

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

<https://dx.doi.org/10.14482/inde.39.1.634.99>

Especies forestales con potencial agroforestal en el Consejo Comunitario Alto Mira y Frontera (Tumaco, Colombia)

Forest Species with Agroforestry Potential in the Alto Mira and Frontera Community Council, in the Tumaco Municipality, Colombia

KEISHA DAYAN CASTILLO ANGULO *

KAREN LILIANA RINCÓN BRAVO **

SAMIA DEL MAR YELA LARA ***

HÉCTOR RAMIRO ORDOÑEZ JURADO ****

* Ingeniera Agroforestal, Consejo Comunitario Alto Mira y Frontera, Tumaco. Grupo de Investigación Agroforestería y Recursos Naturales, Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Nariño, Colombia, Ingeniera Agroforestal. castillokeisha1323@gmail.com, k.eiha1315@hotmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7444-5833>

** Ingeniera Agroforestal, Consejo Comunitario Alto Mira y Frontera, Tumaco. Grupo de Investigación Agroforestería y Recursos Naturales, Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Nariño, Colombia, Ingeniera Agroforestal. kalida020@hotmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5063-4234>

*** Docente Investigador, Universidad de Nariño, Master en Ciencias Biológicas. Grupo de Investigación Agroforestería y Recursos Naturales, Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Nariño, Colombia, Docente Hora Catedra, estudiante de Maestría en Ciencias Biológicas, Ingeniera Agroforestal. samiadelmar@hotmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6869-1889>

**** Docente Investigador, Universidad de Nariño, Doctor en Agroecología. Grupo de Investigación Agroforestería y Recursos Naturales, Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Nariño, Colombia, Docente Tiempo Completo, PhD en Agroecología, MSc en Bosques y conservación Ambiental, Ingeniero Forestal. hectorramiro@hotmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1646-8292>

Correspondencia: Samia del Mar Yela Lara; Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales, Torobajo - Calle 18 Carrera 50, Pasto, Nariño, Colombia. **Correspondencia:** samiadelmar@hotmail.com

Financiación: Vicerrectoría de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales de la Universidad de Nariño. Proyecto titulado "Especies forestales con potencial agroforestal en la Costa Pacífica, municipio de Tumaco, departamento de Nariño". Código: 1208. Fecha de inicio: 1 de noviembre 2016.



Resumen

La Costa Pacífica por su posición geográfica y condiciones climáticas presenta diversos sistemas de producción agrícola, entre ellos los agroforestales, en que el productor ha seleccionado las especies más adecuadas en atención a los atributos económicos, ambientales y sociales. En el Consejo Comunitario Alto Mira y Frontera de Tumaco (Nariño, Colombia), se identificaron especies forestales con potencial agroforestal, para lo cual se seleccionaron 150 fincas, en consideración a criterios como presencia de sistemas agroforestales, disponibilidad de brindar información por los propietarios y facilidad de acceso. Se aplicó una encuesta semiestructurada, y mediante el coeficiente de importancia de las especies (CIE), se priorizaron las especies maderables con potencial agroforestal. La información obtenida se confrontó con la comunidad a través de un taller participativo. Se encontró que el sistema predominante es la asociación de *Theobroma cacao* L. con *Musa paradisiaca* L., *Cocos nucifera* L., *Bactris gasipaes* Kunth, frutales y maderables. Se identificaron 14 especies maderables utilizadas en las diferentes prácticas agroforestales, y de acuerdo con el CIE, se priorizaron tres, que en orden de importancia son las siguientes: *Cedrela odorata* L., *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken y *Carapa guianensis* Aubl. Se encontró que el conocimiento es variado y existe mayor preferencia por las especies forestales que representan un beneficio económico.

Palabras clave: agroforestería, componente leñoso, conocimiento local, conservación in situ, multipropósito.

Abstract

The Colombian Pacific region, because of its geographical position and conditions, presents various agricultural production systems, among them, the agroforestry system, where producers have selected the most suitable species, taking into account the economic aspects, and environmental and social elements. First, forest species with agroforestry potential were identified in the Alto Mira and Frontera Community Council, in the Tumaco municipality. Then, 150 farms were selected, by criteria such as the agroforestry systems presence, the availability of their owners to provide information, and ease of access. In order to gather data, a semi-structured survey was implemented, and, through the Species Importance Coefficient (CIE), wood species with agroforestry potential were prioritized. This information was confronted with the community, through a participatory workshop. During this research process, it was discovered that the predominant system is the *Theobroma cacao* L. association with *Musa paradisiaca* L., *Cocos nucifera* L., *Bactris gasipaes* Kunth, fruit and wood. 14 timber species, used in different agroforestry practices, were identified, and, according to the CIE, three were prioritized. In order of importance, they are: *Cedrela odorata* L., *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken and *Carapa guianensis* Aubl. It was found that knowledge is varied, with a greater preference for forest species that represent an economic benefit.

Keywords: Agroforestry, in situ conservation, local knowledge, multipurpose, woody component.

1. INTRODUCCIÓN

En la Costa Pacífica del departamento de Nariño, las actividades antrópicas como la ampliación de la frontera agrícola, la extracción de madera de bosques naturales, la explotación minera, la expansión del monocultivo de *Elaeis guineensis* Jacq. y el desarrollo de actividades económicas ilícitas como el cultivo de *Erythroxylum coca* Lam. han llevado a la degradación de los ecosistemas [1], [2]. La fragmentación y degradación de las coberturas naturales por actividades humanas disminuye el tamaño de poblaciones de fauna y flora, y se presenta una alta probabilidad de extinción [3]. Al respecto, [4] reportan las siguientes especies en categorías de amenaza para la Costa Pacífica: *Cedrela odorata* L., *Huberodendron patinoi* Cuatrec., *Humiriastrum procerum* (Little) Cuatrec. y *Mora oleífera* Ducke.

Muchas de estas especies leñosas son asociadas y manejadas en las fincas de manera tradicional por la comunidad. Estas asociaciones agroforestales, como lo indican [5], [6], son sistemas y tecnologías de uso de la tierra donde las plantas perennes leñosas (árboles, arbustos, palmeras, bambúes, etc.) se encuentran en la misma unidad de manejo con los cultivos agrícolas o animales bajo un arreglo en el espacio y tiempo. Por tanto, estos sistemas son multifuncionales que diversifican y mantienen la producción, así como proporcionan beneficios económicos, socioculturales y ambientales.

Los sistemas agroforestales tradicionales son una herramienta complementaria para la conservación de la diversidad biológica (variedades, especies nativas, endémicas y aquellas especies que se encuentran en alguna categoría de amenaza) [7], [8], [9]. En Colombia, estos sistemas se encuentran ampliamente distribuidos y se han convertido en una estrategia para reducir la presión sobre ecosistemas naturales y contribuir a la conservación *in situ* de especies, en que el agricultor es un agente de gran relevancia por su amplio conocimiento; por tanto, surge la necesidad de rescatar el conocimiento tradicional del componente leñoso para aportar con el diseño de sistemas con especies potenciales y conocidas por los agricultores [10], [11].

[12] afirma que los sistemas agroforestales en su mayoría presentan especies autóctonas que los agricultores han gestionado tradicionalmente. Asimismo [13] resaltan que la introducción de las especies arbóreas en sistemas agroforestales aumenta la disponibilidad de madera, reduce la presión sobre los fragmentos de bosque, promueve la protección de los remanentes forestales y genera una fuente de ingresos para las comunidades locales.

Por lo anterior, esta investigación se orientó a identificar y evaluar especies forestales en consideración a usos tradicionales, potenciales, atributos económicos y ambientales, con el fin de priorizar especies potenciales para proponer alternativas

productivas y diseñar sistemas agroforestales sustentables a partir del conocimiento local y contribuir a la conservación *in situ* de especies forestales.

2. METODOLOGÍA

Este estudio se realizó en el Consejo Comunitario Alto Mira y Frontera ubicado en Tumaco (Nariño, Colombia) con coordenadas geográficas 1°11'27" N y 78°31'11" W, a una altura de 50 msnm, temperatura promedio de 26,2 °C y precipitación media anual de 2,843 mm. Forma parte de la región del Chocó biogeográfico que se caracteriza por presentar una gran variedad de ecosistemas y gran biodiversidad de especies de flora y fauna [14].

Para la recolección de información primaria, se realizó un reconocimiento del área, se identificaron aquellas zonas con sistemas tradicionales de producción agroforestal y se descartaron aquellas donde predominen monocultivos de *E. guineensis*; en algunas zonas, este cultivo abarca grandes extensiones y es considerada la principal actividad económica de la región. La muestra fue definida de acuerdo con los siguientes criterios: fincas con presencia de sistemas agroforestales tradicionales, agricultores con disponibilidad para brindar información, zonas de fácil acceso y que no presenten restricciones de orden público.

Para la recolección de la información primaria, se elaboró una encuesta semiestructurada. En las preguntas, se consideraron especies leñosas presentes en los arreglos agroforestales, nombre regional, usos, importancia de estas en la finca, propagación, distancias de siembra, manejo, presencia de plagas y enfermedades, potencialidad, interacciones positivas y negativas. La encuesta se aplicó a 150 productores distribuidos aleatoriamente y que cumplieron con los criterios de selección.

Para identificar las especies leñosas presentes en los sistemas agroforestales tradicionales, se utilizó la base de datos del herbario de la Universidad de Nariño (PSO). Se revisó la información de todas las encuestas, se elaboró una base de datos, se eliminó información redundante y para el análisis se aplicó la estadística descriptiva.

Para priorizar las especies leñosas con potencial agroforestal de uso común en los sistemas tradicionales, se utilizó el coeficiente de importancia de las especies (CIE), que expresa el nivel de utilización (UN), la importancia biofísica (IB) y la demanda de comercialización de la especie (DC). Este coeficiente se determinó con la siguiente ecuación planteada por [15]:

$$CIE = \frac{3UN + 2IB + DC}{6}$$

Donde:

Nivel de utilización (UN): expresa la importancia de la especie en cuanto a su funcionalidad para la familia: 3 muy alta (especie con tres o más usos), 2 utilizada (especie con dos usos) y 1 poco utilizada (especie con un solo uso).

Importancia biofísica (IB): representa la frecuencia de la especie: 3 alta (frecuencia 70-100 %), 2 media (frecuencia 31-69 %), 1 baja (frecuencia 1-30 %) y 0 muy baja (frecuencia 0,1-0,9 %).

Demanda de comercialización (DC): se realizó la visita a aserríos para indagar el potencial de comercialización de la especie: 3 alta (muy demandada), 2 media (medianamente demandada), 1 baja (poco demandado) y 0 (inexistente).

3 y 2 son las unidades por las que se multiplican UN e IB según la importancia de la variable y el 6 es el factor de ponderación de la ecuación.

Una vez sistematizada y procesada la información, en un taller participativo se socializó, para priorizar las especies acordes con la visión de la comunidad y los resultados obtenidos mediante el CIE.

Con la especie que presentó el mayor CIE, se diseñó un sistema agroforestal asociado con *T. cacao* L. y *M. paradisiaca* L., y se estimó la sombra que aporta el maderable mediante el *software* ShadeMotion 5.1.42 [16] en consideración a variables dendrométricas como DAP, altura de tronco, altura de copa, diámetro de copa, opacidad y forma de copa; para la obtención de estas variables, se midieron 20 árboles de *C. odorata*. Se realizó la simulación con la totalidad de individuos por hectárea en el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2019.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los sistemas agroforestales tradicionales, predominan los cultivos de *T. cacao* L. asociados con *Musa paradisiaca* L. Igualmente, se destacan maderables y frutales, que por su frecuencia se reportan los siguientes: *Matisia cordata* Bonpl., *Citrus sinensis* Osbeck., *Inga* sp., *Spondias dulcis* Parkinson G. Forst., *Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radlk., *Citrus reticulata* Blanco, *Carica papaya* L., *B. gasipaes* Kunth, *Persea americana* Mill., *C. nucifera* L., *Borojoa Patinoi* Cuatr., *Annona muricata* L., *Psidium* sp., *Annona atemoya* Mabb., *Citrus limon* sp., *Ananas sativus* Schult. y *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg.

Los sistemas agroforestales tradicionales considerados en esta investigación se contrastan con los reportados para la Costa Pacífica nariñense por [17], al afirmar que estos sistemas se caracterizan por presentar una gran diversidad de especies ma-

derables y frutales. Asimismo [18] destacan el establecimiento de huertos caseros y asociaciones agroforestales donde el cultivo principal *T. cacao* se encuentra asociado con árboles maderables y frutales. Entre las especies leñosas identificaron *C. odorata*, *C. alliodora*, *T. rosea*, *Vochysia* sp. y *A. aspera*; la madera de estas especies satisface los mercados nacionales e internacionales. Y entre las especies frutales y palmas reportaron *B. Patinoi*, *P. caimito*, *Citrus* spp., *Manilkara zapota* (L.) P. Royen, *Manguifera indica* L., *Inga* spp., *Psidium guajava* L., *C. nucifera* y *B. gasipaes*; estos productos son destinados para autoconsumo y parte para comercialización local o regional.

Por las diferentes condiciones edafoclimáticas presentes en la región, surge como alternativa la incorporación del componente leñoso en los agroecosistemas debido a que provee resiliencia a los sistemas agroforestales tradicionales. El conocimiento local encontrado sobre el componente arbóreo asociado a los sistemas productivos es diverso y en la región muy poco se ha documentado; existe un mayor conocimiento del componente arbóreo relacionado con las especies que brindan beneficios económicos y productos como madera. Como lo indican [19], que las especies leñosas utilizadas proporcionan madera, leña, suministran alimentos y generan sombra a los cultivos.

Además [20] en el estudio realizado en el río Caunapí (Tumaco) indican que una alternativa en la generación de ingresos de las familias es la extracción de madera de los bosques naturales y de las asociaciones agroforestales. Lo anterior se evidencia en este estudio en que la mayoría de las especies leñosas asociadas a los sistemas productivos son fundamentales en la estructura y composición florística de los bosques naturales, pero debido al aprovechamiento intensivo su presencia se ha reducido, razón por la cual a partir de los conocimientos adquiridos a lo largo del tiempo los agricultores han seleccionado especies y las han incorporado en sus predios bajo diferentes prácticas como árboles asociados a cultivos, cortinas rompevientos y delimitación de fincas, principalmente. Por ello, surge la necesidad de conocer que especies maderables del bosque natural presentan un alto potencial para ser incorporadas como alternativas agroforestales.

En cambio, escasamente se conoce de las interacciones hacia los cultivos y animales. Algunos productores desconocen las ventajas de los árboles en sus predios y prefieren no mantener las especies forestales e igualmente no realizan prácticas silviculturales de mantenimiento, con el argumento de que los árboles generan competencia con los cultivos por luz, espacio y nutrientes que se refleja en la disminución de la producción.

En esta investigación, las familias productoras de la zona integran en sus predios los árboles a sus cultivos, donde solo realizan actividades de mantenimiento al cultivo principal, en este caso *T. cacao*; en cambio, al componente leñoso asociado ocasionalmente le realizan prácticas silviculturales. Según [21] estas actividades de manejo

son escasamente aceptadas por los agricultores debido a los pocos beneficios observados, además, muy rara vez le aplican abono orgánico o de síntesis. Al respecto [17] indican que los árboles maderables no tienen definido un plan de mantenimiento, pero se favorecen de las labores realizadas en los cultivos.

En los sistemas agroforestales tradicionales, se identificaron 14 especies forestales (tabla 1), distribuidas en 11 familias. Se destacan por su importancia las siguientes especies: *C. odorata*, *C. alliodora*, *C. guianensis*, *Zanthoxylum* sp., *Lacunaria* sp., *T. rosea*, *T. amazonia* y *O. gracilipes*. Entre las familias se tienen las siguientes: *Rutaceae*, *Meliaceae*, *Boraginaceae*, *Ochnaceae*, *Bignoniaceae*, *Combretaceae*, *Clusiaceae*, *Myristicaceae*, *Malvaceae*, *Calophyllaceae* y *Verbenaceae*.

TABLA 1. ESPECIES LEÑOSAS ASOCIADAS A LOS SISTEMAS AGROFORESTALES Y COEFICIENTE DE IMPORTANCIA DE LA ESPECIE

Familia	Especies	Nombre regional	1	2	3	4	5	CIE
<i>Rutaceae</i>	<i>Zanthoxylum</i> sp.	Tachuelo	x	X		x		2,2
<i>Meliaceae</i>	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	x	X	x	x		2,7
<i>Boraginaceae</i>	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pavón) Oken	Laurel	x		x	x		2,3
<i>Meliaceae</i>	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Tangare	x		x	x		2,3
<i>Ochnaceae</i>	<i>Lacunaria</i> sp.	Laguno	x					1
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Vainillo	x					0,1
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol)	Guayacán	x					1
<i>Combretaceae</i>	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell.	Roble	x					1
<i>Clusiaceae</i>	<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	Machare	x					1
<i>Myristicaceae</i>	<i>Otoba gracilipes</i> (A.C. Sm) A.H. Gentry	Cuángare	x					1
<i>Malvaceae</i>	<i>Apeiba aspera</i> Aubl.	Peine mono	x					1
<i>Malvaceae</i>	<i>Trichospermum colombianum</i> (Cuatrecc) kosterm.	Chillalde	x				x	1,3
<i>Calophyllaceae</i>	<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.	María	x				x	1,3
<i>Verbenaceae</i>	<i>Tectona Grandis</i> L.f.	Teca	x					0,5

Madera = 1; Postes = 2; Construcción = 3; Doméstico = 4; Conservación = 5; CIE = coeficiente de importancia de la especie

De las especies forestales encontradas, el 100 % son empleadas para madera de aserrío y en menor proporción para postes, leña y construcciones domésticas. Para el 100 % de los agricultores encuestados, estas especies son de gran valor porque a largo plazo permite la obtención de madera que será empleada para construcción, usos domésticos en sus fincas y para la venta. Y el 28,4 % de los encuestados reconocen la importancia del maderable como sombrero para el cultivo de cacao.

Algunas de las especies empleadas por los agricultores reportan cuatro y tres usos, entre las que se encuentran *C. odorata*, *Zanthoxylum* sp., *C. alliodora* y *C. guianensis*. Y especies como *T. grandis*, *Lacunaria* sp., *J. copaia*, *T. rosea*, *T. amazonia*, *S. globulifera*, *O. gracilipes* y *A. aspera* reportan en las fincas solo un uso (tabla 1).

La presencia de los árboles en las fincas, como lo afirman los productores, se debe a la regeneración natural, bajo la idea de obtener madera para aserrío; pero no hay claridad en los beneficios que otorgan los árboles. En algunas ocasiones, se plantan árboles con fines definidos, tal como sucede con *C. odorata* y la especie introducida *T. grandis*.

Para la determinación de la IB, se consideró la frecuencia de las especies en cada una de las fincas visitadas, donde el 56,7 % presentan *C. odorata*, el 19,3 % *Zanthoxylum* sp., el 16,0 % *C. alliodora*, el 11,3 % *C. guianensis* y con una frecuencia baja (0,7 %) las especies *Lacunaria* sp., *J. copaia*, *T. rosea*, *T. amazonia*, *S. globulifera*, *O. gracilipes*, *T. colombianum*, *C. brasiliense* y *T. grandis*.

Para determinar DC, se visitaron los aserríos y depósitos de madera. De las especies vigentes en el mercado, solo *Camposperma panamensis* Standl. y *Trichilia* sp. no se encuentran presentes en los sistemas agroforestales tradicionales. Entre las de mayor demanda en el mercado local, se encuentran *C. odorata*, *C. alliodora*, *C. guianensis*, *Lacunaria* sp., *T. colombianum*, *O. gracilipes*, *S. globulifera*, *A. aspera*, *T. amazonia* y *T. rosea*, y especies como *C. brasiliense*, *J. copaia* y *Zanthoxylum* sp., que se caracterizan por una demanda media, debido a baja oferta y requerimientos del mercado.

En consideración al coeficiente de importancia de las especies obtenido de acuerdo con el nivel de utilización, la importancia biofísica y demanda en el mercado, juntamente con la comunidad se priorizaron las siguientes especies: *C. odorata*, *C. alliodora* y *C. guianensis*.

Estas especies maderables priorizadas presentan un gran potencial para ser las empleadas indistintamente en los sistemas agroforestales. [22] y [23] indican que *C. odorata* es importante por sus múltiples beneficios económicos y ecológicos; es una especie maderable de rápido crecimiento, considerada la más valiosa por su calidad, la madera tiene diferentes usos y presenta un mercado asegurado; sus hojas, raíz, tallo y corteza tienen propiedades medicinales y contribuye a la recuperación de terrenos degradados.

C. alliodora también es especie de rápido crecimiento, se adapta a diferentes condiciones climáticas, por su color se emplea en la industria de muebles finos, chapas decorativas y en la construcción. Es una especie que crece bien asociada a algunos cultivos como cacao, café y caña de azúcar; en la mayoría de los sitios evaluados, presenta un fuste recto y poda natural, además, se considera melífera [22], [24], [25].

C. guianensis presenta diversidad de usos, la madera es de alta calidad utilizada en carpintería y ebanistería. De las semillas se puede extraer aceite para ser empleado en la fabricación de jabón, velas y como repelente contra insectos. De la corteza se pueden extraer taninos que se usan para curtir pieles y el alcaloide carapina tiene aplicaciones medicinales [26], [27].

De acuerdo con la investigación y por consenso con la comunidad, se planteó el siguiente diseño: “Asociación agroforestal *C. odorata* L., *T. cacao* L. y *M. paradisiaca* L.”. El diseño se planteó con tres especies: *T. cacao* como cultivo principal a una distancia de siembra 3×3 m; *M. paradisiaca* como cultivo intercalado que proveerá sombra transitoria a una distancia de siembra 3×9 m, y *C. odorata*, especie con el mayor CI y que se empleará como sombra permanente, sembrada a 6×15 m (figura 1).

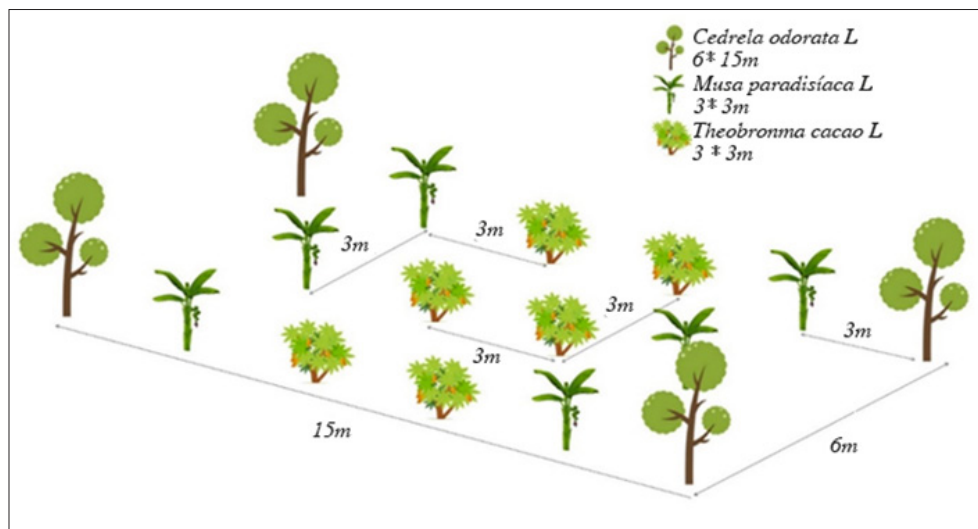


FIGURA 1. SISTEMA SILVOAGRÍCOLA CON *CEDRELA ODORATA* L., *THEOBROMA CACAO* L. Y *MUSA PARADISIACA* L.

El cultivo de *T. cacao* es el de mayor auge en los años recientes y alternativo a los cultivos ilícitos, es una especie en que sus variedades de clones universales y tradicionales se han adaptado muy bien a las condiciones agroecológicas de la zona [28]. Además, el cacao de Tumaco presenta características especiales como es muy suave,

tiene una acidez baja y un olor a frutos secos muy intenso, que le confirieron el reconocimiento como uno de los mejores del mundo y lo convierten en una oportunidad importante para recuperar la economía de la región [29].

[30] indican que la diversificación de las plantaciones de *T. cacao* con maderables aumenta la estabilidad del ingreso de la finca y baja el riesgo financiero. Por tanto, es conveniente asociarlo con *M. paradisiaca* y *C. odorata*. La musácea es generadora de ingresos económicos para la familia, se establece durante los tres primeros años del proceso, con lo que se ayuda a financiar la etapa improductiva del sistema [28]. Y la producción de madera de *C. odorata* es una actividad económicamente atractiva, complementaria a otras medidas de optimización y diversificación de la producción de las fincas [31]. Estos modelos productivos contribuyen de forma notable en la conservación *in situ* de los recursos genéticos forestales y son especies que el agricultor ha implementado tradicionalmente durante siglos [32].

Por otro lado, *C. odorata* es una especie ampliamente utilizada como sombrío en cafetales y cacaotales [31]. En la simulación con ShadeMotion, la especie en promedio con valores de 46,8 cm de DAP, diámetro de copa 12 m, altura de copa 7 m y altura de tronco 13 m, opacidad del 50 %, presentó una intensidad de cobertura del 63,33 %. Para la simulación de horas de sombra en el sistema silvoagrícola, se emplearon dimensiones del terreno de 100 × 100 m y un área de muestreo de 8.464 m² (área con presencia de plantas de *T. cacao*), lo cual dio lugar a una matriz con 8.464 celdas, donde cada una tiene un área de 1 m².

De acuerdo con las horas de sombra en el área de muestreo, 2.055 celdas localizadas a los bordes presentan entre 1.152 y 1.920 horas de sombra durante el año, con un promedio diario de 3,2 y 5,3 horas, con porcentajes de sombra entre el 24,3 y el 40,5 %. Y 6.361 celdas ubicadas hacia el centro presentan entre 1.920 y 2.560 horas de sombra durante el año, con un promedio diario de 5,3 y 7 horas, con porcentajes de sombra entre el 40,5 y el 54 % (figura 2).

La sombra en el cultivo *T. cacao* es necesaria para regular la luminosidad, las condiciones de temperatura que rodean la planta, el viento excesivo y evitar deficiencias de humedad en épocas de sequía [33]. Sin embargo, debe manejarse, porque, en condiciones de mucha sombra, el cacao apenas sobrevive, y en condiciones de poca sombra, se envejece rápidamente y se vuelve poco productivo [34]. Según la figura 2, es necesario en algunas zonas regular la sombra mediante raleos que permita mantener las poblaciones arbóreas dentro de los límites aceptables para la producción de los cultivos asociados, y dejar más árboles en los linderos que en medio de las parcelas [35].

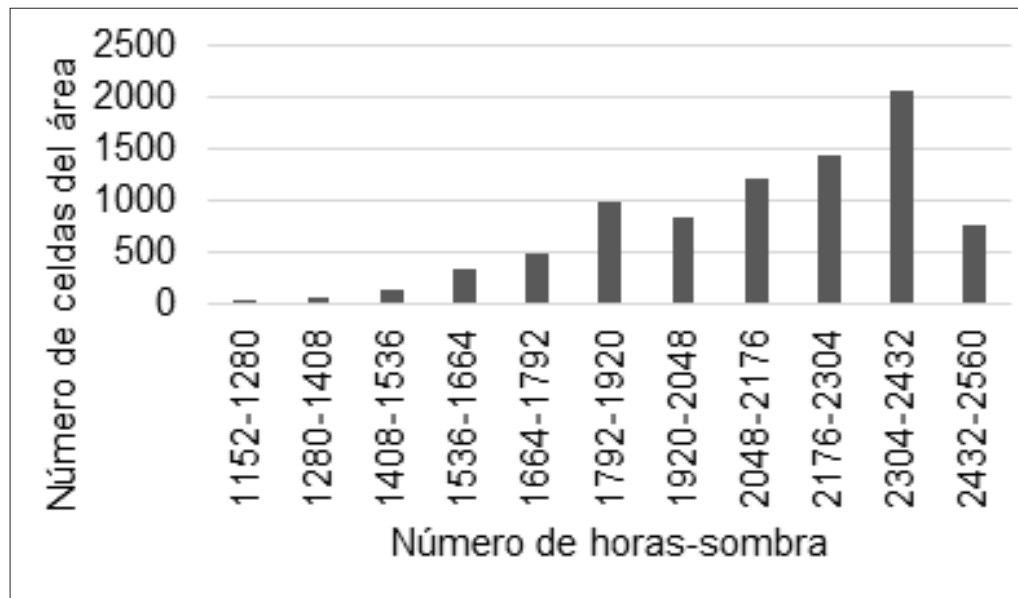


FIGURA 2. NÚMERO DE HORAS-SOMBRA PROYECTADA POR *CEDRELA ODORATA* L. EN EL SISTEMA SILVOAGRÍCOLA CON *THEOBROMA CACAO* L.

CONCLUSIONES

En los sistemas agroforestales tradicionales, predominan especies forestales, introducidas del bosque natural como *C. odorata* L., *C. alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken y *C. guianensis* Aubl., especies leñosas que se han asociado a diferentes sistemas productivos, principalmente *T. cacao* e igualmente son fundamentales en la estructura y función de los huertos caseros. La importancia del componente arbóreo se relaciona con la necesidad de obtener beneficios económicos y productos como madera, leña, medicina y postes; en cambio, los productores tienen poco conocimiento sobre la importancia del árbol asociado a los cultivos o pastos naturales.

Para las condiciones agroclimáticas de Tumaco, existe poca información sobre el manejo de los sistemas asociados con cacao, donde las especies leñosas se han convertido en un valioso potencial, las cuales son aprovechadas para brindar alternativas productivas a los agricultores; *C. odorata* es un maderable con potencialidades para el diseño de sistemas agroforestales. Para lograr la sustentabilidad de esta asociación, es necesario considerar criterios técnicos y el conocimiento local, a fin de seleccionar árboles que brinden un adecuado porcentaje de sombra y no compitan con el cultivo.

REFERENCIAS

- [1] Gobernación de Nariño, *El Plan de Desarrollo: Nariño, corazón del mundo, 2016-2019*. Pasto: Gobernación de Nariño, 2016 [En línea]. Disponible en: <http://www.2016-2019.narino.gov.co/inicio/index.php/gobernacion/plan-de-desarrollo/354-plan-de-desarrollo-departamental-narino-corazon-del-mundo-2016-2019>
- [2] O. Alzate y D. López, Eds., *Una estrategia de seguridad alimentaria para el Pacífico colombiano desde la perspectiva de las comunidades*. Bogotá: Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 2003 [En línea]. Disponible en: <http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/Proceso %20Ordinario/FoodSecurity/SeguridadAlimentariPacifico.pdf>
- [3] A. Domic, “Pérdida y degradación de ecosistemas: deforestación, fragmentación y desertificación”, en *Biodiversidad y conservación: una guía informativa*, A. Domic, Ed. La Paz: Asociación para la Biología de la Conservación, 2011, pp. 83-101 [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Nadia_Paola_Flores-Saldana/publication/235702381_ECOLOGIA_DE_POBLACIONES_Y_COMUNIDADES/links/0912f512c1414d95d7000000/ECOLOGIA-DE-POBLACIONES-Y-COMUNIDADES.pdf#page=112
- [4] S. Cárdenas y N. Salinas, Eds., *Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4: Especies maderables amenazadas*, Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, 2007.
- [5] Food and Agriculture Organization (23 oct. 2015), *Definición* [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/agroforestry/80338/en/>
- [6] Food and Agriculture Organization (5 my. 2021), *Agroforestry* [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/agroforestry/en/>
- [7] S. Viswanath, P. Lubina, S. Subbanna y M. Sandhya, “Traditional agroforestry systems and practices: a review”, *J. Agric. Sci. Technol.*, vol. 2, no. pp. 18-29, en. 2018 [En línea]. Disponible en: http://www.isasat.org/Vol-ii,issue-i/AARJ_2_1_3_Viswanath.pdf
- [8] J. Beer, C. Harvey, M. Ibrahim, J. Harmand, E. Somarriba y F. Jiménez, “Servicios ambientales de los sistemas agroforestales”, *Agrofor. Am.*, vol. 10, no. 37-38, pp. 80-87, 2003 [En línea]. Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6806/Servicios_ambientales_de_los_sistemas.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- [9] A. I. Moreno-Calles, V. M. Toledo y A. Casas, “Los sistemas agroforestales tradicionales del valle de Tehuacán y su diversidad biocultural”, *Ciencias*, no. 111-112, pp. 43-49, dic. 2014 [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-42982013000400001

- [10] D. A. Muñoz, D. A. Calvache y J. F. Yela, “Especies forestales con potencial agroforestal para las zonas altas en el departamento de Nariño”, *Revista de Ciencias Agrícolas*, vol. 29, pp. 38-53, en.-jun. 2013 [En línea]. Disponible en: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/968>
- [11] M. Guapucal, C. Burbano y L. F. Estacio, “Caracterización de fincas con sistemas agroforestales tradicionales en la vereda Franco Villa, municipio de Buesaco, Nariño”, *Agroforestería Neotropical*, no. 3, pp. 47-61, 2013 [En línea]. Disponible en: <http://revistas.ut.edu.co/index.php/agroforesteria/article/view/321/285>
- [12] Food and Agriculture Organization (2014), *Plan de acción mundial para la conservación, la utilización sostenible y el desarrollo de los recursos genéticos forestales* [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/cgrfa/policies/global-instruments/gpa/es/>
- [13] N. García, G. Galeano y R. Bernal, “Demography of *Astrocaryum malybo* H.Karst. (*Arecaceae*) in Colombia, recommendations for its management and conservation”, *Colombia Forestal*, vol. 20, no. 2, pp. 107-117, 2017. <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.2.a01>
- [14] Municipio de Tumaco (2008), *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tumaco 2008-2019* [En línea]. Disponible: https://sanandresdetumaconarino.micolombiadigital.gov.co/sites/sanandresdetumaconarino/content/files/000022/1088_pot_2008_2019.pdf
- [15] M. de M. Bentes-Gama, J. R. V. Gama y M. M. Tourinho, “Huertos caseros en la comunidad ribereña de Villa Cuera, en el municipio de Braganca en el noroeste paraense”, *Agrofor. Am.*, vol. 6, no. 24, pp. 8-12, 1999 [En línea]. Disponible en: <http://bco.catie.ac.cr:8087/portal-revistas/index.php/AGRO/article/view/630>
- [16] Centro Agronómico Topical de Investigaciones y Enseñanza. Software libre ShadeMotion (Nº de versión 5.1.42). CATIE, 2020.
- [17] W. Ballesteros Possú, O. Marco Saya y H. R. Ordóñez Jurado, “Sistemas agroforestales tradicionales en el Consejo Comunitario del Bajo Mira y Frontera en Tumaco, Nariño, Colombia”, *Agrofor. Am.*, vol. 46, pp. 73-80, 2008 [En línea]. Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6821/Sistemas_agroforestales_tradicionales.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [18] W. Ballesteros Possú, O. Marco Saya y H. R. Ordóñez Jurado, “Caracterización de los sistemas agroforestales tradicionales en el Consejo Comunitario la Unión Río Chagui, Tumaco, Nariño”, Tesis de grado, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia, 2009.
- [19] M. R. Mosquera-Losada, G. Moreno, J. J. Santiago-Freijanes, N. Ferreiro-Domínguez y A. Rigueiro-Rodríguez, “Sistemas agroforestales y PAC”, *Ambienta*, vol. 112, pp. 110-124, sept. 2015 [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5514001>

- [20] C. Cortez y G. Angulo, “Caracterización de los sistemas de producción agropecuarios tradicionales en el río Caunapí, municipio de Tumaco, departamento de Nariño”, Tesis de grado, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia, 2002.
- [21] P. J. Carlson y R. M. Añazco, *Establecimiento y manejo de prácticas agroforestales en la sierra ecuatoriana*. Quito: Red Agro-Forestal Ecuatoriana, 1990.
- [22] Universidad EIA, *Catálogo virtual de la flora del Valle de Aburrá* [En línea]. Disponible en: <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co>
- [23] M. I. Montero Gonzáles, J. A. Barrera García, B. Giraldo Benavides y A. A. Lucena Mancera, *Fichas técnicas de especies de uso forestal y agroforestal en la Amazonia colombiana*. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, 2016 [En línea]. Disponible en: <https://sinchi.org.co/fichas-tecnicas-de-especies-de-uso-forestal-y-agroforestal-de-la-amazonia-colombiana1>
- [24] C. Ospina, *Establecimiento y manejo de plantaciones forestales. Proyecto: Selección de árboles y promoción de actividades forestales con Nogal Cafetero y Guayacán Rosado*. Pereira: Centro Nacional de Investigaciones de Café, 2008.
- [25] C. Ospina, R. Hernández, F. Sánchez, E. Rincón, C. Ramírez, J. Godoy, D. Obando y J. Medina, *Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana*. Bogotá: Centro Nacional de Investigaciones de Café, 2010.
- [26] World Wildlife Fund, *Maderas de Colombia*. Bogotá: World Wildlife Fund, 2013 [En línea]. Disponible en: https://d2ouvy59podg6k.cloudfront.net/downloads/maderas_de_colombia_15_version_aprobada.pdf
- [27] J. Cordero y D. Boshier, Eds., *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Turrialba: Biblioteca Conmemorativa Orton (IICA/CATIE), 2003.
- [28] J. Rojas Ardila, F. Rojas, Ó. D. Ramírez, F. Moreno, G. Antolinez Castro y J. O. Pinzón Useche, *Guía técnica para el cultivo de Cacao*. Bogotá: Federación Nacional de Cacaoteros, 2016.
- [29] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (6 nov. 2015), *Tumaco sabe a cacao* [En línea]. Disponible: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Tumaco-sabe-a-cacao.aspx>
- [30] O. A. Ramírez, E. Somarriba, T. Ludewigs y P. Ferreira, “Financial returns, stability and risk of cacao-plantain-timber agroforestry systems in central America”, *Agrofor. Syst.*, vol. 51, pp. 141-154, 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1010655304724>
- [31] G. Detlefsen y E. Somarriba, “Producción agroforestal de madera en fincas agropecuarias de Centroamérica”, en *Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas*

- y ambientales*, F. Montagnini, E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola y B. Eibl, Eds. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2015, pp. 21-44.
- [32] Food and Agriculture Organization (2014), *Plan de acción mundial para la conservación, la utilización sostenible y el desarrollo de los recursos genéticos forestales* [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/cgrfa/polices/global-instruments/gpa/es/>
- [33] Oficina Nacional Forestal (1 dic. 2013), *Guía técnica para la implementación de Sistemas agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables* [En línea]. Disponible en: https://www.biopasos.com/biblioteca/guia_sistemas_agroforestales.pdf
- [34] M. Navarro y I. Mendoza, *Guía técnica del cultivo de cacao*. Río San Juan: Programa para el Desarrollo Rural Sostenible en el Municipio El Castillo, 2009.
- [35] F. F. Farfán, *Agroforestería y sistemas agroforestales con café*. Manizales: Cenicafé, 2014 [En línea]. Disponible: <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/4213>