero las áreas de mejor desarrollo se estiman por debajo de 800 metros de altura. Se adapta a zonas con temperatura entre 22 °C y 28 °C, precipitación de 2.000 a 5.000 mm y humedad relativa entre 70 % y 90 % (Díaz & Ávila, 2002).

Produce frutos con nueces comestibles (Figura 11) y puede consumirse en diversas preparaciones, tiene potencial para la extracción de aceite rico en ácidos grasos poliinsaturados y la torta residual que es rica en aminoácidos esenciales. Este aceite sirve para mesa y cocina, y reporta propiedades medicinales y cosméticas. La cáscara es un buen combustible con alto poder calórico (Díaz & Ávila, 2002).

El plantado en SAF inicia con una producción incipiente a los 4 años (árboles injertados) y se estabiliza a los 10 años. La producción aproximada es de 2.654 frutos/árbol con peso de 45 g/fruto, es decir, 109 kg/árbol. En 140 árboles, garantizando el 90 % hembras, se pueden obtener 15,3 t/ha/año. En nuez, que es 26 % del fruto, se espera una producción de 3,97 t/ha. El potencial de este producto es grande, Colombia puede exportar aceite para cosmética, por sus altos contenidos de retinol, y nuez por su buena calidad. En el departamento del Meta las empresas Kahai y Takai compran la nuez y a ni-



Figura 11. Cacay (*Caryodendron orinocense*)

El cacay es una nuez nativa de la Amazonia y la Orinoquia, es de buen sabor y contiene un aceite de altísima calidad, el cual es usado hoy en día en la industria cosmética. Un árbol injertado puede producir a los 9 años hasta 100 kg de fruto.

vel internacional tiene un interesante nicho de mercado (Rojas, 2017).

Posibles diseños y modelación de sombra en sistemas agroforestales de cacao, con árboles de cacay

Se pueden utilizar muchos diseños de SAF con cacao-cacay, aquí se muestran tres arreglos con árboles aislados, surcos sencillos de árboles y surcos dobles de árboles:

- A. Árboles aislados. Comúnmente se encuentran lotes de cacao en las fincas, donde se intercalan árboles a 10, 12 o 14 metros.
- B. Surco sencillo. Esta opción consiste en sembrar una hilera de árboles y enseguida 5 hileras de cacao.
- C. Surcos dobles. Incluye el uso de dobles surcos de árboles con 5 surcos de cacao.

De acuerdo con el tipo de diseño, se tiene la siguiente cantidad de árboles de cacay y de cacao por hectárea (Tabla 4).

Tabla 4. Cantidad de árboles de cacao y cacay por hectárea, de acuerdo con el tipo de arreglo del SAF

Especie	Árboles aislados	Surco sencillo	Surco doble
Cacao	765	644	487
Cacay	51	57	82

Fuente: Elaboración propia

Agrosavia está investigando en un sistema agroforestal que cuenta con dos surcos de cacay que están separados por cinco surcos de cacao en una calle de 25 m. A través de la modelación se puede apreciar cómo se proyecta una sombra que puede afectar los surcos de cacao más cercanos al cacay a partir del año diez (Figura 12); sin embargo, se estima que las disminuciones en productividad de cacao ocasionadas por este sombrío, pueden ser compensadas por los ingresos obtenidos por el cacay.

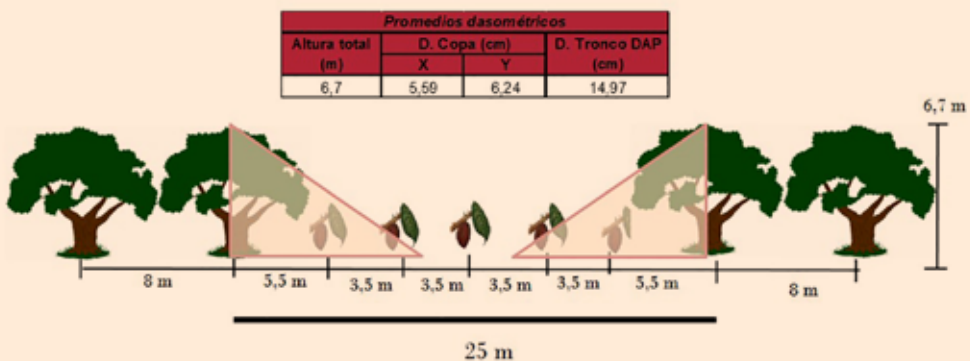


Figura 12. Sistemas agroforestales cacay-cacao.

Fuente: Moreno (2018), generado por Shademotion 4.0.

9.3.2 Huito (*Genipa americana*)

Nombre común: huitó, caruto, jagua.

Se encuentra naturalmente disperso en las regiones Amazónica y Pacífica, aunque hay pocos árboles plantados en la Amazonia [Guaviare]. Prefiere zonas con precipitación entre 1.200 mm y 4.000 mm, temperatura media anual entre 18 °C y 28 °C, soporta periodos de sequía superiores a los 6 meses. Se usa principalmente para la madera, y el fruto maduro como alimento. El fruto verde [Figura 13] produce un jugo del que se obtiene un colorante llamado genipina, que varía de un tono azul marino y negro, este colorante es usado por los nativos para teñir sus vestimentas, hilos, piel y cabello. Recientemente, la industria ha demandado este producto para cosméticos, alimentos, textiles y tatuajes temporales, pues algunas empresas colombianas han generado procesos tecnológicos de transformación registrados, que evitan que se pierdan las características naturales, eliminando agua mediante desecación al vacío a muy bajas temperaturas [liofilización], y obteniendo un polvo azul con alto valor para la industria cosmética mundial. Ecoflora, en Medellín-Colombia, compra actualmente la fruta verde, y a nivel internacional el nicho de mercado es bastante amplio [United Nations, 2005].

Plantado en los SAF, inicia producción después del año 4 y se estabiliza a los 12 años, produce un promedio de 250 a 1.200 frutos/árbol/año con peso de 160 g/fruto, es decir 40 a 192 kg/árbol. Si el propósito es la pro-



Figura 13. Huito (*Genipa americana*)

El huitó es un árbol propio de nuestra biodiversidad y una de las pocas fuentes de colorante natural azul índigo, una característica muy importante por la demanda que tiene en diferentes industrias del mundo.



ducción de fruto se recomienda sembrar plantas injertadas; sin embargo, si lo que se pretende es obtener madera, no es necesario (Figura 13) (Rojas, 2017).

De acuerdo con un ejercicio de modelación, la proyección de la sombra del árbol de huito con un promedio de altura de 6,7 m y diámetro a la altura del pecho (DAP) de 14,97 cm, en un sistema agroforestal con 2 surcos de permanentes, afectaría a su vez a 2 surcos de cacao (Figura 14).

El fruto verde de huito produce un jugo del que se obtiene un colorante llamado genipina, que es usado por los nativos para teñir sus vestimentas, hilos, piel y cabello. Recientemente, la industria ha usado este producto para cosméticos, alimentos, textiles y tatuajes temporales.

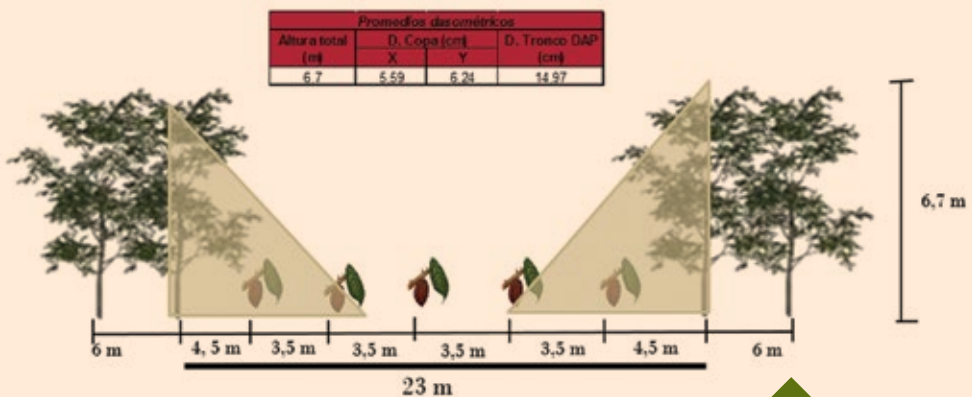


Figura 14. Sistemas agroforestales huito-cacao.

Fuente: Moreno (2018), generado por Shademotion 4.0.

9.3.3 Asaí (*Euterpe oleracea*) y (*Euterpe precatoria*)

Nombre común: naidí, murrapo,
manaca, macana.

Se encuentra dispersa en poblaciones naturales de la Amazonia, Orinoquia y del Pacífico entre los 0 y 1.200 metros de altura, crece en zonas con alta precipitación entre 2.000 y 4.000 mm y humedad relativa entre 31 % y 81 %, con temperatura promedio de 26 °C. El fruto (Figura 15) es de alto valor en el mercado por el contenido de antocianinas y betacarotenos que le otorgan propiedades antioxidantes. Por los contenidos en minerales y polifenoles se considera un alimento o aditivo con alto potencial nutracéutico que se puede utilizar en panadería, dulcería, cárnicos y lácteos (Rojano *et al.*, 2011), para la elaboración de alimentos funcionales y, además, tiene aplicaciones cosméticas (Castro, Barrera, Carrillo, & Hernández, 2015). En algunas zonas de la Amazonia y el Pacífico colombiano se consume como bebida por los nativos; recientemente se ha usado para obtener pulpa (Guaviare, Putumayo y Amazonas). Actualmente se puede ver en Bogotá, en pequeños mercados y en restaurantes como Wok. En el 2019 las empresas de Guaviare-Asoprocegua y Puerto Asís-Corpocampo esperan procesar 300 t de pulpa, cada una. En el momento, existen grandes posibilidades en el mercado nacional e internacional, por la promoción que ha hecho Brasil de esta fruta en el mundo. (CIAT *et al.*, 2017; Rodríguez, 2018).



Figura 15. Asaí (*Euterpe precatoria*)

El asaí es la palma nativa de la Amazonia y la Orinoquia, considerada a nivel mundial como un súper alimento por su contenido nutricional



En el SAF *E. precatória* inicia producción a los 5 años y se estabiliza a los 7, produce 4 racimos de 4,2 kg/racimo/año (80 % en fruta). En una población de 1.111 palmas se pueden producir 15 t/ha/año [Rojas, 2017].

En la Figura 16 se observa la proyección de la sombra del asaí muy dispersa debido a la altura de las copas. Para su asocio se contemplaría la posibilidad de establecer 3 surcos de asaí, para que la sombra sea menos densa que las 2 especies anteriores, y el microclima un poco mejor.

Por su contenido en minerales y polifenoles, el asaí se considera un alimento o aditivo con alto potencial nutracéutico que se puede utilizar en panadería, dulcería, cárnicos y lácteos, para la elaboración de alimentos funcionales, y además tiene aplicaciones cosméticas.

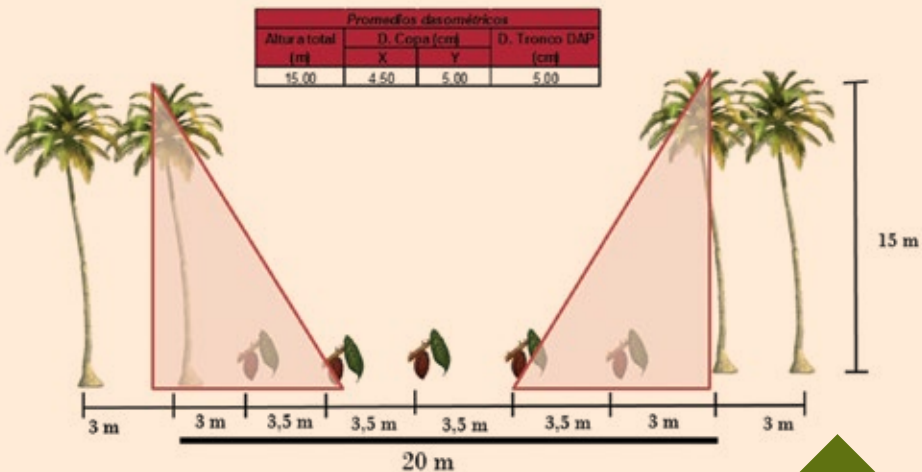


Figura 16. Sistemas agroforestales asaí-cacao.

Fuente: Moreno [2018], generado por Shademotion 4.0.

9.3.4 Achiote (*Bixa orellana*)

Nombre común: achiote, urucú, rocú, onoto, bija o benis.

Esta especie es un cultivo completamente domesticado en algunos países, pero en Colombia, en algunos lugares, es un PFNM con árboles dispersos, naturales o plantados, en huertos familiares de la Amazonia, Orinoquia y región Pacífica, que posee alta variabilidad genética (Figura 17). Crece desde el nivel del mar hasta 1.200 metros de altura, su óptimo desarrollo se da entre los 300 y 600 m, temperatura de 24 °C a 30 °C, con humedad relativa entre 60 % y 80 %, y precipitación entre 600 y 2.000 mm, aunque se ha encontrado en sitios con 4.000 mm (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, 2010).

Se usa como ornamental y colorante natural rojo, contiene bixina, norbixina, aceites y carotenoides con propiedades antioxidantes. Es materia prima muy demandada recientemente en Europa, USA, Canadá y Japón por ser una fuente de color natural para la industria alimenticia, textil y cosmética. En el mercado nacional, industrias en Bogotá y en Medellín como condimentos El Rey y Color-ganics compran este producto.

Plantado en el SAF, inicia producción después de 1 año de trasplante y se estabiliza a los 4, la producción es de 3 kg de semilla/árbol. En una población de 1.111 árboles, se podrían obtener 3,3 t de semilla/ha/año (Rojas, 2017). El achiote, aunque es una especie de porte bajo, con las podas adecuadas puede tener una altura deseable y se podría



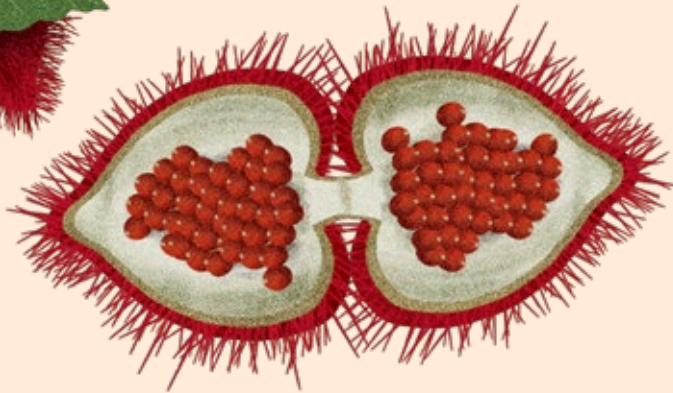
Figura 17. Achiote (*Bixa orellana*)

El achiote es una planta nativa de nuestra biodiversidad que produce un colorante rojo muy apetecido en diferentes industrias, nacionales e internacionales, por la tendencia del consumidor a usar colorantes naturales.



sembrar en franjas, o como sombrío transitorio en los sistemas agroforestales.

En la Figura 18 se puede ver que la proyección de la sombra que genera la copa del árbol de achiote sobre el cacao es un poco más densa que en el caso anterior, debido a su arquitectura. En esta especie son importantes las podas que permiten mayor altura a la copa y mejoran la distribución de la radiación en el SAF.



Promedios dasométricos			
Altura total (m)	D. Copa (cm)		D. Tronco DAP (cm)
	X	Y	
2.91	3.15	3.30	4.62

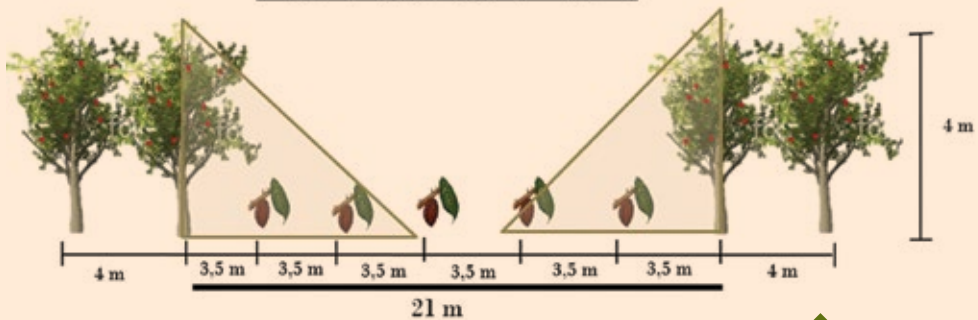


Figura 18. Sistemas agroforestales achiote-cacao.

Fuente: Moreno [2018], generado por Shademotion 4.0.

10. Reflexiones sobre la adopción agroforestal en Colombia

A pesar de los esfuerzos realizados, la agroforestería en Colombia sigue siendo del dominio de pocos, por lo que para lograr incrementar su adopción se requiere de un enfoque a escala de país. En ese sentido, existen dos componentes importantes que se interrelacionan para determinar el grado de adopción de tecnologías agroforestales por los productores: 1) el desarrollo de políticas que estimulen la implementación de prácticas agroforestales y que influyan de manera colectiva sobre las decisiones de los agricultores; 2) la adopción individual de esta tecnología basada en la decisión del productor, como respuesta a sus propias características y las del medio ambiente en el que se desenvuelve.

Para incrementar la adopción agroforestal es necesario revisar aspectos como la planificación del sistema, y dentro de esta, el mercado objetivo y la capacidad de organización del productor para suplirlo; de igual forma, aspectos técnicos como la población de plantas a establecer en el arreglo para que se minimice la competencia y se diversifiquen los ingresos, manteniendo el flujo

de caja; y por último, la mano de obra para sostener el SAF en el tiempo, teniendo en cuenta la familiar y local, y sus capacidades. También se debe contar con recurso humano calificado, capaz de transmitir esta tecnología a los productores rurales.

Además, ante las problemáticas ambientales de cambio climático, degradación de suelos, afectación de fuentes hídricas y pérdida de biodiversidad, crece la necesidad de desarrollar modelos de producción agropecuaria que sean sostenibles y amigables con el medio ambiente. Desde el punto de vista de la gestión, la legislación y los incentivos para el desarrollo agroforestal en Colombia son incipientes y poco difundidos entre los productores rurales. Por otra parte, la oferta educativa a nivel de pregrado y posgrado sobre agroforestería es baja para un país con vocación agropecuaria; por tanto, es importante que esta temática sea incluida como uno de los ejes importantes en la formación de profesionales de las ciencias pecuarias y agrícolas.

Asimismo, incentivar la investigación agroforestal es vital, pues proporciona

información que se convierte en un insumo para la toma de decisiones de política frente al diseño de instrumentos que promuevan la adopción de estas tecnologías; en productores, los resultados de investigación deben contribuir a romper las barreras relacionadas con el desconocimiento de la agroforestería. Es importante considerar que muchas investigaciones agroforestales implican largos periodos de evaluación con el fin de estudiar las diferentes interaccio-

nes entre el componente leñoso y el cultivo asociado, factor que deberá ser tenido en cuenta por los financiadores. Finalmente, es necesario que la investigación agroforestal se haga de manera participativa, con el productor y para el productor, y que los resultados sean difundidos a todos los grupos de interés: gremios, universidades y sector público, para así masificar el conocimiento sobre sistemas agroforestales en el país (figura 19).



Figura 19. Elementos a considerar para promover la adopción agroforestal

11. El papel de los bosques en fincas cacaoteras

En 2017 la deforestación en Colombia fue de 219.973 ha mientras que en el 2018 alcanzó las 198.000 ha, lo que equivale a una disminución del 10%. Específicamente **en la región de la Orinoquia para el 2017 se registró un ligero aumento en la deforestación de 555 ha y para ese mismo año el departamento del Meta ocupó el tercer puesto a nivel nacional con mayor área deforestada (36.748 ha)**, después de los departamentos de Caquetá y Guaviare. La deforestación en el Meta para 2017 se concentró en los municipios de la Macarena, Mapiripán, La Uribe, Vista Hermosa, Puerto Rico.

Entre las principales causas de la deforestación en el país está la praderización-ganadería extensiva, cultivos de uso ilícito, infraestructura para el transporte, extracción ilícita de minerales, extracción de madera (Ideam, 2017; Semana Sostenible, 2019).

El incremento de la deforestación afecta la regulación del ciclo hídrico y contribuye al cambio climático. En este sentido, estudios realizados muestran la relación entre el calentamiento de la superficie deforestada en la Amazonia oriental con la reducción de la evapotranspiración producto del cambio de uso del suelo a pastos o cultivos de soya, esta disminución fue aproximadamente del 26 % (370 mm / año), la precipitación también se redujo en un 18,2 % (346 mm) y los flujos de calor sensible aumentaron aproximadamente en un 43 % en pastos, mientras que en soya

estos valores fueron aún mayores. Esto está asociado a la disminución en el índice del área de la hoja y de la reducción de la profundidad de la raíz; es así como se disminuye la cantidad de agua que se bombea a la atmósfera y se reduce la precipitación y la humedad relativa (Sampaio *et al.*, 2007).

El Plan de Desarrollo Nacional 2018-2022 contempla una meta de reducción de la deforestación de un 30 %; dentro de ella, estrategias como el establecimiento de SAF cobran importancia, más aún si se considera que las actividades agrícolas constituyen una de las principales causas del cambio de uso del suelo y deforestación del territorio (González *et al.*, 2011). De manera complementaria **es importante trabajar por conservar los bosques, a la vez que se diseñan e implementan estrategias de restauración para aquellas áreas que han sido degradadas.**

Por su parte, las áreas boscosas son un componente importante dentro de las fincas cacaoteras y no necesariamente se encuentran asociadas a las plantas de cacao. Se pueden encontrar árboles dispersos cerca de las casas o en los bordes de las fuentes de agua, como barreras rompeviento alrededor de los cultivos de cacao. En algunos casos, los bosques son de diferentes tamaños y varían entre 1 y 20 ha, dentro de las cuales se puede encontrar bosque maduro, áreas intervenidas y en proceso de regeneración natural, y algunos parches reforestados por el productor.

Estos ecosistemas son importantes por los servicios ambientales que prestan y por generar beneficios como:

- La conservación y el aumento de la biodiversidad en el suelo como resultado de una alta interacción entre las especies, la cobertura de la hojarasca y la acción de las raíces, a partir de lo cual se incrementa la meso y microfauna en los suelos de estos bosques. En estas áreas de bosque se reporta un incremento de artrópodos, lombrices y microorganismos, no solo en la cantidad sino en la diversidad de grupos taxonómicos (Notaro *et al.*, 2014; Rodríguez *et al.*, 2015).
- A su vez, los SAF contribuyen a aumentar la biodiversidad en el suelo. Un estudio realizado en el C.I La Libertad de Agrosavia en un SAF de 3 años, establecido con especies maderables, no maderables y frutales, mostró moderada calidad biológica (representada en mesoinvertebrados y microorganismos del suelo), y se acercó a la condición del bosque secundario evaluado con alta calidad biológica, consecuencia de las interacciones entre los organismos del suelo. El mayor porcentaje de “ingenieros del ecosistema” se presentó en el bosque (83,72 %) seguido del SAF (42,65 %), este grupo de organismos está conformado en su mayoría por hormigas e insectos sociales capaces de explorar el suelo y producir estructuras órgano- minerales que se convierten en hábitat de otros microorganismos (Calderón y Bautista, 2017).
- El aumento de algunos de estos microorganismos como las micorrizas, la cuales

juegan un papel importante en la nutrición de las plantas. Estas generan una interfaz muy próxima entre sus hifas y las células de la planta, para intercambiar nutrientes. Así, las plantas del sistema aportan sustancias elaboradas que el hongo no es capaz de sintetizar por él mismo, y por su parte, el hongo mejora la eficiencia de absorción de agua y nutrientes de la planta (Barriuso, Martín, Solís y Sánchez, 2015).

- El aumento en la diversidad de insectos polinizadores y de control biológico. Para el cacao, se reporta un aumento de polinizadores junto con áreas de sombra y una buena población de árboles, por lo cual se recomienda llevar a cabo un buen manejo del sistema agroforestal (Córdoba *et al.*, 2013).
- Igualmente, se ha encontrado un incremento en la diversidad de aves, en bosques aledaños a los cultivos de café y cacao en Centroamérica. La relación entre la diversidad de árboles y otras especies animales, dada a través de la provisión de alimento (néctar) y refugio, tiene como consecuencia el aumento de aves dentro de estos sistemas (Perfecto, Rice, Greenberg & Van den Voort, 1996; Rice & Greenberg, 2000).
- Con respecto al aumento de biodiversidad en las fincas con bosques, se reporta el incremento de especies de fauna silvestre como micos y venados, ya que estas áreas son usadas como refugio cuando están circundadas por cultivos y pastos. Los SAF también pueden ayudar a la conexión de paisajes fragmentados presentes en algunas fincas.





- El aumento de la población de árboles y de la biodiversidad que contiene el sistema incrementa la fijación y el almacenamiento de carbono, tanto en la parte aérea de la planta como en sus raíces.
- La constante acumulación de hojarasca produce disminución de la erosión por escorrentía y por el golpe de las gotas de lluvia, favoreciendo la estabilidad de los agregados del suelo (Huxley, 1983; Fassbender *et al.*, 1991; Beer *et al.*, 1998). Este *mulch* o acolchado que se produce por la descomposición de la hojarasca y las ramas es un proveedor de nutrientes integrados en la materia orgánica que favorece la estabilidad del sistema.
- La regulación hídrica, derivada de la protección de cuencas y orillas de ríos, ayuda a disminuir el desecamiento del suelo en épocas de verano, lo cual facilita la provisión de agua durante esta época crítica.
- La belleza escénica como un elemento valioso para ser integrado a las actividades agroturísticas y permitir que las personas puedan disfrutar del clima dentro del bosque, conocer especies arbóreas y hacer avistamiento de aves, así como la observación y el estudio de muchas otras especies de la fauna silvestre.
- Los bosques también pueden proveer leña útil en algunas actividades de las fincas, siempre y cuando su recolección sea planificada, respetando los procesos de regeneración natural y enriqueciendo con especies nativas.
- Los bosques pueden proveer productos no maderables que pueden ser muy importantes en mercados locales o nacionales, ya que no necesitan tala sino una extracción ordenada y sostenible. Ejemplos de estos productos pueden ser las nueces, diversidad de frutos, látex, aceites, gomas, colorantes, etc., en la parte vegetal y muchos otros PFNM en la parte animal.

12. Experiencias exitosas en fincas cacaoteras del Ariari (Meta)



Árboles de rambután y mangostino asociados al cultivo de cacao, los cuales proveen sombra y generan importantes ingresos adicionales, gracias a la venta de frutas consideradas de alto valor en el mercado

Carmelo Murillo-finca La Envidia-vereda Danubio-municipio Guamal



Árboles adultos de inchi o cacay que le han permitido al productor reconocer una valiosa oportunidad de recibir ingresos durante la época de verano, gracias a la venta de este fruto con alta demanda a nivel regional. A su vez, este ha sembrado nuevas plantas de inchi o cacay, y proyecta incrementar sus ingresos cuando entren en producción

Jorge Castaño-finca El Tesoro-vereda Cacayal-municipio Lejanías



Obtención de ingresos adicionales al cacao al utilizar el bosque como generador de servicios ambientales asociados al ecoturismo. El productor ofrece al visitante un recorrido donde puede apreciar la biodiversidad de este ecosistema y su belleza paisajística.

Humberto Valois Téllez Duarte-finca Jomokoby-vereda las Brisas-municipio Granada

En el departamento del Meta se han tenido experiencias exitosas relacionadas con la producción sostenible de cacao, las cuales requieren apoyo para consolidarse aún más y para lograr su difusión entre los demás productores, con el fin de promover la adopción y multiplicación de esta tecnología en la región. Algunas de estas experiencias hacen parte

de la iniciativa ejecutada por TNC y Agrosavia, como por ejemplo, la finca Jomokoby y la finca Villa Tatiana; a su vez, José Hoyos, por su experiencia en producción sostenible de cacao, fue vinculado a esta iniciativa en un proceso de fortalecimiento de capacidades de productor a productor (Figura 20).



Producción de lombricom-puesto a partir de la cáscara del cacao con registro ICA. Ha permitido la generación de ingresos adicionales en el sistema

Larry Smith-finca Embrujo Llanero-vereda Humadea-municipio de Guamal.



Aproximadamente 50 hectáreas de bosque protegido, refugio de flora y fauna, reservorio de carbono e importante regulador del microclima para el municipio de Guamal, que es predominantemente agrícola

Marta Teresa Castro Dussán-finca Villa Tatiana-vereda San Pedro-municipio Guamal



Predio certificado con buenas prácticas agrícolas (BPA) con procesos de producción innovadores como el uso de clones mejorados para cosecha y poscosecha estandarizados (cosecha de clones por tamaño de grano y proceso de beneficio diferenciado), lo cual se refleja en un producto de buena calidad para un mercado que privilegia aroma y sabor, con mayores ingresos. Productor invitado a concursar en el Salón del Chocolate en París como uno de los dos mejores cacaos de Colombia en 2019

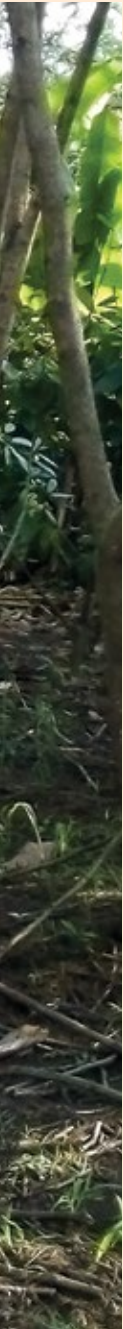
José Hoyos-finca Santa Mónica-vereda Avichure-municipio Fuentedeoro

Figura 20. Experiencias exitosas en fincas cacaoteras.

Fuente: Elaboración propia

13. Conclusiones

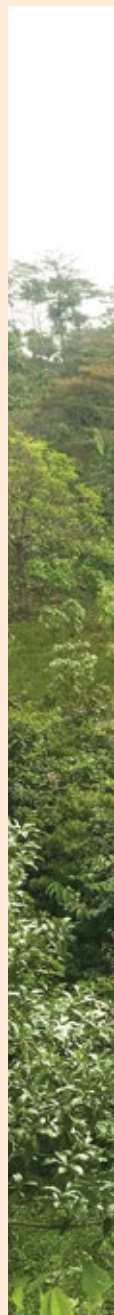




- El cacao es un cultivo importante para el país y para la región del Ariari, lo que ha permitido su crecimiento en área y su mejoramiento tecnológico en la cadena; sin embargo, es necesario una orientación hacia buenas prácticas agrícolas, selección de clones de sabor y aroma, y un buen manejo ambiental, que permitan avanzar hacia una agricultura climáticamente inteligente.
- Los cambios en el clima afectan el cacao en esta región del país y se evidencia por los daños en las plantas, donde en el verano (en sistemas sin sombrero) hay una disminución de la producción cuando no se cuenta con riego. En otros sistemas, el uso ordenado de algunos árboles ayuda a disminuir este efecto sobre la evaporación y pérdida de humedad del suelo.
- Se encontraron prácticas sostenibles en cacao en el manejo de suelos, agua y biodiversidad (en el suelo y la parte aérea), y en el manejo de árboles en el sistema y en áreas de bosque, que demuestran que es posible tener una agricultura climáticamente inteligente en esta región del país, sin que esto afecte la producción y los ingresos de los cacaoteros.
- No existen paquetes tecnológicos para avanzar en la adopción de una ACI y de agroforestería; se debe contar con la participación activa del productor y su familia durante todo el proceso de diagnóstico y diseño de las propuestas, ya que para cada finca existen opciones de prácticas sostenibles diferentes que favorecen su adopción y desarrollo.
- El establecimiento de sistemas agroforestales 3 S permite obtener un ingreso rápido en el periodo en que el cacao aún no inicia su fase productiva. Este modelo ayuda a tener un flujo de caja en el corto plazo, y a obtener ingresos importantes en el mediano y largo plazo a partir de productos frutales o forestales como aguacate, cacay, rambután, mangostino entre otros.
- Además de los beneficios económicos de los sistemas agroforestales encontrados en algunas fincas, también hay servicios ambientales difíciles de cuantificar pero que están presentes como son la captura de CO₂, incremento de avifauna y polinizadores, mejoramiento del suelo reflejado en un aumento de materia orgánica, capacidad de infiltración, profundidad efectiva, aumento de la población de micro, meso y macroorganismos, así como la protección de las fuentes hídricas y la belleza paisajística.
- Muchos de los sistemas con árboles encontrados en las fincas pueden producir exceso de sombra después de diez años, lo que aumenta el riesgo de enfermedades por la poca aireación y alta humedad relativa, y genera disminución en la producción por la poca entrada de luz. Adicionalmente, muchas de estas especies arbóreas no brindan ingresos adicionales al productor, por lo que se desestimula el uso de árboles asociados al cacao.

14. Recomendaciones

- Continuar fortaleciendo las estrategias dentro de la ACI que promuevan las buenas prácticas agrícolas, el mejoramiento de los ingresos del productor en la cadena de valor y un desarrollo sostenible del cultivo.
- Incrementar el uso de prácticas sostenibles como el manejo de suelos, el uso de coberturas, la fertilización orgánica, la disminución de agroquímicos, la selección de clones compatibles de sabor y aroma, el incremento de árboles en forma ordenada en el sistema, el uso de BPA en la finca y el cultivo, el beneficio diferenciado clasificando los clones por tamaño de grano y la búsqueda de nuevos mercados y mejores precios, para avanzar hacia la ACI en cacao en esa zona del país.
- Hacer la planificación de los SAF no es solo sembrar árboles con cacao, implica un cambio cultural que valore en el largo plazo el árbol y el ambiente, que visualice los mercados de los productos resultantes, que permita seleccionar especies y sistemas ordenados de árboles que no compitan con el cacao y no lo afecten, y que motiven la asociación para que el agricultor pueda percibir los beneficios económicos y ambientales de estos sistemas.
- En la siembra ordenada de los SAF, se recomienda utilizar dobles surcos de árboles y cinco surcos de cacao, conservando una distancia adecuada desde el inicio del sistema, de tal forma que en el futuro no se tengan problemas de exceso de sombra al cacao o competencia por agua y nutrientes en el suelo, principalmente en el verano.
- Incrementar el uso de sistemas agroforestales con especies arbóreas como frutales comerciales (aguacate, rambután, mangostino, zapote) y los PFMN cuyo uso principal no es la madera (cacaoy, caucho, chontaduro, asaí, huito y achiote), ya que son una opción interesante para el asoció con el cacao, pues su demanda está en aumento tanto a nivel nacional como internacional. En este sentido, es importante tener claro cuáles son los canales de comercialización y las características del mercado objetivo.
- El conocimiento de ACI y de los beneficios de los SAF debe escalar y permear a los tomadores de decisiones, no solo agricultores y técnicos, sino a gobernantes y dirigentes de instituciones locales y nacionales para que exista una mejor orientación en investigación, difusión tecnológica, créditos, educación y mercado.





15.

Bibliografía

- Agrosavia. (2013). Oferta Tecnológica. Fertilización como estrategia para el mejoramiento productivo de cacao (*Theobroma cacao*) en Colombia. Recuperado 27 de junio de 2019, de <http://www.siembra.gov.co/Ofertas/Oferta/ReporteLista?>
- Amézquita, E. (1999). Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de labranza. *PALMAS*, 20(1), 73-86.
- Banco Mundial, CIAT & CATIE. (2014). Agricultura climáticamente inteligente en Colombia. *Serie de perfiles nacionales de agricultura climáticamente inteligente para América Latina*, Washington D.C.: Grupo del Banco Mundial. 1-12. Recuperado de https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/51367/CSA-en-Colombia_Spanish.pdf
- Barriuso, J., Martín, M., Solís K. & Sánchez, S. (2015). Las micorrizas en los sistemas agro-forestales. *Agricultura*, (January), 618-622. doi: 10.1016/j.yd-bio.2009.04.033
- Beer, J., Muschler, R., Kass, D. & Somarriba, E. (1998). Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38, 139-164.
- Bunn, C., Lundy, M., Laderach, P y Castro F. (2017). *Global Climate Change impacts on cocoa*. International Symposium on Cocoa Research-ISCR-Lima. Peru.
- Caicedo, S., Bernal, J. H., Navas, G., Salamanca, C. R., Guevara, E. J. & Botero, R. (2004). *Labranza de conservación para la producción de cultivos semestrales en el Piedemonte Llanero*. Bogotá.
- Calderón, C. & Bautista, G. (2017). *Aproximación a la construcción de indicadores biofísicos, que permitan medir el impacto del establecimiento de un sistema agroforestal multidiverso, en suelos de terraza alta del departamento del Meta, ubicado en el C.I. Corpoica La Libertad Bogotá* (Tesis Inédita de Maestría). Universidad de los Llanos. Villavicencio, Meta.
- Carvajal, L., López, C., Patarroyo, J., Gualdrón, A., Jimenez, M. & Garzón, A. (2007). *Composición florística y estructural del*

- bosque de galería, Puerto López, Meta. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial la Macarena* [CORMACARENA & U. D. F. J. de Caldas, Eds.]. Bogotá, Colombia.
- Castellanos, O. F., Fúquene, A. M., Fonseca, S. L., Ramírez, D. C., Giraldo, E. P., & Valencia, M. F. (2011). *Estudio de la cadena productiva de cacao en el Ariari* (Universidad Nacional de Colombia, Ed.). Bogotá Colombia.
- Castro, S. Y., Barrera, J. A., Carrillo, M. P. & Hernández, M. S. (2015). *Asaí (Euterpe precatoria): cadena de valor en el sur de la región amazónica*. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones [Sinchi].
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. (2010). *Manual técnico el cultivo del Achiote, Bixa orellana L.* Recuperado de <http://www.cich.org/Publicaciones/03/CNTAF-Manual-Tecnico-del-Achiote.pdf>
- CIAT, Visión Amazonía, Sinchi, ASOPROCEGUA, KAHAI, ASOPROAGRO, ... CORPOICA. (2017). *2do Taller Construcción participativa de la estrategia sectorial de productos no maderables del bosque en Guaviare con enfoque ambiental*.
- Contreras, C. A. (2017). *Análisis de la cadena de valor del cacao en Colombia: generación de estrategias tecnológicas en operaciones de cosecha y poscosecha, organizativas, de capacidad instalada y de mercado*, Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, facultad de Ingeniería. Recuperado de <http://www.bdi-gital.unal.edu.co/59141/1/1032373448-2017.pdf>
- Córdoba, C., Cerda, R., Deheuvels, O., Hidalgo, E. & Declerck, F. (2013). Polinizadores, polinización y producción potencial de cacao en sistemas agroforestales de Bocas del Toro, Panamá. *Agroforestería en las Américas*, (49), 26-32.
- CORMACARENA. (2014). *Áreas protegidas en el departamento del Meta*. Recuperado de [http://www.turismovillavicencio.gov.co/site/docs/Areas Protegidas en el Departamento del Meta.pdf](http://www.turismovillavicencio.gov.co/site/docs/Areas%20Protegidas%20en%20el%20Departamento%20del%20Meta.pdf)
- Corpoica. (2000). *Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao*. Recuperado de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3832/1/220.1.pdf>
- DANE. (2018). *Proyecciones de población por sexo y edades simples hasta 80 años y más, a nivel nacional y departamental. Periodo 2005-2020*. Recuperado de <https://www.datos.gov.co/Mapas-Nacionales/Proyecci-n-2018/tfwx-pfeu>
- De Beenhouwer, M., Geeraert, L., Mertens, J., Van Geel, M., Aerts, R., Vanderhaegen, K. & Honnay, O. (2016). Biodiversity and carbon storage co-benefits of coffee agroforestry across a gradient of increasing management intensity in the SW Ethiopian highlands. *Agriculture, ecosystems & environment*, 222, 193-199. doi: 10.1016/j.agee.2016.02.017
- Díaz, J. & Ávila, L. (2002). Sondeo del mercado mundial de Inchi (*Caryodendron orinocense*). Bogotá, Colombia. Instituto

- de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 16pp.
- FAO. (2012). *Manual de buenas prácticas agrícolas para el productor hortofrutícola* [2º Edición]. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-as171s.pdf>
- FAO. (2013). Manual de agricultura climáticamente inteligente. Resumen de orientación. *Manual de la FAO*. Recuperado de <http://www.fao.org/climatechange/37495-0edc2355c-27f19ee5cee068a90496add9.pdf>
- FAO. (2014). *Productos forestales no madereros*. Recuperado de <http://www.fao.org/forestry/nwfp/6388/es/>
- FAO. (2016). *Entendiendo la agricultura climáticamente inteligente*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=UQ-JrClTQgR4&feature=youtu.be>
- FAO, CGIAR & CCAFS. (2014). *Knowledge on climate smart-agriculture*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i4064e.pdf>
- Fassbender, H., Beer, J., Heuvelink, J., Imbach, A., Enriquez, G. & Bonnemann, A. (1991). Ten year balances of organic matter and nutrients in agroforestry systems at CATIE, Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 45(1-4), 173-183. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0378-1127\(91\)90215-H](http://dx.doi.org/10.1016/0378-1127(91)90215-H)
- Fedecacao. (s. f.). *Oferta tecnológica. Recomendación para la realización de la cosecha y beneficio de cacao*. Recuperado 27 de junio de 2019, de <http://www.siembragov.co/Ofertas/Oferta/ReporteLista?>
- Fedecacao. (2019). *Precio de referencia nacional de compra de cacao*. Recuperado 30 de junio de 2019 de <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Precio-de-referencia-semanal-de-compra-de-cacao---Fuente-Industria.aspx>
- Fedecacao, FIP & ASOPCARI. (2006). *Informe Final. Proyecto productivo de inversión y acompañamiento para el establecimiento de 336 hectáreas de cacao clonado para la región del Ariari*. Recuperado de http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4016/1/200681143319_CARTILLAFIPARIARI.pdf
- González, J. J., Etter, A. A., Sarmiento, A. H., Orrego, S. A., Ramírez, C., Cabrera, E., Vargas, D., Galindo, G., García, M. C., Ordoñez, M. F. (2011). *Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Bogotá D. C., Colombia. 64 p.
- Gobernación del Meta (2019). *El Meta. Tierra de oportunidades. Inclusión, Reconciliación y Equidad*. Recuperado de: <https://meta.gov.co/>
- Häger, A. (2012). The effects of management and plant diversity on carbon storage in coffee agroforestry systems in Costa Rica. *Agroforestry Systems*, 86(2), 159-174. doi: 10.1007/s10457-012-9545-1
- Huxley, P. (1983). *Some characteristics of trees to be considered in agroforestry*. *Plant research and agroforestry* (pp. 3-12). Nairobi: ICRAF.
- ICA. (2019). *Predios certificados y recertificados en buenas prácticas agrícolas*.

- Recuperado de <https://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Inocuidad-Agricola/BASE-PREDIOS-CERTIF-BPA-PAGINA-WEB.aspx>
- Ideam. (2017). *Resultados monitoreo de la deforestación*. Recuperado de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023835/Resultados_Monitoreo_Deforestacion_2017.pdf
- Ideam. (2019). *Boletín climatológico mensual*. Enero de 2019. Recuperado de: http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/climatologico-mensual/-/document_library_display/xYvIPc4uxk1Y/view/84129627
- Ideam. (2019). *Boletín climatológico*. Febrero de 2019. Recuperado de: http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/climatologico-mensual/-/document_library_display/xYvIPc4uxk1Y/view/84129627
- Ideam. (2019). *Boletín climatológico*. Marzo de 2019. Recuperado de: http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/climatologico-mensual/-/document_library_display/xYvIPc4uxk1Y/view/84129627
- International Cocoa Organization ICCO. (2012). *Health and nutrition*. Recuperado de International Cocoa Organization -ICCO website: <https://www.icco.org/about-cocoa/health-and-nutrition.html>
- International Cocoa Organization ICCO. (2013). *Growing Cocoa*. Recuperado de International Cocoa Organization -ICCO website: <https://www.icco.org/about-cocoa/growing-cocoa>
- IPCC. (2014). *Climate change 2014. Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. En *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- López, R. (2008). Productos forestales no maderables: importancia e impacto de su aprovechamiento. *Revista Colombia Forestal*, 11, 215-231. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v11n1/v11n1a14.pdf>
- MADR. (2009). *Acuerdo de competitividad de la cadena del cacao y su agroindustria 2009-2022*.
- MADR y Ministerio del Posconflicto, Derechos Humanos y Seguridad. (2016). *Municipios priorizados para el posconflicto*. Recuperado de http://www.indepaz.org.co/wp-content/uploads/2017/02/Anexo_2_Municipios_Priorizados_Posconflicto.pdf
- MADR. (2019). Cadena Productiva Cacao-Área, producción y rendimiento. *Colombia Datos Abiertos*. Recuperado de <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Cadena-Productiva-Cacao-Area-Produccion-y-Rendimiento/7rr4-csic>
- MADR & Fedecacao. (2013). *Guía ambiental para el cultivo del cacao* (Segunda ed.). Recuperado de https://www.fedecacao.com.co/portal/images/recourses/pub_doctecnicos/fedecacao-pub-doc_05B.pdf

- Martínez, J. (2015). El cacao en el Meta. *Revista Semillas*. Recuperado de <http://www.semillas.org.co/es/el-cacao-en-el-meta>
- Montero, M. I., Barrera, J. A., Giraldo, B. & Lucena, A. A. (2016). *Fichas técnicas de especies de uso forestal y agroforestal de la Amazonia Colombiana. Sinchi*. Recuperado de https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/novedades_editoriales/pdf/Fichas_Tecnicas_de_Especies_de_uso_Forestal_y_Agroforestal_de_la_Amazonia_Colombiana-ilovepdf-compressed.pdf
- Nair, P. (1993). *An introduction to Agroforestry*. Kluwer Academic Publishers, Florida. USA. 491pp. Recuperado de https://www.worldagroforestry.org/Units/Library/Books/PDFs/32_An_introduction_to_agroforestry.pdf?n=161
- Notaro, K., Medeiros, E., Duda, G., Oliveira, A. & Moura, P. (2014). Agroforestry systems, nutrients in litter and microbial activity in soils cultivated with coffee at high altitude. *Scientia Agricola*, 71(2), 87-95. doi: 10.1590/S0103-90162014000200001
- Perfecto, I., Rice, R., Greenberg, R. & Van den Voort, M. (1996). Shade Coffee: A Disappearing Refuge for Biodiversity: Shade coffee plantations can contain as much biodiversity as forest habitats. *BioScience*, 46(8), 598-608. doi: 10.2307/1312989
- Pinzón, J. O. & Rojas, J. (2007). *Guía técnica para el cultivo del cacao* [Segunda; Fedecacao, Ed.]. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/210143086/Fedecacao-2007-Guia-tecnica-para-el-cultivo-del-cacao-2ª-ed>
- Pinzón, J. O., Rojas, J., Rojas, F., Ramírez, Ó. D., Moreno, F. & Antolinez, G. (2012). *Guía técnica para el cultivo del cacao* (Quinta). Recuperado de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/11685>
- PROCACAO. (2015). El ambiente y su efecto en el comportamiento de la planta de cacao. *Infocacao. Ciencia y tecnología al servicio del sector cacaotero*, (5), 1-4. Recuperado de http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/infocacao/InfoCacao_No5_Dic_2015.pdf
- Raja, R. & Hardwick, K. (1998). The effects of prolonged exposure to different light intensities on the photosynthesis of cocoa leaves. *Proceedings of the 10th International Cocoa Research*, 205-209. Santo Domingo. Dominican Republic.
- Rice, R. & Greenberg, R. (2000). Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(3), 17-173. doi: 10.1579/0044-7447-29.3.167
- Rodrigues, R., Araújo, R., Costa, C., Lima, A., Oliveira, M., Cutrim, J. & Araújo, A. (2015). Soil microbial biomass in an agroforestry system of Northeast Brazil. *Tropical Grasslands*, 3(1), 41-48.
- Rodríguez, C. G. (2018). CorpoCampo lleva el açai colombiano desde Estados Unidos hasta el Líbano. *La República*. Recuperado de <https://www.agronegocios.co/agricultura/corpo-campo-lleva-el-acai-colombiano-desde-estados-unidos-hasta-el-libano-2768012>

- Rojano, B., Zapata, I., Alzate, A., Mosquera, A., Cortés, F. & Gamboa, L. (2011). Polifenoles y actividad antioxidante del fruto liofilizado de palma naidi [Açaí colombiano] (*Euterpe oleracea* Mart). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(2), 6213-6220. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/29411>
- Rojas, S. (2017). *Informe Final. Sistemas de Bancos de Germoplasma de la Nación Colombiana para la alimentación y la Agricultura. Subsistema Bancos de Germoplasma Vegetal*. Documento interno. Agrosavia.
- Ruiz, X. A. (2014). *Diversidad genética de cacao Theobroma cacao L. con marcadores moleculares microsátélites*. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/39793/1/7211504.2014.pdf>
- Sampaio, G., Nobre, C., Costa, M. H., Satyamurty, P., Soares-Filho, B. S., & Cardoso, M. (2007). Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. *Geophysical Research Letters*, 34(17), 1-7. <https://doi.org/10.1029/2007GL030612>
- Semana Sostenible. (2019). *Colombia, uno de los cinco países con mayor deforestación en 2018*. Recuperado de <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/colombia-uno-de-los-cinco-paises-con-mayor-deforestacion-en-2018/43960>
- Serrano, D. M. & Guerrero, V. (2017). *Plan estratégico de marketing para el desarrollo de la gestión de marca origen del cacao en beneficio de la construcción de una identidad agroindustrial en Colombia*.
- Somarriba, E. J. (2004). ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales? *Agroforestería de las Américas*, (noviembre) 41-42, 122-130 p.
- Tadesse, G., Zavaleta, E. & Shennan, C. (2014). Effects of land-use changes on woody species distribution and above-ground carbon storage of forest-coffee systems. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 197, 21-30. doi: 10.1016/j.agee.2014.07.008.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, P. D. (2019). *World Population Prospects 2019: Ten key Findings*. Recuperado de https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_10KeyFindings.pdf
- United Nations. (2005). *Market Brief in the European Union for selected natural ingredients derived from native species Genipa americana Jagua*, huita UNCTAD & BTFP (Eds.). Recuperado de <http://www.biotrade.org/ResourcesPublications/biotradebrief-genipaamericana.pdf>

16. Glosario de nombres científicos y comunes

Abarco (<i>Cariniana pyriformis</i> Miers)	Bucare de agua (<i>Erythrina glauca</i>)
Aceite (<i>Copaifera officinalis</i> Jacq. L)	Cacay (<i>Caryodendron orinocense</i>)
Acerola (<i>Malpighia emarginata</i> DC)	Camu-camu (<i>Myrciaria dubia</i> Kunth. McVaugh)
Achiote (<i>Bixa orellana</i>)	Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>)
Aguacate (<i>Persea americana</i> Mill)	Caucho (<i>Hevea brasiliensis</i>)
Ahumado o Cuyubí (<i>Minquartia guianensis</i> Aubl)	Cedro (<i>Cedrela odorata</i> M. J. Roem)
Ahuyama (<i>Cucurbita maxima</i> Duchesne in Lam)	Cedro macho (<i>Bombacopsis quinata</i>)
Ají (<i>Capsicum</i> spp.)	Chontaduro (<i>Bactris gasipaes</i> Kunth)
Algarrobo (<i>Ceratonia siliqua</i>)	Coco (<i>Cocos nucifera</i>)
Arazá (<i>Eugenia stipitata</i> McVaugh)	Cocona (<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal)
Árbol del pan (<i>Artocarpus altilis</i>)	Copoazú (<i>Theobroma grandiflorum</i> Willd. ex Spreng K.Schum)
Arroz (<i>Oryza sativa</i> L)	Cupania (<i>Cupania cinerea</i>)
Asaí (<i>Euterpe oleracea</i>) y (<i>Euterpe precatoria</i>)	Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i>)
Banano (<i>Musa</i> spp.)	Desmodium (<i>Desmodium ovalifolium</i>)
Borojó (<i>Borojoa patinoi</i>)	Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L)
Búcaro o cámbulo (<i>Erythrina</i> spp.)	Guamo (<i>Inga</i> spp.)
	Guandul (<i>Cajanus cajan</i> (L) Huth)

Guayaba (<i>Psidium guajava</i>)	Ocobo o Flor morado (<i>Tabebuia rosea</i>)
Guayacán amarillo (<i>Tabebuia chysantha</i>)	Palma Milpesillo (<i>Oenocarpus minor</i>)
Huito (<i>Genipa americana</i>)	Piña (<i>Ananas comosus</i> L. Meer)
Igua o cedro amarillo (<i>Pseudosamanea guachapele</i>)	Patilla (<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb) Matsum y Nakai)
Kudzú (<i>Pueraria phaseoloides</i>)	Plátano (<i>Musa spp.</i>)
Limón (<i>Citrus spp.</i>)	Papaya (<i>Carica papaya</i> L.)
Machaco (<i>Simarouba amara</i> Aublet)	Rambután (<i>Nephellium lapaecum</i> L)
Maíz (<i>Zea Mays</i> L)	Sacha inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)
Mangostino (<i>Garcinia mangostana</i> L)	Sorgo (<i>Sorghum spp</i>)
Maní forrajero (<i>Arachis pintoi</i> ; Krapov. & W.C.Greg)	Soya (<i>Glycine max</i> L)
Marañón (<i>Anacardium occidentale</i>)	Uva caimarona (<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart)
Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)	Yopo (<i>Mimosa trianae</i>)
Matarratón (<i>Gliricidia sepium</i> Jacq. Kunth ex Walp)	Yuca (<i>Manihot esculenta</i>)
Melina (<i>Gmelina arborea</i>)	Zapote (<i>Pouteria sapota</i> Jacq)
Moriche (<i>Mauritia flexuosa</i> L. F)	
Nogal cafetero (<i>Cordia alliodora</i> Ruiz & Pav)	

Autores

Salvador Rojas González

Ingeniero agrónomo de la Universidad del Tolima, magíster en Ciencias de Mississippi State University en Estados Unidos, y PhD de la Universidad Federal de Amazonas en Brasil.

Trabajó durante siete años con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA); entre 1994 y 2008 en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria: Centro de Investigación Macagual, en Florencia-Caquetá; y desde 2009 en el Centro de Investigación La Libertad, en Villavicencio-Meta. Fue director del Centro de Investigación Macagual entre 1992 y 2005.

Ha sido investigador en el área de recursos genéticos, domesticación y uso de germoplasma de productos no maderables del bosque (PFNM), combinando estas especies (asaí, achiote, cacay, chontaduro, camu camu, copozú, sachá inchi) con otras del como cacao y caucho, en sistemas agroforestales (SAF), como una alternativa productiva sostenible para el trópico húmedo de la Amazonia y la Orinoquia.

Actualmente es investigador adscrito a la Redes de Cultivos Permanentes y de Cacao de Agrosavia (antes Corpoica) con sede en el Centro de Investigación La Libertad, Villavicencio-Colombia.

Correo: srojas@agrosavia.co

Allende Pesca Moreno

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Pamplona. Trabajó entre 2013 y 2014 en proyectos de recuperación, establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales protectoras en Casanare. Se vinculó a Agrosavia como investigador en el 2015, lugar donde ha trabajado temas de evaluación de clones de cacao y su respuesta a Monilia; en la selección de especies para sombrío en SAF en Santander, Arauca, Antioquia y Nariño; en el establecimiento y manejo de arboretum en Centro de Investigación La Suiza en Santander; en el Plan Nacional de Semillas manejando un jardín clonal de cacao; y en el proyecto de mejoramiento de prácticas sostenibles en cacao como estrategia de agricultura climáticamente inteligente en la región del Ariari, en el Meta. También participó recientemente en la Expedición Cacao Colombia Bio, en el Chocó biogeográfico. Actualmente trabaja en el Centro de Investigación La Libertad.

Correo: apesca@agrosavia.co

Maribel Tarazona Yanes

Licenciada en producción agropecuaria de la Universidad de los Llanos. Se vinculó a Agrosavia en el año 2011, lugar donde ha trabajado en proyectos de investigación de cultivos de caucho, en la evaluación de modelos productivos de sistemas agroforestales y en palma africana. Actualmente, participa en un proyecto de diagnóstico látex en caucho y en el proyecto de mejoramiento de prácticas sostenibles de cacao en la región del Ariari, Meta. Trabaja en el Centro de Investigación La Libertad en Villavicencio y está adscrita a la red cultivos permanentes.

Correo: mtarazona@agrosavia.co

Claudia Liliana Calderón Medina

Ingeniera agrónoma de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Especialista y magíster en Producción Tropical Sostenible de la Universidad de los Llanos. Trabajó durante 10 años (2005-2014) en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) y actualmente se encuentra vinculada a Agrosavia en el Centro de Investigación La Libertad. Ha participado en proyectos de investigación en el área de manejo agronómico de cultivos transitorios (maíz y sorgo), frutales tropicales (cítricos, marañón, piña y amazónicos), PFM y cacao. Además, tiene experiencia en el diagnóstico, formulación y ejecución de proyectos de desarrollo con enfoque de sostenibilidad en el territorio.

Correo: ccalderon@agrosavia.co

Piedad Cecilia Zapata Arango

Agrozootecnista de la Universidad del Cauca, Colombia y magíster en Agroforestería Tropical del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE, Costa Rica. Cuenta con 10 años de experiencia en sistemas sostenibles de producción agropecuaria donde ha trabajado con comunidades rurales de Colombia y en actividades de docencia, investigación, formulación y ejecución de proyectos sobre agroforestería. Hace parte del grupo de Investigación en Producción Agrícola Sostenible de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales donde trabajó por cerca de 5 años. Desde octubre de 2017, está vinculada con The Nature Conservancy como Especialista en Sistemas de Producción Sostenibles donde ha apoyado la planeación y ejecución de iniciativas en los departamentos de Meta y Caquetá, relacionadas con su área de desempeño.

Correo: piedad.zapata@tnc.org

CACAO: agricultura climáticamente inteligente con énfasis en agroforestería. Experiencias del Ariari, Meta, Colombia. / Salvador Rojas González [y otros cuatro] -- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2019.

78 páginas (Colección Transformación del agro)

Incluye referencias bibliográficas, tablas, fotos

ISBN: 978-958-740-314-5

ISBN E-book: 978-958-740-315-2

1. *Theobroma cacao* 2. Agroforestería 3. Adaptación al cambio climático 4. Agricultura sostenible 5. Rendimiento de cultivos 6. Meta (Colombia) I. Rojas González, Salvador II. Pesca Moreno, Allende III. Tarazona Yanes, Maribel IV. Calderón Medina, Claudia Liliana V. Zapata Arango, Piedad Cecilia.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia



Se terminó de imprimir en la ciudad de Bogotá, Colombia, en el mes de noviembre de 2019.



AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria

The Nature Conservancy
Colombia

BID
Banco Interamericano de Desarrollo

AgroLAC
2025



El campo es de todos

Minagricultura

ISBN 978-958-740-314-5



9 789587 403145 >