

Especies potenciales para el enriquecimiento de barbechos bajo el enfoque de agricultura migratoria en Puerto Colombia, Mitú, Vaupés

Shifting Cultivation Fallow Enhancement Through Priority Species in Puerto Colombia, Mitú Municipality, Vaupés Region

Johana Andrea Quiroga-Colorado^{1,2} ; Vandreé Julián Palacios-Bucheli^{3*} 

¹Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. Ibagué - Tolima, Colombia; e-mail: jaquirogac@ut.edu.co

²Universidad del Tolima. Ibagué - Tolima, Colombia.

³Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Bogotá, Colombia; e-mail: vpalacios@udca.edu.co

*autor de correspondencia: vpalacios@udca.edu.co

Cómo citar: Quiroga-Colorado, J.A.; Palacios-Bucheli, V.J. 2025. Especies potenciales para el enriquecimiento de barbechos bajo el enfoque de agricultura migratoria en Puerto Colombia, Mitú, Vaupés. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 28(2):e2954. <http://doi.org/10.31910/rudca.v28.n2.2025.2954>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada en Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional

Recibido: julio 11 de 2025

Aceptado: diciembre 4 de 2025

Editado por: Helber Adrián Arévalo Maldonado

RESUMEN

La chagra, como eje de la agricultura migratoria, es la principal unidad de producción familiar en Puerto Colombia, Mitú, Vaupés. Tras cada ciclo productivo, el abandono de la parcela da inicio al periodo de barbecho, que representa la fase de reconstrucción del bosque. La presente investigación tuvo como objetivo identificar los atributos deseables para la selección de especies potenciales para el mejoramiento de barbechos, con base en la evaluación de la composición florística y estructural del bosque denso alto de tierra firme, para lo cual, se establecieron 25 transectos de 500 m² y se realizaron entrevistas semiestructuradas a integrantes de la comunidad. Los resultados destacaron que los atributos más valorados por la comunidad fueron la madera fina, la alta producción de frutos para consumo doméstico y la provisión de productos forestales no maderables (PFNM), la preferencia por especies nativas y la disponibilidad de semillas en la zona. Con base en estos atributos priorizados, se diseñaron dos arreglos agroforestales, cada uno compuesto por doce especies seleccionadas, con una densidad de 250 individuos por hectárea y un patrón de siembra aleatorio, con el fin de replicar la dinámica y la heterogeneidad ecosistémica natural. Para el diseño y la simulación de sombras se empleó el Software ShadeMotion V.5. Las especies priorizadas fueron clasificadas en cuatro grupos funcionales clave: palmas, especies de sucesión tardía, especies de sucesión intermedia y especies de sucesión temprana. Estos hallazgos contribuyen significativamente a la implementación de estrategias de enriquecimiento que fortalecen la sostenibilidad de los sistemas agroforestales tradicionales.

Palabras clave: Arreglos agroforestales; Grupos Funcionales; Restauración del Amazonas; Selección de especies vegetales; Simulación de sombra.

ABSTRACT

The chagra, as a core element of shifting agriculture, is the main family production unit in Puerto Colombia, Mitú, Vaupés. After each productive cycle, the chagra plot is left fallow, initiating a forest regeneration phase within the shifting cultivation agroforestry system. This study aimed to identify desirable traits for selecting species to enhance fallow recovery. A floristic composition and forest structure assessment was conducted using 25 transects, each measuring 500 m². Additionally, semi-structured interviews were carried out with indigenous households. The results indicate that the most valued species traits include high-quality timber, abundant fruit productivity for household consumption, provision of non-timber forest products (NTFPs), local species preferences, and seed availability within the territory. Based on this criteria, two agroforestry arrangements were designed, each comprising by 12 selected species, planted a density of 250 individuals per hectare using a random distribution to mimic the heterogeneity and dynamics of natural ecosystems. The arrangements and the shade modelling were developed using ShadeMotion V.5 software. The prioritized species were categorized into four functional groups: palms, climax species, intermediate successional species, and pioneer species. These findings provide insights for implementing fallow enrichment implementation strategies that support the sustainability of traditional agroforestry systems.

Keywords: Agroforestry arrangements; Amazon restoration; Functional groups; Plant species selection; Shade simulation.

INTRODUCCIÓN

La chagra o unidad básica de producción indígena en la Amazonia es la principal forma de producción agrícola e integración familiar en donde interactúan, tanto hombres como mujeres de todas las edades, fortaleciendo los valores culturales y el conocimiento tradicional (González & Kröger, 2020; Ojeda Riaños *et al.* 2024). Por otra parte, hace parte del sistema agroforestal de tumba y quema de la agricultura migratoria, siendo un espacio productivo análogo a las parcelas implementadas en el interior del país, como en el altiplano (Van der Hammen & Rodríguez, 1996). En el periodo productivo, la chagra se caracteriza por el desarrollo de policultivos que sustentan las diversas actividades productivas de la comunidad, un sistema que complejiza el agroecosistema al integrar el manejo del tiempo, del espacio y de la identidad cultural (Triana-Moreno *et al.* 2006).

El proceso de establecimiento de la chagra implica varias etapas. En primer lugar, se selecciona el área y se realiza la tumba selectiva del bosque, preservando árboles frutales y palmas de gran importancia para la alimentación de la comunidad. Posteriormente, el material derribado se aprovecha (como madera o combustible) y el remanente se quema. A continuación, se lleva a cabo la siembra y el establecimiento de especies regionales con periodos vegetativos semestrales, anuales y perennes. Las actividades posteriores incluyen desyerbes, recolección o cosecha, para culminar con el abandono de la parcela (Giraldo Viatela & Yunda Romero, 2012).

Cuando una chagra se establece en un bosque no intervenido, se denomina chagra de monte bravo, lo que, en general, ofrece mejores cosechas con menor necesidad de desyerbes; no obstante, también es común retornar a un bosque secundario formado en una chagra antigua, lo que permite un período de descanso del suelo y reduce las labores iniciales y el impacto ambiental. Las chagras se establecen de manera discontinua y sus tamaños varían según el número de familias e integrantes, así como la disponibilidad de mano de obra masculina, que se encarga de la tumba y la quema del monte. La siembra, desyerbe, resiembra y cosecha son labores que generalmente recaen en mujeres y niños.

En la comunidad de Puerto Colombia, cada chagra tiene en promedio de una hectárea, en donde se siembra principalmente yuca dulce, yuca brava en asocio con coca (con la que elaboran la mambia), ají, cacao, lulo, plátano, maíz y, adicionalmente, en los alrededores de las casas, se establecen frutales, como guamas, marañones, mirítí, uva caimaronana, guanábana, anones, papaya, cítricos (naranjas, limones), café, maracuyá, yuca, piña, entre otros. Esta alta biodiversidad es una herencia cultural e identidad de cada familia (Palacios-Bucheli & Bokelmann, 2017), que garantiza la seguridad alimentaria, complementada por las actividades de caza, pesca y recolección de frutos. Históricamente, la agricultura migratoria ha sido practicada por colonos y parceleros, quienes cultivan la tierra durante dos o tres años, hasta que pierden su fertilidad, para luego trasladarse a nuevos barbechos o a otras zonas de bosque (Mendieta López & Rocha Molina, 2007).

Este sistema implica cortar y quemar el bosque, cultivar la tierra por pocos años, seguido de una fase de “barbecho” o descanso de la tierra, que es considerablemente más larga que el período de cultivo, oscilando entre 5 y 20 años de barbecho frente a 2 o 3 años de cultivo (Mendieta López & Rocha Molina, 2007).

Los barbechos corresponden a periodos prolongados de descanso que, generalmente, superan los cuatro años antes de establecer una próxima siembra o iniciar una sucesión ecológica de bosque secundario. Además, son cruciales porque confieren al ecosistema perturbado mayores oportunidades de recuperación, lo que incrementa su estabilidad y resiliencia (Giraldo Viatela & Yunda Romero, 2012).

Sumado a lo anterior, funcionan como bancos de semillas para futuras cosechas (Pérez *et al.* 2019) y contribuyen a la recuperación de nutrientes para cultivos en periodos subsiguientes (Torres Sanabria & Cuartas Ricaurte, 2013). En la actualidad, el bosque que mejor representa a los ecosistemas de la Amazonia colombiana es el bosque denso alto de tierra firme, correspondiente al 74,59 % de las coberturas de la región que, en términos de composición florística y biomasa, han sido diezmos y reemplazados por otras especies, con un incremento de individuos pioneros durante los primeros diez años después de la perturbación, desconociendo su diversidad y estructura (Peña-Vanegas, 2016).

Saldarriaga (1994) estimó que los niveles de biomasa de un bosque maduro solo se podrían recuperar después de 200 años de ocurrida la intervención, lo que corrobora la lentitud de los procesos de recuperación de las coberturas naturales de la región. Ante esta situación, los sistemas agroforestales (SAF) surgen como una alternativa viable para la recuperación de suelos y la restauración de los bosques secundarios. Para lograr esto, es fundamental una correcta selección de especies potenciales con base en el conocimiento local, fortaleciendo los conocimientos tradicionales, el rescate de especies valiosas y la consolidación de prácticas agroecológicas y la chagra como un sistema de producción y organización social.

El objetivo de la presente investigación es identificar las características de especies potenciales para el enriquecimiento de barbechos bajo el enfoque de agricultura migratoria, en Puerto Colombia, Mitú, las cuales, se priorizaron para el diseño de arreglos agroforestales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El área de estudio corresponde a 25 ha de bosque denso alto de tierra firme ubicada en las coordenadas geográficas 1°6'55,38" N y 70°21'53,75 O dentro del Gran Resguardo Indígena del Vaupés, Zonal ASATRAIYUVA (Asociación de Autoridades Tradicionales Indígenas Yurutíes del Vaupés), vereda Yacayacá, municipio de Mitú, bajo la jurisdicción de la Comunidad Indígena de Puerto Colombia, con predominancia de indígenas de la etnia *Cubeo*.

Dicha zonal cubre una extensión de 3.372 hectáreas (Figura 1), delimitadas mediante el uso de cartografía social, con base en los caños que irrigan la zona. Los bosques son de propiedad colectiva

conforme a la Constitución Política de Colombia (Asamblea Nacional Constituyente, 1991, Art. 329).

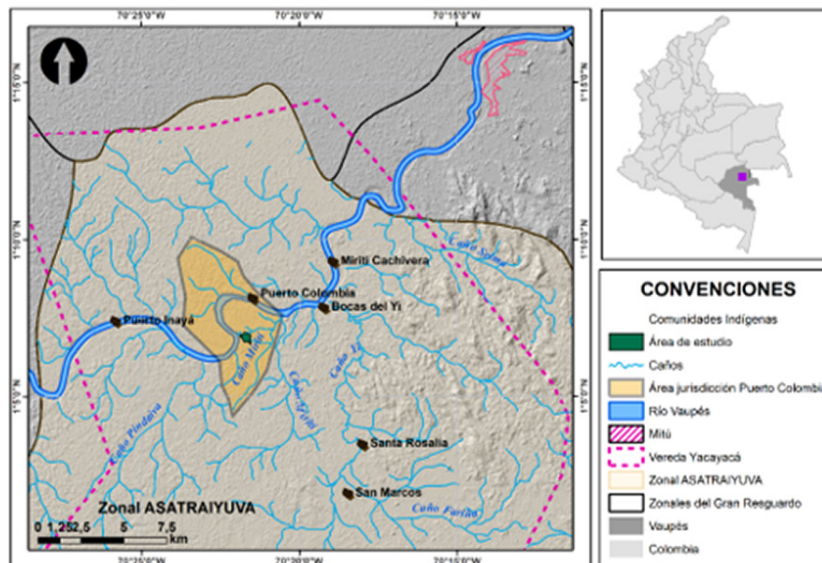


Figura 1. Localización del área de estudio dentro de la zonal ASATRAIYUVA, en el municipio de Mitú, departamento del Vaupés. Fuente: Mapa elaborado en ArcMap de ArcGIS versión 8.

De manera paralela, se delimitó un área de barbecho intermedia con una edad de abandono de aproximadamente 22 años, aledaña al bosque objeto de estudio, con una extensión de 128,2 ha, siendo una unidad de paisaje que reviste gran importancia para la comunidad desde el punto de vista ecológico, de tradición y cosmovisión.

El acceso a la zona se realizó por vía fluvial desde el Municipio de Mitú (Puerto Calvo), navegando por el río Vaupés y pasando por las Comunidades de Puerto Vaupés, Puerto Corroncho, Mirití, Bocas de Yi, hasta llegar a Puerto Colombia, en un recorrido de aproximadamente 30 km.

El área forma parte de la cuenca hidrográfica del Amazonas, específicamente de la zona y subzona hidrográfica del medio Vaupés. Desde el punto de vista climatológico, la región presenta una temperatura media anual de 25,5 °C y una precipitación media anual multianual de 3468,6 mm. La distribución de lluvias es unimodal, con un periodo prolongado entre marzo y agosto, siendo mayo el mes más lluvioso (400,4 mm) y febrero el más seco (197,2 mm). La humedad relativa promedio anual es del 86,7 %.

Estrategia y diseño metodológico. Para el presente estudio, se adoptó una estrategia metodológica mixta que combinó enfoques cuantitativos y cualitativos. El trabajo se fundamentó en la investigación etnográfica, utilizando un diseño de estudio de caso cruzado (Bryman *et al.* 2021).

Identificación de especies. En el estudio se identificaron especies mediante un inventario forestal en 25 ha de bosque denso alto de tierra firme, delimitando 25 transectos de 500 m², en los que se registraron las especies presentes. Paralelamente, se llevaron a cabo

entrevistas semiestructuradas con seis miembros de la comunidad indígena (cuatro hombres y dos mujeres, con edades entre 21 y 68 años), para recopilar información sobre atributos valiosos y usos tradicionales de las especies identificadas, con especial énfasis en aquellas (i) nativas, (ii) productoras de madera fina, (iii) frutos para consumo y (iv) PFNM, las cuales, fueron priorizadas según su importancia ecológica y socioeconómica.

Selección de especies potenciales para el enriquecimiento de barbechos. La selección de especies se basó en la propuesta metodológica de Yépes *et al.* (2003), la cual fue modificada incorporando el conocimiento local y los requerimientos específicos de la comunidad indígena identificados mediante entrevistas semiestructuradas, denominados atributos (nativas, productoras de madera fina, frutos para consumo y PFNM) o cualidades deseables (m). Con esta información se elaboró una lista de especies potenciales para su uso en el enriquecimiento de barbechos.

Posteriormente, los atributos (nativas, productoras de madera fina, frutos para consumo y PFNM) se calificaron según su importancia: Alta= 3; Media= 2; Baja= 1, Nula= 0

Se ponderaron los valores obtenidos por cada atributo (vp), resultando un valor, denominado Índice de Atributo (IA), calculado con la ecuación 1, el cual, tomó valores entre 0 a 3 máximo. Seguidamente, los atributos (n) fueron agrupados en criterios o clústeres (r) y jerarquizados, determinando para ello el Índice del Clúster (IC), a partir de los IA, aplicando la ecuación 2.

$$IA = \sum_n^i \frac{vp}{n} * (fr) \quad \text{ecuación 1}$$

$$IC = \sum_m^i \frac{IA}{m} \quad \text{ecuación 2}$$

Se determinó el desempeño o potencial de cada especie con base en el cumplimiento de los criterios previamente ponderados y jerarquizados, determinando el Potencial de Especies para enriquecer Barbechos (PEB) ecuación 3.

$$PEB = \sum_r^i IC \quad \text{ecuación 3}$$

El PEB tuvo un máximo valor equivalente al número de clúster multiplicado por el total de atributos en cada grupo.

Diseño de arreglos. Con el propósito de contribuir a la rehabilitación ecológica y funcional del ecosistema, se propuso el modelado de dos arreglos agroforestales para el enriquecimiento de los barbechos. Cada modelo incluyó la siembra de doce especies nativas, con una densidad de siembra de 250 individuos por hectárea. Esta densidad se consideró adecuada, aprovechando la baja cobertura del dosel, debido a la edad intermedia de recuperación del barbecho. Se optó por un patrón de siembra aleatorio, buscando simular las dinámicas y la heterogeneidad propias del ecosistema. Para cada especie, se recopilaron datos clave, como el tipo de copa, Diámetro a la Altura del Pecho promedio (DAP), altura del tronco (HTr), altura de la copa (HC), ancho de la copa (AC) y densidad de follaje (DF) u opacidad, la cual, se cuantificó utilizando una escala de 0 a 100, mediante dos observaciones que luego se promediaron, según lo indicado por Somarriba (2002).

Para las especies tardías e intermedias (a excepción de *Pourouma cecropiifolia*), esta información se obtuvo del inventario forestal de campo. Para las palmas, las especies de sucesión temprana y *P. cecropiifolia*, los datos se tomaron de individuos encontrados alrededor de las viviendas.

Con esta información, se construyeron los arreglos en 3D y se modelaron las sombras, utilizando el software ShadeMotion V.5. Se realizaron simulaciones estáticas con superposición de sombras, ejecutadas de forma continua de principio a fin. Es importante señalar que en estas simulaciones no se consideró el crecimiento de los árboles, manteniendo constantes las dimensiones de la copa y del tronco, y tampoco fue posible plantar ni quitar árboles.

La información se analizó por medio del cálculo del área basal y la cuantificación de la cantidad de sombra generada por cada árbol para un año (entre el 1 de enero de 2022 y el 31 de diciembre de 2022), con una frecuencia de movimiento solar horaria y un rango solar diario de 9 horas o momentos (unidades básicas de tiempo para la simulación), comprendidas entre las 8 am y las 4 pm cada día, en una latitud de 1°7'6,64" N, que corresponde a un punto dentro de la zona de barbecho y un ángulo de pendiente topográfica del terreno de 6,7°, equivalente al 3 % de inclinación.

Dado que el estudio se realizó en una zona tropical cercana al Ecuador, se asumió la misma duración de la luz solar para todos los días del año. Por último, se analizó la tasa de sombra proyectada y acumulada durante un año para cada arreglo y sus diferentes tipologías.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Especies identificadas. La identificación de especies arrojó un total de 73 taxones botánicos (Tabla 1), de los cuales, 57 fueron registrados durante el inventario forestal y 16 correspondieron a frutales de particular interés para la comunidad, agrupadas en cuatro categorías funcionales: palmas, especies de sucesión temprana, intermedia y tardía, lo que permitió una visión integral de su rol ecológico y funcional en la restauración. Un estudio realizado en Bangladesh (Kumar-Baul *et al.* 2023) reporta la identificación de 27 especies arbóreas que son cosechadas en los barbechos, entre las cuales, se destacan *Brownlowia elata*, *Castanopsis armata*, *Lithocarpus acuminata*, *Holigarna caustica*, *Lithocarpus polystachya*, *Sterculia villosa* y *Stereospermum colais*. Al igual que en el Vaupés, los barbechos son medios mediante los cuales las comunidades locales sustentan sus medios de vida.

Selección de especies potenciales. La selección de especies potenciales se cimentó en un enfoque holístico que integró el conocimiento tradicional local con los principios de la diversidad del ecosistema original y las necesidades socioeconómicas de sus habitantes, en torno a la recolección de frutos y al aprovechamiento de la madera, tanto para el autoconsumo como para su comercialización. Los atributos que obtuvieron la calificación más alta (tres) en la valoración fueron:

(i) madera dura y fina, un recurso crucial para la subsistencia y el comercio local, así como para la restauración de los bosques, debido a los retornos económicos derivados de su comercialización (Krainovic *et al.* 2023; Santos *et al.* 2023); por lo tanto, las especies seleccionadas para el enriquecimiento de los barbechos fueron 43 (Tabla 1, ver sección inicial), donde 21 obtuvieron la mayor puntuación (8,20) y el resto, una calificación de 6,0.

(ii) Alta producción de frutos para consumo doméstico y provisión de PFNM, esenciales para la seguridad alimentaria de la comunidad, que complementa su dieta con actividades, como la caza, la pesca y la recolección de frutos, además de constituir una base para la economía familiar mediante la elaboración de artesanías. Se resalta la importancia de los barbechos en la contribución de la seguridad alimentaria y nutricional, a través de diferentes formas. Las especies leñosas proporcionan alimentos saludables en forma de frutas, hojas, nueces, semillas y aceites comestibles (Min *et al.* 2024). Los barbechos son fuentes de verduras silvestres, hongos y micronutrientes esenciales para numerosas comunidades rurales y pequeños agricultores que se benefician de la generación de ingresos derivada de estos recursos (Sunderland *et al.* 2013).

Los alimentos derivados de especies leñosas contienen abundantes vitaminas, minerales, proteínas, lípidos y otros nutrientes (Jamnadas *et al.* 2015). Diferentes comunidades alrededor del mundo recolectan, producen y usan PFNM; por ejemplo, se reportan los hallazgos en Pakistán (Amin *et al.* 2023), Congo y Camerún (Fungo *et al.* 2023), México (Pascual-Mendoza *et al.* 2022), Etiopía (Hailemariam *et al.* 2021) y China (Cheng *et al.* 2022).

Tabla 1. Especies potenciales para el enriquecimiento de barbechos (EPE), con su valor total de atributos evaluados y especies totales identificadas, para el estudio en la comunidad indígena de Puerto Colombia, en el municipio de Mitú, departamento del Vaupés.

Especies potenciales para el enriquecimiento de barbechos				
No	Familia	Nombre local	Nombre científico	Valor total de los atributos evaluados
1	Apocynaceae	Juan soco	<i>Couma macrocarpa</i> Barb.Rodr.	8,20
2	Burseraceae	Ibapichuna	<i>Dacryodes peruviana</i> (Loes.) H.J.Lam	8,20
3	Euphorbiaceae	Siringa	<i>Micrandra spruceana</i> (Baill.) RESchult.	8,20
4	Lauraceae	Loiro amarillo	<i>Aniba panurensis</i> (Meisn.) Mez	8,20
5	Lauraceae	Loiro aguacatillo	<i>Beilschmiedia brasiliensis</i> (Kosterm.) Kosterm.	8,20
6	Lauraceae	Loiro negro	<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees & Mart.) Mez	8,20
7	Lauraceae	Baboso	<i>Ocotea cernua</i> (Nees) Mez	8,20
8	Lecythidaceae	Cume	<i>Allantoma decandra</i> (Ducke) SAMori, Ya Y.Huang & Prance	8,20
9	Lecythidaceae	Carguero	<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A.Mori	8,20
10	Leguminosae	Achapo	<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	8,20
11	Leguminosae	Avina	<i>Monopteryx uauacu</i> Benth.	8,20
12	Leguminosae	Guarango	<i>Parkia nitida</i> Miq.	8,20
13	Leguminosae	Cumatí	<i>Tachigali chrysaloides</i> van der Werff	8,20
14	Moraceae	Turi	<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken	8,20
15	Myristicaceae	Sangre toro	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	8,20
16	Olacaceae	Acaricuara	<i>Minuartia guianensis</i> Aubl.	8,20
17	Sapotaceae	Caimo	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	8,20
18	Simaroubaceae	Arenillo	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	8,20
19	Vochysiaceae	Yapurá	<i>Erisma japura</i> Spruce ex Warm.	8,20
20	Vochysiaceae	Arenillo negro	<i>Qualea acuminata</i> Abeto ex cálido.	8,20
21	Lauraceae	Mirapiranga o palo arco	<i>Aniba cylindriflora</i> Kosterm.	8,20
22	Arecaceae	Chontaduro	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	6,00
23	Arecaceae	Mirití o patabá	<i>Mauritia flexuosa</i> Lf	6,00
24	Arecaceae	Ibacaba	<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	6,00
25	Arecaceae	Mil pesos	<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.	6,00
26	Bignoniaceae	Totumo	<i>Crescentia cujete</i> L.	6,00
27	Bixaceae	Achiote	<i>Bixa orellana</i> L.	6,00
28	Caricaceae	Papaya	<i>Carica papaya</i> L.	6,00
29	Clusiaceae	Madroño	<i>Garcinia madruno</i> (Kunth) Hammel	6,00
30	Clusiaceae	Palo breo	<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	6,00
31	Leguminosae	Algarrobo	<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber	6,00
32	Leguminosae	Guamo guacamaya	<i>Ingaacrocephala</i> Steud.	6,00
33	Leguminosae	Guamo macheto	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	6,00
34	Urticaceae	Uvo	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	6,00
35	Anacardiaceae	Marañón	<i>Anacardium occidentale</i> L.	6,00
36	Annonaceae	Guanábana	<i>Annona muricata</i> L.	6,00
37	Annonaceae	Anón	<i>Annona squamosa</i> L.	6,00
38	Malvaceae	Cacao de monte	<i>Theobroma subincanum</i> Mart.	6,00
39	Moraceae	Árbol del pan	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson ex FAZorn) Fosberg	6,00
40	Myrtaceae	Arazá	<i>Eugenia stipitata</i> McVaugh	6,00
41	Myrtaceae	Guayabo	<i>Psidium guajava</i> L.	6,00
42	Lauraceae	Aguacate	<i>Persea americana</i> Mill.	6,00
43	Malvaceae	Cacao	<i>Theobroma cacao</i> L.	6,00

Continuación tabla 1.

Especies no priorizadas inventariadas			
No	Familia	Nombre local	Nombre científico
44	Annonaceae	Carguero negro	<i>Anaxagorea rufa</i> Timmerman
45	Lauraceae	Aji del diablo	<i>Aniba megaphylla</i> Mez
46	Apocynaceae	Cabo de hacha	<i>Aspidosperma excelsum</i> Benth.
47	Rubiaceae	Resbalamico	<i>Calycophyllum megistocaulum</i> (K.Krause) C.M.Taylor
48	Caryocaraceae	Castaño	<i>Caryocar microcarpum</i> Ducke
49	Annonaceae	Mochilero	<i>Duguetia flagellaris</i> Huber
50	Leguminosae	Barbasco	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.
51	Moraceae	Palo caucho	<i>Ficus albert-smithii</i> Standl.
52	Annonaceae	Carguero de tigre	<i>Fusaea longifolia</i> (Aubl.) Saff.
53	Leguminosae	Leña verde	<i>Heterostemon conjugatus</i> Benth.
54	Myristicaceae	Palo de Hacha	<i>Iryanthera crassifolia</i> A.C. Sm.
55	Myristicaceae	Molinillo	<i>Iryanthera bostmannii</i> (Benth.) Warb.
56	Bignoniaceae	Madura platano	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don
57	Sapotaceae	Chicle	<i>Manilkara bidentata</i> (A.DC.) A.Chev
58	Malvaceae	Palo achiote	<i>Mollia lepidota</i> Abeto ex Benth.
59	Myrtaceae	Arrayán	<i>Myrcia bracteata</i> (Rich.) DC.
60	Lauraceae	Palo nutria	<i>Ocotea amazonica</i> (Meisn.) Mez
61	Malvaceae	Petróleo	<i>Patinoa paraensis</i> (Huber) Cuatrec.
62	Sapotaceae	Palo de agua	<i>Pradosia schomburgkiana</i> (A.DC.) Cronquist
63	Burseraceae	Túa	<i>Protium calanense</i> Cuatrec.
64	Burseraceae	Incienso	<i>Protium paniculatum</i> Engl.
65	Leguminosae	Manzanillo	<i>Pterocarpus santalinoides</i> DC.
66	Humiriaceae	Palo de mico	<i>Sacoglottis mattogrossensis</i> Malme
67	Loganiaceae	Palo gusano	<i>Strychnos erichsonii</i> M.R.Schomb. ex Progel
68	Bignoniaceae	Palo diablo	<i>Tabebuia insignis</i> (Miq.) Sandwith
69	Anacardiaceae	Pata de paloma	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.
70	Anacardiaceae	Balzo	<i>Tapirira retusa</i> Ducke
71	Burseraceae	Caraño falso	<i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd.
72	Hypericaceae	Lacre	<i>Vismia gracilis</i> Hieron.
73	Hypericaceae	Morochillo	<i>Vismia schultesii</i> N.Robson

(iii) Especies nativas, se priorizaron estas especies, ya que su preferencia subraya la importancia de preservar la biodiversidad local y la adaptación al entorno, características clave para la resiliencia del ecosistema.

(iv) Disponibilidad de semillas en la zona, que es un criterio práctico que asegura la viabilidad de la implementación de los modelos agroforestales propuestos.

Un estudio realizado en India (Chanu *et al.* 2023) reporta la inclusión de especies económicamente importantes en los barbechos, como un criterio para la selección de especies, entre las cuales, se destacan *Citrus sinensis* (L.), *Musa* sp., *Piper betle* L., *Parkia timoriana* (DC.) Merr., *Thyrsanolaena latifolia* (Roxb. ex Hornem.). Otro estudio realizado en Mozambique (Magalhaes, 2023) reporta 59 especies de árboles en los sistemas de agricultura itinerante y 42 especies de árboles en los barbechos. Los barbechos se enriquecen con especies que prestan

servicios a las comunidades, tanto para el sustento como para la generación de recursos monetarios. Se destaca, entonces, la necesidad del enriquecimiento de los barbechos con especies de interés local.

Modelos de enriquecimiento de barbechos. Como resultado de la agrupación de atributos según sus semejanzas, se obtuvieron cuatro grupos o clústeres: (i) fuste, (ii) propagación y desarrollo, (iii) multiservicios y (iv) adaptación al entorno. Las especies potenciales para el enriquecimiento de barbechos (EPE) resultantes de la calificación de especies con tres (3) y cuatro atributos fueron 43 (Tabla 1) y las especies seleccionadas por la comunidad para el diseño de los arreglos agroforestales fueron 21 (Tabla 2).

Los dos arreglos agroforestales diseñados buscaron la rehabilitación ecológica y funcional del ecosistema, por ejemplo, la captura de carbono (Silva Modolo *et al.* 2025; Sugiyama *et al.* 2024). Igualmente,

buscaron la producción de madera, proporcionada por los bosques secundarios, a través de la regeneración natural; sin embargo, la abundancia de especies de árboles comercialmente valiosas puede ser limitada y depende de la intensidad de las intervenciones que ha sufrido

históricamente (Doua-Bi *et al.* 2021; Jakovac *et al.* 2021); por lo tanto, el enriquecimiento es fundamental para incrementar el número de especies de árboles comerciales en los barbechos y su valor económico (Silva Modolo *et al.* 2025; Ferreira Dos Santos & Ferreira, 2020a).

Tabla 2. Gremios ecológicos y variables dasométricas de las especies priorizadas por las comunidades para el enriquecimiento de barbechos en la Comunidad indígena de Puerto Colombia, municipio de Mitú, departamento del Vaupés.

No	Familia	Nombre local	Nombre científico	Gremio	Modelo	Tipo de copa	DAP (cm)	HTr (m)	HC (m)	AC (m)	DF (%)
1	Oleaceae	Acaricuara	<i>Minquartia guianensis</i>	Esciófita	2	Esférica	13,8	16,8	9,7	7,2	15
2	Leguminosae	Achapo	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Heliófita durable	2	Semiellipse	45,6	21,3	14,8	6,5	15
3	Bixaceae	Achiote	<i>Bixa orellana</i>	Heliófita efímera	1 y 2	Semiesférica	12,3	4,2	1	3,2	4
4	Annonaceae	Anón	<i>Annona squamosa</i>	Heliófita efímera	1 y 2	Semiesférica	20,4	12,6	6	6,6	12
5	Moraceae	Árbol del pan	<i>Artocarpus altilis</i>	Heliófita efímera	1 y 2	Cónica	30,2	15,1	7	8,1	9
6	Lauraceae	Baboso	<i>Ocotea cernua</i>	Heliófita durable	1	Semiesférica	31,8	23,1	16,4	6,7	15
7	Malvaceae	Cacao de monte	<i>Theobroma subincanum</i>	Esciófita	2	Sombrilla	16,2	16	12	4	6
8	Sapotaceae	Caimo	<i>Pouteria caimito</i>	Esciófita	2	Esférica	19,1	20,7	14,1	6,6	8
9	Lecythidaceae	Carguero	<i>Eschweilera coriacea</i>	Esciófita	1	Sombrilla	18,4	19,4	12,7	6,7	11
10	Arecaceae	Chontaduro	<i>Bactris gasipaes</i>	Esciófita	2	Sombrilla	18,3	16,2	12,1	4,1	8,3
11	Leguminosae	Guarango	<i>Parkia nitida</i>	Heliófita durable	2	Semiesférica	22,9	19,6	12,1	7,5	15
12	Arecaceae	Ibacaba	<i>Oenocarpus bacaba</i>	Esciófita	1	Sombrilla	18,3	16,2	12,1	4,1	8,3
13	Burseraceae	Ibapichuna	<i>Dacryodes peruviana</i>	Esciófita	1	Esférica	16,4	18,9	12,9	6	12
14	Apocynaceae	Juan soco	<i>Couma macrocarpa</i>	Heliófita durable	1	Semiesférica	21,8	19,1	9,3	9,7	15
15	Lauraceae	Loiro negro	<i>Ocotea aciphylla</i>	Heliófita durable	1	Esférica	18,7	19,6	13,4	6,2	13
16	Clusiaceae	Madroño	<i>Garcinia madruno</i>	Esciófita	1	Cónica	11,6	15,7	7,3	8,3	8
17	Arecaceae	Mil pesos	<i>Oenocarpus bataua</i>	Esciófita	2	Sombrilla	22,2	16	12	4	10
18	Arecaceae	Mirití o patabá	<i>Mauritia flexuosa</i>	Esciófita	1	Sombrilla	35,3	15,7	6,5	9,2	12
19	Myristicaceae	Sangre toro	<i>Virola sebifera</i>	Heliófita durable	2	Esférica	23,6	21,9	12,6	9,3	15
20	Euphorbiaceae	Siringa	<i>Micrandra spruceana</i>	Esciófita	1	Esférica	57,3	26	22	4	18,4
21	Urticaceae	Uvo	<i>Pourouma cecropiifolia</i>	Escofia	2	Semiesférica	19,8	12,3	7,1	5,2	9,6

(DAP) Diámetro a la Altura del Pecho promedio. (HTr) altura del tronco. (HC) alto de la copa. (AC) ancho de la copa. (DF) densidad de follaje u opacidad.

Las especies agrupadas en cuatro categorías funcionales clave fueron: especies de sucesión tardía, palmas, especies de estadios sucesionales intermedios y especies de sucesión temprana. Las especies de sucesión tardía desempeñan un rol crucial en la provisión de hábitat y alimento para la fauna silvestre, además de prometer futuras cosechas de madera (*Dacryodes peruviana*, *Garcinia madruno*, *Micrandra spruceana*, *Eschweilera coriacea*, *Theobroma subincanum*, *Minquartia guianensis*, *Pouteria caimito*, *Pourouma cecropiifolia*).

En un segundo grupo funcional estuvieron las palmas (*Mauritia flexuosa*, *Oenocarpus bacaba*, *Bactris gasipaes*), muy frecuentes en estados sucesionales secundarios maduros, proveedoras esenciales de alimento, tanto para la fauna como para los integrantes de la comunidad.

Aparecen en un tercer lugar las especies de estadios sucesionales intermedios (*Couma macrocarpa*, *Ocotea aciphylla*, *Ocotea cernua*, *Cedrelinga cateniformis*, *Parkia nitida*, *Virola sebifera*), todas caracterizadas por la producción de grandes frutos que nutren a aves y mamíferos, y por su excelente madera.

Por último, se incluyeron, en menor proporción, especies de sucesión temprana (*Annona squamosa*, *Bixa orellana*, *Artocarpus altilis*), cuya función principal es complementar la producción de la chagra mediante la rápida obtención de frutos para la comunidad.

La simulación de sombras con el software ShadeMotion V.5 fue crucial para visualizar la interacción entre las especies seleccionadas y el impacto de estas en el microclima del barbecho. Las figuras 2a y 2e ilustran la complejidad estructural de los agroecosistemas, mostrando las vistas de planta y en las figuras 2b y 2f, la estratificación vertical de los modelos, así como mapas de distribución de sombras acumuladas. Estas simulaciones revelaron que las áreas con mayor sombreado (tonos más oscuros) son propicias para el establecimiento de especies maduras típicas del bosque denso alto de tierra firme, mientras que las zonas con menor sombreado son óptimas para especies heliófitas (Figuras 2c y 2g).

Los modelos de barbechos mejorados con el enriquecimiento de especies seleccionadas, de acuerdo con la ponderación de la comunidad, buscan

incrementar la disponibilidad de recursos naturales, especialmente la radiación, para garantizar la mejor supervivencia y crecimiento de las especies en el arreglo. En consecuencia, el nivel adecuado de luz para un desempeño óptimo depende de las especies seleccionadas para el enriquecimiento.

Para el primer modelo, se observó un promedio de cobertura de copas del 169 % con un área basal de 17,0 m²/ha, con una tasa de sombreado que osciló entre el 37 y el 98 %. Este modelo, que presentó entre 2.957 y 3.121 horas de sombra en 2.813 celdas (Figura 3a), se considera ideal para su implementación en áreas de barbecho con una recuperación más avanzada, donde el dosel ya permite un mayor desarrollo de especies tolerantes a la sombra.

Por otro lado, el segundo modelo mostró valores más bajos de cobertura de copas (12 1%) y área basal (8,15 m²/ha), pero con una mayor amplitud en las tasas de sombreado (14 a 97 %), indicando una distribución más equitativa de la proyección de sombras. Este modelo, que registró entre 2.260 y 3.067 horas de sombra en 7.061 m² (celdas) (Figura 3b), es más adecuado para zonas donde el proceso

de restauración ecológica pasiva ha sido más lento, caracterizadas por una mayor presencia de especies demandantes de radiación y claros frecuentes en el dosel, puesto que, las especies pioneras tendrían un mayor crecimiento, como consecuencia de la irradiación incrementada, mientras que en el primer modelo las especies tolerantes a la sombra tendrían mayores índices de supervivencia (Silva Modolo *et al.* 2025). La posibilidad de adaptar los modelos a distintos estados de recuperación del barbecho maximiza la eficacia de la intervención y promueve una restauración funcional del ecosistema.

Como conclusión, la priorización de EPE se fundamenta esencialmente en las necesidades y el conocimiento tradicional de la comunidad indígena de Puerto Colombia. Los atributos más valorados, como la dureza y la finura de la madera, la alta producción de frutos para consumo doméstico, la provisión de PFNM y la disponibilidad de especies nativas y sus semillas, no solo aseguran la relevancia ecológica de las especies, sino que, también, garantizan la seguridad alimentaria y la sostenibilidad económica familiar en el contexto de la agricultura migratoria (chagra).

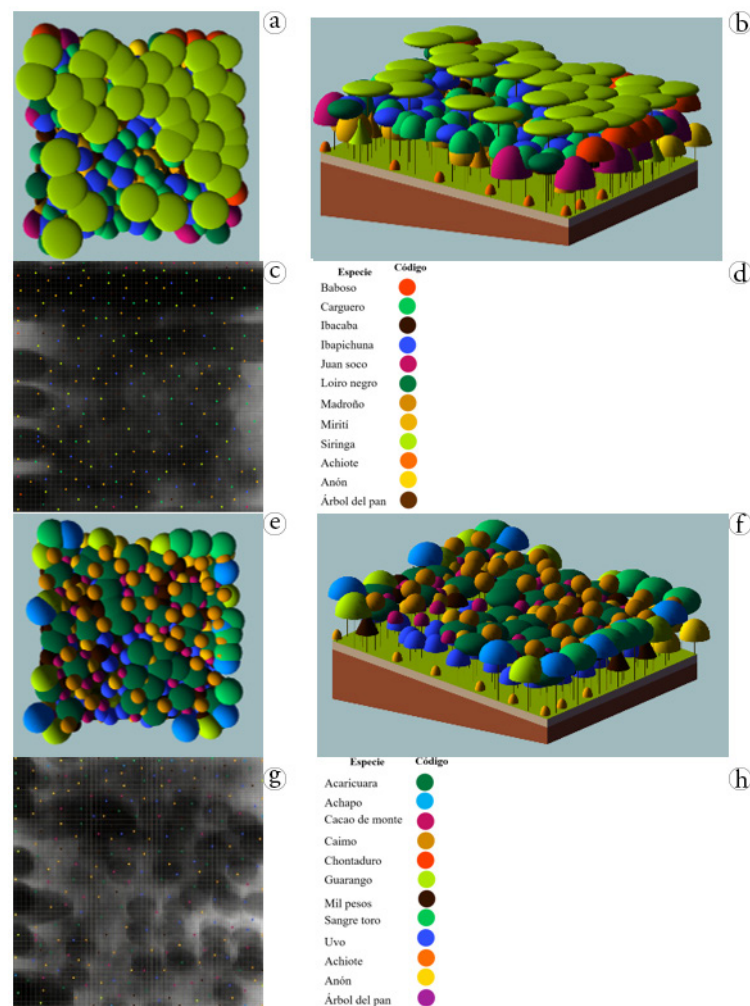


Figura 2. Resultado de la simulación de sombras con el software ShadeMotion V.5 para los barbechos mejorados con el enriquecimiento de especies para la Comunidad indígena de Puerto Colombia, municipio de Mitú, departamento del Vaupés. a y e) vista de perfil; b y f) vista de planta; c y g) mapa de sombras; d y h) convenciones por especie vegetal.

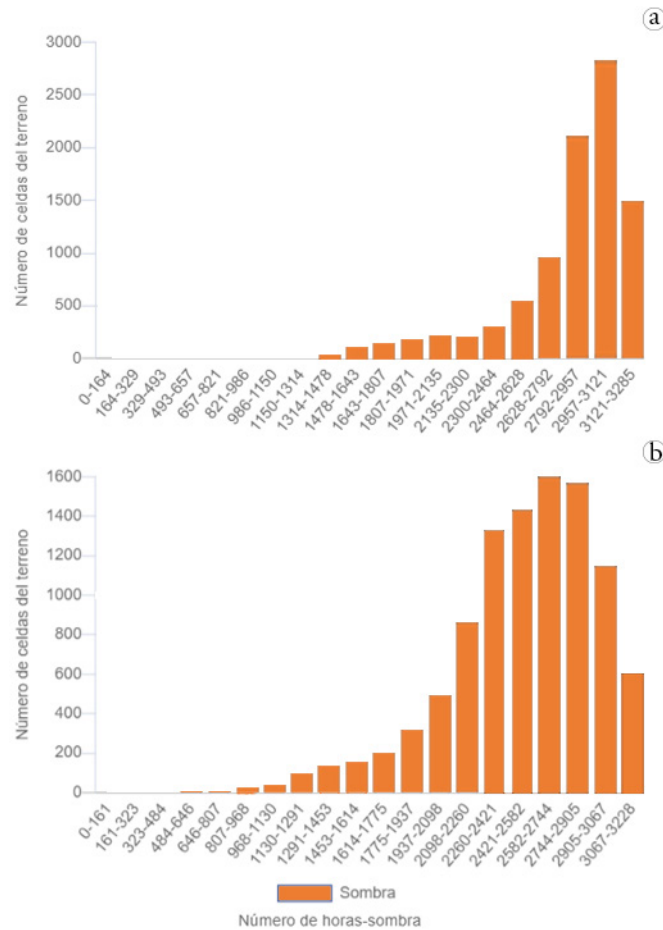


Figura 3. Frecuencia relativa de sombra proyectada en dos modelos de barbechos mejorados con el enriquecimiento de especies para la Comunidad indígena de Puerto Colombia, municipio de Mitú, departamento del Vaupés. a) modelo 1; b) modelo 2.

El modelado y la simulación de sombras de los dos arreglos agroforestales propuestos evidencian su capacidad para generar microclimas diferenciados y óptimos para la rehabilitación ecológica y funcional de los barbechos. Las tasas de sombreado variables (entre 37 y 98 % para el modelo 1 y entre 14 y 97 % para el modelo 2) permiten el establecimiento estratégico, tanto de especies heliófitas en áreas con poca sombra como de especies maduras, propias del bosque denso alto de tierra firme, en sitios con mayor sombreado. Esto ofrece una herramienta versátil para adaptar las intervenciones de enriquecimiento a las distintas fases de recuperación del barbecho.

La implementación de sistemas agroforestales y el enriquecimiento de barbechos representan una alternativa prometedora para acelerar la recuperación de suelos, la acumulación de biomasa y la restauración de la diversidad en los bosques secundarios. Al integrar especies con funcionalidades ecosistémicas diversas, incluyendo palmas y especies de sucesión tardía, intermedia y temprana, dichos modelos no solo contribuyen a la resiliencia del agroecosistema, sino que, también, refuerzan los conocimientos tradicionales y las prácticas agroecológicas de la comunidad de Puerto Colombia, asegurando la continuidad de un sistema de producción vital y su organización social.

Agradecimientos. A la comunidad indígena de Puerto Colombia, especialmente a Yony Misael Durán Orozco y su esposa, Deicy Alejandra González. A Edier Cumbe, Miguel Andrés Sierra Hernández y Luis Fernando Gamboa Saiz. A la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, por el apoyo para la publicación de esta investigación. **Conflicto de interés:** El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. **Contribución de los autores:** Conceptualización, J.A.Q.C., V.J.P.B.; preparación de datos, J.A.Q.C.; análisis de datos, J.A.Q.C.; investigación, J.A.Q.C.; metodología, J.A.Q.C., V.J.P.B.; administración del proyecto, J.A.Q.C.; supervisión, J.A.Q.C., escritura del borrador original, J.A.Q.C., V.J.P.B.; revisión y edición, J.A.Q.C., V.J.P.B.

REFERENCIAS

- AMIN, M.; AZIZ, M.A.; PIERONI, A.; NAZIR, A.; ALGHAMDI, A.A.; KANGAL, A.; AHMAD, K.; ABBASI, A.M. 2023. Edible wild plant species used by different linguistic groups of Kohistan Upper Khyber Pakhtunkhwa (KP), Pakistan. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 19:6. <https://doi.org/10.1186/s13002-023-00577-5>

- ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE. 1991. Constitución Política de Colombia. Disponible desde Internet en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125>
- BRYMAN, A; BELL, E.; RECK, J.; FIELDS, J. 2021. Social research methods. Oxford: Oxford University Press. Londres. 432p
- CHANU, L.K.; DE, A.; CHAKRABORTY, K.; PAUL, S. 2023. Characterization of shifting cultivation, trends, and diversification of livelihood patterns: A case study from forest villages in Barak valley, Assam, Northeast India. *Trees, Forests and People*. 14:100420. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2023.100420>
- CHENG, Z.; LU, X.; LIN, F.; NAEEM, A.; LONG, C. 2022. Ethnobotanical study on wild edible plants used by Dulong people in northwestern Yunnan, China. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 18:3. <https://doi.org/10.1186/s13002-022-00501-3>
- DOUA-BI, G.Y.; ZO-BI, I.C.; AMANI, B.H.; ELOGNE, A.G.; N'DJA, J.K.; N'GUESSAN, A.E.; HÉRAULT, B. 2021. Taking advantage of natural regeneration potential in secondary forest to recover commercial tree resources in Côte d'Ivoire. *Forest Ecology and Management*. 493:119240. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119240>
- FERREIRA DOS SANTOS, V.A.; FERREIRA, M.J. 2020a. Are photosynthetic leaf traits related to first-year growth of tropical tree seedlings? A light-induced plasticity test in a secondary forest enrichment planting. *Forest Ecology and Management*. 460:117900. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117900>
- FUNGO, R.; TIEGUHONG, J.C.; IPONGA, D.M.; TCHATAT, M.; KAHINDO, J.M.; MUYONGA, J.H.; MIKOLOYOBO, C.; DONN, P.; TCHINGSABE, O.; KAAAYA, A.N.; NGONDI, J.L.; TUTU, S.; EMELEME, R.; ODJO, S.; LOO, J.; SNOOK, L. 2023. Can wild forest foods contribute to food security and dietary diversity of rural populations adjoining forest concessions? Insights from Gabon, DR Congo and Cameroon. *International Forestry Review*. 25(1):45-60. <https://doi.org/10.1505/146554823836902626>
- GIRALDO VIATELA, J.H.; YUNDA ROMERO, M.C. 2012. La chagra indígena y biodiversidad: sistema de producción sostenible de las comunidades Indígenas del Vaupés (Colombia). *Cuadernos de Desarrollo Rural*. 44:43-52.
- GONZÁLEZ, N.C.; KRÖGER, M. 2020. The potential of Amazon indigenous agroforestry practices and ontologies for rethinking global forest governance. *Forest Policy and Economics*. 118:102257. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102257>
- HAILEMARIAM, M.B.; WOLDU, Z.; ASFAW, Z.; LULEKAL, E. 2021. Ethnobotany of an indigenous tree *Piliostigma thonningii* (Schumach.) Milne-Redh. (Fabaceae) in the arid and semi-arid areas of South Omo Zone, southern Ethiopia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 17:44. <https://doi.org/10.1186/s13002-021-00469-6>
- JAKOVAC, C.C.; JUNQUEIRA, A.B.; CROUZEILLES, R.; PEÑA-CLAROS, M.; MESQUITA, R.C.G.; BONGERS, F. 2021. The role of land-use history in driving successional pathways and its implications for the restoration of tropical forest. *Biological Reviews*. 96(4):1114-1134. <https://doi.org/10.1111/brv.12694>
- JAMNADASS, R.; McMULLIN, S.; IYAMA, M.; DAWSON, I.K.; POWELL, B.; TERMOTE, C.; ICKOWITZ, A.; KEHLENBECK, K.; VINCENTI, B.; VAN VLIET, N.; KEDING, G.; STADLMAYR, B.; VAN DAMME, P.; CARSAN, S.; SUNDERLAND, T.; NJENGA, M.; GYAU, A.; CERUTTI, P.; SCHURE, J. (...); SERBAN, A. 2015. Understanding the role of forests and tree-based systems in food provision. En: Vira, B.; Wildburger, C.; Mansourian, S. *Forest and food: Addressing hunger and nutrition across sustainable landscapes*. IUFRO, UK. p.27-70. <http://dx.doi.org/10.11647/OBR0085.02>
- KRAINOVIC, P.M.; DE RESENDE, A.F.; AMAZONAS, N.T.; DE ALMEIDA, C.T.; DE ALMEIDA, D.R.A.; SILVA, C.C.; DE ANDRADE, H.S.F.; RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S. 2023. Potential native timber production in tropical forest restoration plantations. *Perspectives in Ecology and Conservation*. 21(4):294-301. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2023.10.002>
- KUMAR-BAUL, T.; CHOWDHURY, A.I.; UDDIN, M.J.; HASAN, M.K.; KILPELÄINEN, A.; NANDI, R.; KARMAKAR, S.; AKHTER, J. 2023. Effects of fragmentation and shifting cultivation on soil carbon and nutrients: A case study in Sitapahar forest, Bangladesh. *Rhizosphere*. 27(100756). <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100756>
- MAGALHAES, T.M. 2023. Trees in agricultural landscapes maintain soil organic carbon following miombo woodland conversion to shifting cultivation. *Geoderma*. 429:116241. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116241>
- MENDIETA LÓPEZ, M.; ROCHA MOLINA, L.R. 2007. *Sistemas agroforestales*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. Disponible desde Internet en: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/1_RENF08M538.pdf
- MIN, S.; KIM, E.; DAYANDANTE, P.B.; PARK, M.S. 2024. Diagnosing the status and trend of research on traditional knowledge related to non-timber forest products as food. *Tree, Forests and People*. 17:100646. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2024.100646>

- OJEDA RIAÑOS, C.K.; TORRES, C.A.; ZAPATA CALERO, J.C.; ROMERO-LEITON, J.P.; BENAVIDES, I.F. 2024. A machine learning approach to map the potential agroecological complexity in an indigenous community of Colombia. *Journal of Environmental Management*. 370:122655. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122655>
- PEÑA-VANEGAS, C.P. 2016. Tras las prácticas ancestrales para la recuperación de suelos Amazónicos. *Revista Colombiana Amazónica* 9:175 - 190.
- PALACIOS-BUCHELI, V.J.; BOKELMANN, W. 2017. Agroforestry systems for biodiversity and ecosystem services: the case of the Sibundoy Valley in the Colombian province of Putumayo. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*. 13(1):380-397. <https://doi.org/10.1080/21513732.2017.1391879>
- PASCUAL-MENDOZA, S.; SAYNES-VÁSQUEZ, A.; PÉREZ-HERRERA, A. 2022. Traditional knowledge of edible plants in an indigenous communities in the Sierra Norte of Oaxaca, México. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*. 156(2):515-527. <https://doi.org/10.1080/11263504.2021.1887956>
- PÉREZ, D.; MORA, R.; LÓPEZ CARRASCAL, C. 2019. Conservación de la diversidad de yuca en los sistemas tradicionales de cultivo de la Amazonía. *Acta Biológica Colombiana*. 24(2):202-212. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n2.75428>
- SALDARRIAGA, J. 1994. Recuperación de la selva de tierra firme en el alto río Negro Amazonía colombiana-venezolana. Bogotá, Colombia. Tropenbos.
- SANTOS, J.P.B.; ROMANELLI, J.P.; GARDON, F.R.; KARINOVIC, P.M.; DE RESENDE, A.F.; SOUZA, L.R.; PIOTTO, D.; RODRIGUES, R.R. 2023. Multifunctional forest restoration in Brazil: A critical analysis of the trends and knowledge gaps in the scientific literature. *Sustainability*. 15:15782. <https://doi.org/10.3390/su152215782>
- SUGIYAMA, A.; GAME, E.T.; WRIGHT, S.J. 2024. Planting exceptional tropical trees species to increase long-term carbon storage in assisted secondary succession. *Journal of Applied Ecology*. 61(1):7-12. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14533>
- SILVA MODOLO, G.; MAMEDE SILVA, T.V.; FERREIRA DOS SANTOS, V.A.; BUENO NEVES, A.H.; DE OLIVEIRA CARVALHO, A.; ASSIS PEREIRA, G.; TOMAZELLO FILHO, M.; FERREIRA, M.J. 2025. Enrichment planting to restore secondary forest in Central Amazon: A perspective on timber production and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*. 594:122936. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.122936>
- SOMARRIBA, E. 2002. Estimación visual de la sombra en cacaotales y cafetales. *Agroforestería en las Américas*. 9(35-36):86-94.
- SUNDERLAND, T.; POWELL, B.; ICKOWITZ, A.; FOLI, S.; PINEDA-VASQUEZ, M.; NASI, R.; PADOCH, C. 2013. Food security and nutrition: The role of forests. Discussion Paper. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia. 11p.
- TORRES SANABRIA, C.; CUARTAS RICAURTE, J.A. 2013. Uso de los suelos antropogénicos amazónicos: comparación entre comunidades Caboclas e indígenas Tikunas. *Gestión y Ambiente*. 16(2):5-17.
- TRIANA-MORENO, L.A.; RODRÍGUEZ, N.C.; GARCÍA, J. 2006. La dinámica del sistema agroforestal chagras como base de la producción indígena en el trapezio amazónico (Colombia). *Agronomía Colombiana*. 24(1):158-169.
- VAN DER HAMMEN, M.; RODRÍGUEZ, C. 1996. Sembrar para nietos y bisnietos. Manejo de la sucesión forestal por los indígenas Yukuna- Matapí de la Amazonia colombiana. *Cespedesía*. 21(67):257-270.
- YÉPES, C.M.; MUSCHLER, R.; BENJAMÍN, T.; MUSÁLEM, M. 2003. Selección de árboles para sombra en cafetales diversificados de Chiapas, México. *Agroforestería en las Américas*. 39(35-36):55-61.