

Conservación hidrológica y bioeconomía sostenible: El potencial de la Copaiba (*Copaifera pubiflora*) como especie nativa multifuncional.

Hydrological conservation and sustainable bioeconomy: The potential of Copaiba (*Copaifera pubiflora*) as a multi-functional native species.

Yury Supanteve¹, Paula Hernández¹, Duvan Hernández¹

¹Departamento de Investigación, VITA COPAIBA, Colombia, 850001. vitaancestral@gmail.com

Resumen

La degradación de los bosques de galería en la Orinoquía colombiana, impulsada por la expansión agropecuaria, exige alternativas productivas que concilien la rentabilidad económica con la conservación hídrica. Este estudio evaluó la viabilidad técnica, ecológica y socioeconómica del aprovechamiento sostenible de la Copaiba (*Copaifera pubiflora*) en 15 predios rurales de Yopal, Casanare. Mediante un enfoque participativo, se implementaron acuerdos de conservación y se realizó la extracción mecánica estandarizada de oleoresina en 512 árboles maduros (DAP > 40 cm). Los resultados evidenciaron una supervivencia del 100 % post-intervención y una adecuada cicatrización, validando la sostenibilidad fisiológica del método. Ecológicamente, se identificó una coexistencia frecuente entre árboles productivos y termitas, lo que sugiere una interacción no detrimental asociada a mecanismos de defensa química. Aunque el rendimiento promedio (300 mL/árbol/año) fue inferior al reportado para especies amazónicas, la oleoresina obtenida presentó una alta pureza in situ (ausencia de humedad), otorgando ventajas operativas al eliminar procesos de deshidratación. En términos socioeconómicos, la comercialización generó ingresos complementarios significativos para las familias, incentivando la protección activa de 2950 hectáreas de bosque y 57 km de red hídrica. Se concluye que el manejo de *C. pubiflora* constituye una estrategia de bioeconomía viable para transitar hacia modelos de ganadería regenerativa y asegurar la resiliencia climática del territorio.

Palabras clave: Bioeconomía, Conservación de bosques, Soluciones basadas en la naturaleza, Recursos hídricos.

Abstract

The degradation of gallery forests in the Colombian Orinoquía region, driven by agricultural expansion, calls for productive alternatives that reconcile economic profitability with water conservation. This study evaluated the technical, ecological, and socioeconomic viability of the sustainable use of Copaiba (*Copaifera pubiflora*) on 15 rural properties in Yopal, Casanare. Using a participatory approach, conservation agreements were implemented and standardized mechanical extraction of oleoresin was carried out on 512 mature trees (DBH > 40 cm). The results showed 100% survival post-intervention and adequate healing, validating the physiological sustainability of the method. Ecologically, frequent coexistence between productive trees and termites was identified, suggesting a non-detrimental interaction associated with chemical defense mechanisms. Although the average yield (300 mL/tree/year) was lower than that reported for Amazonian species, the oleoresin obtained was highly pure in situ (absence of moisture), providing operational advantages by eliminating dehydration processes. In socioeconomic terms, commercialization generated significant additional income for families, encouraging the active protection of 2950 hectares of forest and 57 km of water networks. It is concluded that the management of *C. pubiflora* constitutes a viable bioeconomy strategy for transitioning to regenerative livestock models and ensuring the climate resilience of the territory.

Keywords: Bioeconomy, Forest conservation, Nature-based solutions, Water resources. Por si no la han visto, qué buen conversador es el pájaro

Introducción

A nivel mundial, el agua constituye un recurso fundamental para el desarrollo de la sociedad, la cultura, la producción de alimentos, la generación de energía, la conservación de los ecosistemas y, en general, para el logro del desarrollo sostenible. No obstante, su disponibilidad y gestión enfrentan

crecientes presiones asociadas al aumento de la demanda, los cambios de los usos de suelo y los efectos del cambio climático.

En las últimas décadas, el uso del agua se ha triplicado a escala global, impulsado principalmente por el crecimiento poblacional, el desarrollo socioeconómico y las transformaciones en los

patrones de consumo (Fundación Aquae, 2021; Molina Salgado, 2021; Naciones Unidas, 2024). Como consecuencia, la disponibilidad de agua dulce por persona ha disminuido en más del 20% durante los últimos veinte años (ONU, 2020; Loures Ferreira et al., 2024). Aunque Suramérica y el Caribe concentran cerca del 34% del agua dulce disponible a nivel mundial (FAO, 2024), su distribución espacial es heterogénea, lo que ha generado elevados niveles de estrés hídrico con impactos negativos sobre el desarrollo económico y social (FAO, 2022; Hodgson et al., 2025).

Esta problemática se ve agravada por la acelerada pérdida de cobertura forestal. A nivel global, durante el 2024 se registró la pérdida de aproximadamente 8,1 millones de hectáreas de bosque, intensificando los procesos de degradación ambiental y reduciendo la capacidad de los ecosistemas para regular el ciclo hidrológico (Forest Declaration Assessment Partners, 2024; swissinfo.ch, 2025). En particular, la pérdida de bosques tropicales y primarios alcanzó cerca de 6,73 millones de hectáreas, principalmente por incendios, lo que derivó en la liberación de alrededor de 3100 millones de toneladas métricas de gases de efecto invernadero (World Resources Institute, 2025).

En América Latina, Brasil concentró el 42% de la pérdida de bosque tropical primario en 2024, con un incremento significativo respecto a 2023. En Colombia, aunque la deforestación mostró una reducción frente a los valores históricos más altos, se registró un aumento de 43% entre 2023 y 2024, alcanzando aproximadamente 113000 hectáreas deforestadas, de las cuales cerca del 50% correspondieron a bosques primarios (Reynoso, 2025). A escala regional, el departamento de Casanare perdió alrededor de 3650 hectáreas de bosque natural, asociadas principalmente a prácticas insostenibles de ganadería extensiva, expansión de la frontera agrícola, minería ilegal, extracción ilegal de madera y desarrollo no planificado de infraestructura (El Nuevo Oriente, 2025; WWF, 2025).

La deforestación no solo implica la liberación del carbono almacenado en la biomasa, sino que también altera de manera significativa el ciclo hidrológico. La reducción de la cobertura vegetal disminuye la interceptación e infiltración del agua, incrementa la escorrentía superficial y afecta los

procesos de recarga de acuíferos, lo que se traduce en una menor disponibilidad de agua subterránea y una reducción de la humedad del suelo (Morera Beita, 2003). Estos cambios impactan negativamente la biodiversidad, aumentan la temperatura local, incrementan el riesgo de incendios forestales y reducen la productividad de los ecosistemas (Mancilla, 2024; Eiso, 2025).

En este contexto, especies forestales nativas como la Copaiba (*Copaifera pubiflora*) adquieren una relevancia estratégica. Esta especie presenta características ecológicas que contribuyen a la conservación del recurso hídrico, al favorecer la infiltración del agua en el suelo, mantener la humedad edáfica, mejorar la porosidad y el contenido de materia orgánica, y apoyar la recarga de aguas subterráneas. Así mismo, desempeña un papel importante en la captura de dióxido de carbono, la regulación microclimática y el soporte de la biodiversidad. Adicionalmente, su oleorresina posee propiedades antiinflamatorias, cicatrizantes, antibacterianas y analgésicas, ampliamente valoradas por la industria farmacéutica y cosmética (Pieri et al, 2009; Ruíz Parra, 2024).

A pesar de estos beneficios, existe un vacío de conocimiento en torno a la integración sistemática de la *C. pubiflora* como herramienta para la conservación hídrica y forestal dentro de modelos bioeconómicos sostenibles, particularmente en contextos regionales como el departamento de Casanare. La mayoría de los estudios se han enfocado en sus propiedades químicas o usos industriales (Toro et al, 2020; Frazão et al, 2023), dejando en segundo plano su potencial como eje articulador de estrategias de conservación, restauración y desarrollo local.

Por lo anterior, este artículo tiene como objetivo explorar el potencial de la Copaiba como una alternativa para la conservación hídrica y la preservación de bosques nativos, mediante sistemas bioeconómicos basados en el aprovechamiento sostenible de productos forestales no maderables. Bajo un enfoque de economía circular, se propone un uso integral y responsable de los bioproductos derivados de esta especie, orientado a fortalecer cadenas de valor local, diversificar las economías rurales y reducir la presión sobre los bosques, contribuyendo así a la resiliencia climática y a la sostenibilidad territorial.

Metodología

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque metodológico mixto (cuantitativo y cualitativo) con un alcance descriptivo y exploratorio. La dimensión cuantitativa se empleó para la medición de parámetros dasométricos (DAP, altura), la cuantificación de rendimientos volumétricos de oleoresina y la estructuración de los flujos económicos de comercialización. Por su parte, la dimensión cualitativa permitió caracterizar el perfil demográfico y socioeconómico de las familias rurales, así como documentar los procesos de apropiación en los acuerdos de conservación comunitaria. Adicionalmente, la investigación adoptó un diseño longitudinal prospectivo, fundamentado en el monitoreo continuo y sistemático del estado fitosanitario y la productividad de los individuos de *Copaifera pubiflora* a lo largo de un ciclo de extracción activa de diez meses en los quince predios evaluados.

Área de estudio y periodo de investigación:

El estudio se llevó a cabo entre junio de 2024 y junio 2025 en el departamento de Casanare, Colombia. Inicialmente, se realizó una prospección geográfica en los municipios de Yopal, San Luis de Palenque,

Trinidad, Orocué y Paz de Ariporo para identificar núcleos de abundancia de *C. pubiflora*. Con base en criterios de accesibilidad, seguridad, densidad poblacional de la especie y disposición de las comunidades locales, se seleccionó al municipio de Yopal como área piloto, específicamente el corredor biológico comprendido entre el casco urbano, el corregimiento de Punto Nuevo y la vía hacia Orocué (**Figura 1**).

Selección de la muestra y caracterización socioeconómica:

Se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia para la selección de los predios, estableciendo como criterios de inclusión: (i) tenencia legal de la tierra, (ii) presencia confirmada de poblaciones naturales de *C. pubiflora* y (iii) voluntad de suscripción a acuerdos de conservación. Se seleccionaron 15 unidades productivas (fincas). Para la caracterización social, se aplicaron entrevistas semiestructuradas y encuestas socioeconómicas a las familias propietarias (**Tabla 1, Figura 2**). Los instrumentos recopilaron datos sobre composición demográfica, actividades económicas principales y acceso a servicios básicos, permitiendo establecer la línea base social del modelo de aprovechamiento.

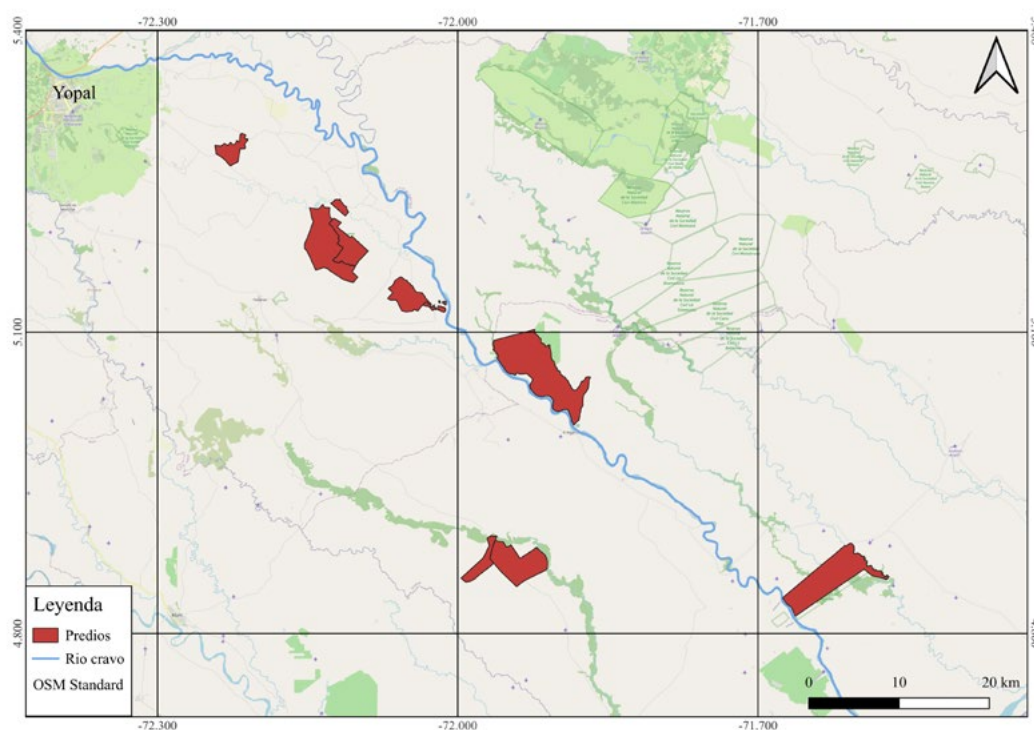


Figura 1. Área de estudio para la implementación del proyecto.

Tabla 1. Listado de predios aliados

#	Predio	Vereda	Municipio	Actividad económica	Coordenadas	
					Lat	Log
1	Fundo La Llave	Barbillal	Yopal	Cultivo de palma	5,22471	-72,11259
2	RNSC El Madroño	Palomas Agua Verde	Yopal	Ganadería	5,17035	-72,10058
3	El Bergel	Palomas Agua Verde	Yopal	Ganadería	5,12410	-72,02504
4	La Esperanza	Palomas Agua Verde	Yopal	Cultivo de cítricos	5,12771	-72,02814
5	La Salle, La Macarena	Palomas Agua Verde	Yopal	Ganadería	5,12909	-72,04396
6	Hacienda la pastora	Barbillal	Yopal	Ganadería	5,22096	-72,14425
7	La Victoria	El Tiestal	Yopal	Ganadería	5,28590	-72,21666
8	La Victoria	Palomas Agua Verde	Yopal	Ganadería	5,12995	-72,01885
9	Ebenecer	Palomas Agua Verde	Yopal	Ganadería	5,12920	-72,01301
10	Los pinos	Palomas Agua Verde	Yopal	Cultivo de cítricos	5,12651	-72,02384
11	Los Claveles	Palomas Agua Verde	Yopal	Ganadería	5,12284	-72,01868
12	RNSC Los Esteros	Surimena	Orocué	Ganadería	4,87042	-71,93670
13	RNSC Palmarito	Palmarito	Orocué	Ganadería	4,86620	-71,59320
14	Playa Alta	Surimena	Orocué	Ganadería	4,86620	-71,98140
15	RNSC Los aceites	Mariara	Orocué	Cultivo de palma	5,09360	-71,92620



Figura 2. Levantamiento de información. **A.** Caracterización sociodemográfica. **B.** Intervención de árboles de Copaiba. **C.** Firma de acuerdos de conservación. **D.** Limpieza de orificio.

Caracterización ambiental e inventario forestal:

Se empleó una metodología mixta que integró sensores remotos y validación en campo. Inicialmente, se realizó un análisis espacial mediante imágenes satelitales de alta resolución (Google Earth Pro) y sistemas de información geográfica (QGIS, identificando patrones de copa y textura asociados a *C. pubiflora* para estimar la distribución preliminar (**Figura 3**). Posteriormente, se realizaron transectos de verificación en los 15 predios para georreferenciar los individuos (GPS Garmin) y validar la cartografía. Dado el carácter ripario de la especie, se modeló la red hídrica en QGIS para cuantificar la longitud de los acuses asociados a la población de copaiba. Adicionalmente, se identificaron áreas estratégicas para la conectividad ecológica y la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), excluyendo zonas de alta pendiente para prevenir procesos erosivos.

Protocolo de aprovechamiento sostenible:

se seleccionó una muestra operativa de 512 árboles para la extracción de oleoresina. La selección

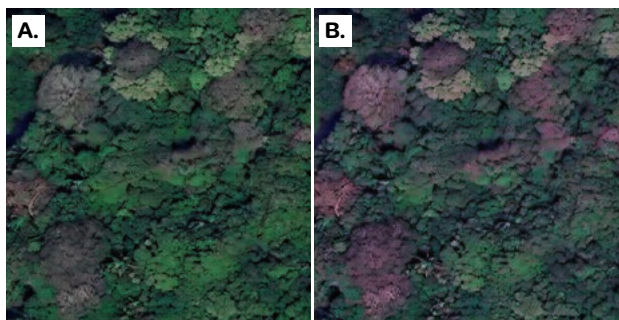


Figura. 3. Contraste de copas de *Copaifera pubiflora* respecto a la vegetación circundante. **A.** imagen original. **B.** Variación tonal hacia color morado.

de los individuos objeto de aprovechamiento se rigió estrictamente por los siguientes criterios dasométricos y fitosanitarios:

- Diámetro a la altura del pecho (DAP) > 40 cm.
- Copa completa y vigorosa (Indicador de salud fisiológica)
- Ausencia de daño mecánico, fitopatologías visibles o perforaciones previas.
- Ubicación fuera de zonas de regeneración o pendientes inestables.

Monitoreo y análisis de datos: Se estableció un diseño de seguimiento longitudinal. Durante las visitas periódicas, se registraron variables dasométricas, fenológicas y fitosanitarias en fichas de campo, y se cuantificó el volumen de oleorresina recolectada (mL) por individuo y por predio. La trazabilidad se aseguró mediante registro fotográfico y georreferenciación de cada individuo intervenido. El análisis de los datos se orientó a evaluar la productividad en relación con las características dendrológicas y garantizar que las tasas de extracción no comprometieran la vitalidad de los especímenes, ajustándose a los principios de manejo forestal no maderables sostenibles.

Resultados y discusión

Estructura demográfica y socioeconómica de los predios

El análisis de los 15 predios reveló una alta heterogeneidad en la tenencia de tierra (media=1052,5 ha $\pm$ 1325,9 ha), coexistiendo pequeñas unidades familiares (<10 ha) con grandes extensiones agroindustriales (>1000 ha). Demográficamente, la población se caracteriza por una tendencia al

envejecimiento, donde 57 % de los residentes son adultos mayores de 30 años y solo 7 % corresponde a adultos jóvenes (15 a 29 años). Este patrón demográfico plantea un desafío para las labores agrícolas convencionales de alta demanda física, pero posiciona al aprovechamiento de *C. pubiflora* como una alternativa favorable, dado que la recolección de oleorresina demanda menor esfuerzo físico comparado con la agricultura tradicional o la ganadería extensiva.

Desde la perspectiva socioeconómica, se evidenció una dependencia de 73,3 % hacia la ganadería bovina (Tabla 1). La introducción del aprovechamiento de Copaiba no sustituyó estas actividades, sino que funcionó como una estrategia de diversificación de ingresos. El nivel educativo, que varía desde el analfabetismo hasta el posgrado, no representó una barrera para la implementación del modelo, sugirió que la transferencia tecnológica para el manejo de productos forestales no maderables (PFNM) es adaptable a diversos contextos socioculturales. Además, la participación activa de personas con discapacidad y adultos mayores refuerza el carácter inclusivo de esta bioeconomía.

Estado ecológico y dinámica de conservación

La evaluación ambiental confirmó que *C. pubiflora* actúa como una especie clave en los bosques de galería y sabanas inundables de Casanare. La asociación con especies epífitas (Bromeliaceae) y hemiparásitas (*Ficus sp.* - Matepalo) indica niveles avanzados de sucesión ecológica y complejidad estructural en los fragmentos de bosque remanentes. Sin embargo, la degradación del suelo por compactación bovina se identificó como la principal amenaza para la regeneración natural.

La implementación de acuerdos de conservación permitió proteger 2950 hectáreas de cobertura boscosa y 57 km de red hídrica (Tabla 2). A diferencia de esquemas de conservación pasiva, este modelo integra prácticas activas como la instalación de bebederos artificiales. Esto reduce la presión directa del ganado sobre los cuerpos de agua y zonas de regeneración, una estrategia que ha demostrado ser efectiva para la restauración pasiva de zonas riparias en ecosistemas neotropicales (Eguiguren Velepucha et al. 2025; Luna Benavides 2024; The Nature Conservancy 2026).

Tabla 2. Red hídrica bajo conservación

Fuente hídrica	Predio	Longitud (m)
Caño El Tiestal	La Victoria	2475
Caño El Tiestal	La llave	2650
Caño Aguaverde	Hacienda La Pastora	4190
Caño Aguaverde	Hacienda La Pastora	4947
Caño Aguaverde	Hacienda La Pastora	331
Caño Aguaverde	RNSC El Madroño	987
Caño Aguaverde	RNSC El Madroño	681
Caño Aguaverde	Hacienda La Pastora	328
Caño Aguaverde	RNSC El Madroño	815
Caño Temporal	RNSC El Madroño	2872
Caño Aguaverde	La Macarena	5980
Caño Aguaverde	La Macarena	2186
Caño Aguaverde	La Esperanza	870
Caño Aguaverde	El Bergel	482
Caño Aguaverde	Los Claveles	1877
Caño Matepalma	La Victoria - Eneida	217
Caño Matepalma	Ebenezer	131
Cañada los aceites	RNSC Los Aceites	14737
Cañada Las Guafitas	RNSC Los Aceites	3633
Caño Surimena	Playa alta	1320
Caño San Felipe	Playa alta	2446
Caño Surimena	RNSC Los Esteros	3454
Total		57609

Desempeño productivo y viabilidad del aprovechamiento

Se intervinieron árboles maduros con un DAP promedio entre 43 y 63 cm (**Figura 4**). El monitoreo postcosecha reveló que, tras 10 meses de extracción, el 100 % de los individuos mantuvieron su vigor fisiológico, cicatrizando adecuadamente los puntos de incisión. Un hallazgo ecológico relevante fue la presencia de termitas en la mayoría de los individuos productivos, sin que esto no se relacionara con mortalidad o deterioro estructural. Este fenómeno coincide con lo reportado por da Silva Medeiros y Vieira (2008) y Lincoln y Couvet (1989) para *C. multijuga*, quienes sugieren que la producción de oleorresina no solo no se ve afectada

por estos insectos, sino que podría actuar como un mecanismo de defensa química, existiendo una correlación positiva entre la infestación por termitas y la capacidad productiva del árbol.

En términos de rendimiento, se obtuvo un volumen total de 166,7 litros de oleorresina, con una productividad media de 300 mL/árbol/año. Si se comparan estos valores con la literatura, resultan inferiores a los rangos reportados para el género en la Amazonia, donde Rigamonte-Azevedo et al. (2004) indican extracciones de entre 0,3 L y 3 L, y Roquette et al. (2019) señalan una variabilidad de 0,6 L hasta 60 L por árbol.

Sin embargo, es fundamental destacar un factor cualitativo diferenciador: la oleorresina de *C. pubiflora* extraída en este estudio presentó una alta pureza en campo, no requiriendo procesos industriales de deshidratación o decantación complejos para su comercialización. Esto contrasta con la oleorresina para eliminar los excedentes de agua propios de ecosistemas con mayor pluviosidad y niveles freáticos superficiales (Silva, 2019). Por tanto, la menor productividad volumétrica se ve compensada por una mayor calidad fisicoquímica inicial y menores costos de procesamiento.

Desde la dimensión económica, la comercialización generó un flujo total de 30 millones de pesos colombianos (COP) durante el ciclo de 10 meses. El precio de compra al productor se estableció en un promedio de \$180000 COP por litro, cifra competitiva que busca valorar el esfuerzo de recolección y cuidado. A nivel de mercado internacional, productos similares alcanzan valores de hasta 42 USD (aprox. \$154000 COP) por presentaciones de 16 onzas (Bulk Apothecary, 2023; Ruiz Parra, 2024), lo que valida el potencial de escalabilidad de la cadena de valor.

Para las familias participantes, esto representó un ingreso complementario promedio de dos millones de COP anuales. Si bien este monto no pretende sustituir la ganadería como actividad principal, constituye un aporte de liquidez significativo para la economía doméstica rural, incentivando la protección del bosque.

Por lo tanto, la afirmación de viabilidad del modelo se sustenta en tres pilares:

- 1. **Viabilidad biológica:** La supervivencia del 100 % y la evidencia de interacciones eco-

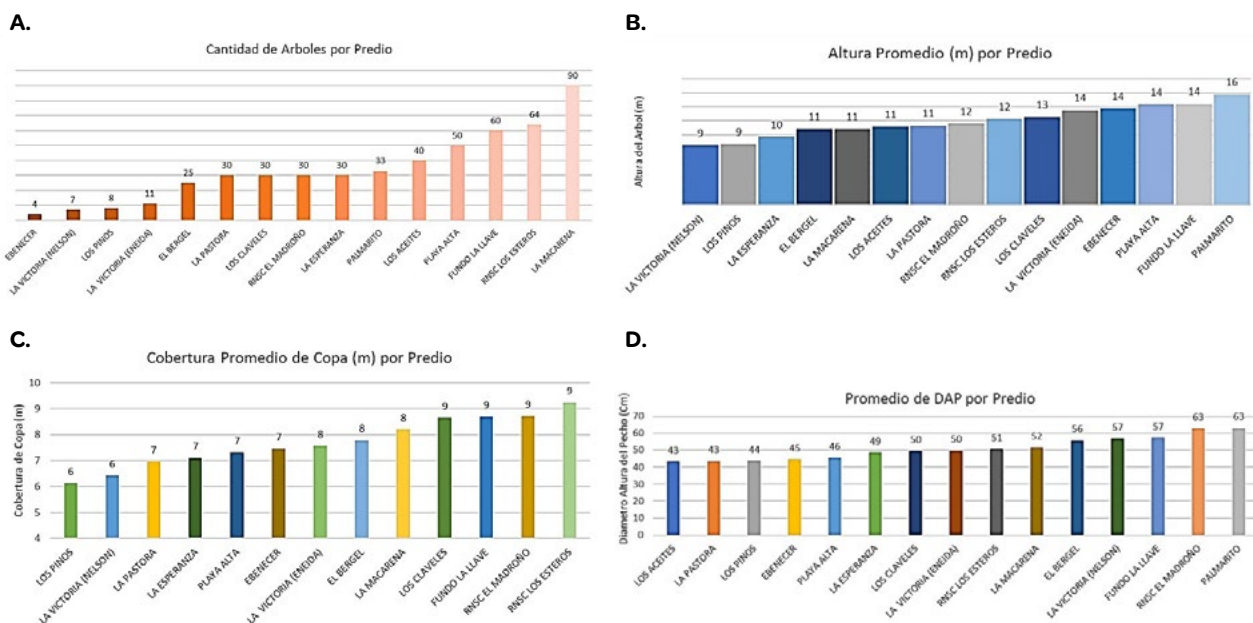


Figura 4. A. Árboles de copaiba intervenidos por predio. B. Altura promedio de los árboles de copaiba intervenidos por predio. C. Cobertura promedio de la copa de los árboles intervenidos por predio. D. Promedio de DAP de los árboles intervenidos por predio.

lógicas estables (termitas-resina) demuestra que la extracción mecánica respeta los umbrales de resiliencia de la especie.

- Viabilidad técnica:** La estandarización del método permitió obtener un producto limpio y comercializable in situ, validando la ventaja comparativa de la pureza sobre el volumen bruto.
- Viabilidad socioeconómica:** La monetización directa del recurso (\$180000 COP/litro) transformó al árbol en un activo productivo vivo, alineando los intereses económicos de las familias con objetivos de conservación del bosque.

Conclusión

La investigación valida que el aprovechamiento de *C. pubiflora* en el departamento de Casanare no solo es técnicamente factible, sino que constituye una estrategia eficaz de bioeconomía para mitigar la deforestación en paisajes ganaderos. A diferencia de los modelos de conservación pasiva, la integración de acuerdos de uso sostenible demostró que asignar un valor económico explícito al árbol en pie (\$180000 COP/litro) incentiva a las comunidades a proteger los bosques de

galería, transformando la percepción del recurso forestal: de un obstáculo para la pastura a un activo productivo complementario.

Desde la perspectiva biológica y técnica, el estudio aporta nueva evidencia sobre la resiliencia de la especie en la Orinoquía. La tasa de supervivencia del 100% post-intervención y cicatrización exitosa confirma que el método de perforación mecánica estandarizado respeta la fisiología del árbol. Asimismo, se documentó una interacción ecológica clave: la coexistencia de que la oleorresina actúa como mecanismo de defensa química sin comprometer la vitalidad del individuo, desafiando la visión tradicional que calificaría a estos insectos como plaga en este contexto específico.

Un hallazgo distintivo de esta investigación radica en la eficiencia del recurso obtenido. Si bien los rendimientos volumétricos (300 mL/árbol/año) resultaron inferiores a los reportados para especies amazónicas (*C. reticulata* o *C. multijuga*), la oleorresina de *C. pubiflora* extraída en este estudio se caracterizó por su baja presencia de humedad in situ, lo que elimina la necesidad de procesos industriales de deshidratación o decantación. Esto sugiere una ventaja operativa para la región, donde

la menor cantidad se compensa con la reducción de costos de postcosecha y la obtención directa de un producto listo para su comercialización, optimizando la cadena de valor.

Finalmente, aunque el modelo ha demostrado viabilidad a corto plazo (10 meses), se identifican desafíos que requieren investigación futura. Es imperativo establecer monitoreos longitudinales superiores a 24 meses para evaluar el impacto de las cosechas reiteradas sobre la tasa de reposición de la oleoresina y la fertilidad del suelo a largo plazo. No obstante, los resultados actuales posicionan a la copaiba como un eje articulador para la transición hacia una ganadería regenerativa, demostrando que es posible conciliar la rentabilidad rural con la provisión de servicios ecosistémicos críticos, como la regulación hídrica y la conectividad del paisaje.

Referencias bibliográficas

- Bulk Apothecary. (2023). *Copaiba Balsam Essential Oil*. Retrieved from Bulk Apothecary Bulk Apothecary.
- Mancilla, C. (2024). Hydrological response to deforestation: Insights from long-term data. *Hydrology: Current Research*, 15(3), 1–2. <https://doi.org/10.37421/2157-7587.2024.15.525>
- daSilvaMedeiros, R., & Vieira, G. (2008). Sustainability of extraction and production of copaiba (*Copaifera multijuga* Hayne) oleoresin in Manaus, AM, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 256(3), 282–288. Frazão et al, 2023
- Eiso. (2025). *Bosques tropicales y agua: barrera frente al cambio climático*. Comunidad Planeta Azul. <https://comunidadplanetaazul.com/bosques-tropicales-y-agua-barrera-frente-al-cambio-climatico/>
- Eguiguren Velepucha, P. A., Rogel, L., Veintimilla, D., Arias, C., & Aguirre, N. (2025). La restauración pasiva como una estrategia para la recuperación de la composición florística y estructura de los bosques piemontanos del sur del Ecuador. *BLC*, 15(1), 8–17. <https://doi.org/10.54753/blc.v15i1.2340>
- El Nuevo Oriente. (2025, 8 de abril). Deforestación en Casanare: alza preocupante y factores críticos. <https://elnuevooriente.com/deforestacion-en-casanare-copaiba> (*Copaifera spp.*): A comprehensive review based on scientometric analysis. *Frontiers in Pharmacology*, 14, 1215437. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1215437>
- Fundación Aquae. (2021). Consumo de agua en el mundo. <https://www.fundacionaquae.org/uso-del-agua-en-el-mundo/>
- Hodgson, S., Rothe, A.-K., Espinosa Flor, S., Troell, J., & Kiersch, B. (2025). Evaluación de la tenencia del agua. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cd1853esalza-preocupante-y-factores-criticos/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). Progresos en el nivel de estrés hídrico. FAO; UN-Water. <https://doi.org/10.4060/cb6241es>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). Manejo sostenible del agua en América Latina y el Caribe: Escasez de agua y cambio climático en América. <https://www.fao.org/americas/priorities/soil-and-water-conservation-in-latin-america-and-the-caribbean/latin-america-and-the-caribbean-regional-overview-of-food-security-and-nutrition-2024/es>
- Lincoln, D. E., & Couvet, D. (1989). The effect of carbon supply on allocation to allelochemicals and caterpillar consumption of peppermint. *Oecologia*, 78(1), 112–114.
- Loures Ferreira, M., Medeiros de Andrade, A., Esdras Santiago, W., & Praes de Almeida, R. (2024). Análisis de la disponibilidad y demanda hídrica en una zona con alta demanda de riego por pivote central en Brasil. *Revista de Geografía Norte Grande*, (88), 1–17. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022024000200109>
- Forest Declaration Assesment Partners (2024). *Forests under fire: Tracking progres son 2030 forest goals*. Climate Focus (Coordinator and editor). Available online at: <http://www.forestdeclaration.org> (accessed january 25, 2026).
- Frazão, D. R., Cruz, J. N., Santana de Oliveira, M., Baia-da-Silva, D. C., Nazário, R. M. F., Rodrigues, M. F. d. L., Saito, M. T., Souza-Rodrigues, R. D., & Lima, R. R. (2023). Evaluation of the biological activities of
- Luna Benavides, L. J. (2024). Restauración activa de la Reserva Nacional de la Sociedad Civil “El Rincón” mediante la implementación y enriquecimiento de sistemas silvopastoriles para consolidar la ganadería sostenible como eje de protección de páramos (Trabajo de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/67820>
- Molina Salgado, R. (2021). Importancia del agua y las problemáticas socioambientales. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/semarnat/educacion-ambiental/articulos/importancia-del-agua-y-las-problematicas-socio-ambientales?idiom=es>
- Morera Beita, A. A. (2003). Efecto de la reforestación con especies nativas sobre la recuperación de

- bosques secos en Costa Rica. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/xii/0279-b3.htm#fn1>
- Naciones Unidas. (2024). Agua. <https://www.un.org/es/global-issues/water>
- Naciones Unidas. (2020). El agua, un recurso que se agota por el crecimiento de la población y el cambio climático. <https://news.un.org/es/story/2020/11/1484732>
- Pieri, F. A., Mussi, M. C., & Moreira, M. A. S. (2009). Óleo de copaiba (*Copaifera* sp.): histórico, extração, aplicações industriais e propriedades medicinais. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 11, 465-472.
- Reynoso, L. (2025, 31 de julio). La deforestación en Colombia aumentó un 43% entre 2023 y 2024. El País. <https://elpais.com/america-colombia/2025-07-31/la-deforestacion-en-colombia-aumento-un-43-entre-2023-y-2024.html>
- Rigamonte-Azevedo, O. C., Wadt, P. G. S., & Wadt, L. H. O. (2004). Copaíba: ecología y producción de óleo- resina. Documento Embrapa, (91), 1-28.
- Roquette, J. G., Drescher, R., Brondani, G. E., Souza, E. C., Rondon-Neto, R. M., Ebert, A., & Teixeira, L. R. (2019). Estimation of oleoresin yield from *Copaifera* spp. in primary forest in meridional Amazon. *Madera y Bosques*, 25(3).
- Ruíz Parra, N. (2024). Lineamientos para el manejo, uso y aprovechamiento forestal sostenible de la especie copaiba (*Copaifera officinalis*) en el municipio de Yopal, departamento del Casanare (Trabajo de grado). Universidad El Bosque. <https://repositorio.unbosque.edu.co/items/110f1be8-270d-4192-9a75-c7f20bf1e103>
- Silva, E. de A. (2019). Avaliação química e farmacológica do óleo destilado de copaiba (*Copaifera* spp. – Leguminosae Caesalpinioideae) e aplicações biotecnológicas (Tesis doctoral, Universidade Federal do Amazonas).
- Swissinfo.ch. (2025). En 2024 se deforestaron 8,1 millones de hectáreas de bosque en el mundo, según un informe. <https://www.swissinfo.ch/spa/en-2024-se-deforestaron-8%2C1-millones-de-hect%C3%A1reas-de-bosque-en-el-mundo%2C-seg%C3%BAAn-un-informe/90161706>
- The Nature Conservancy (2026): Ganadería Colombiana Sostenible. Disponible en línea en <https://www.nature.org/es-us/sobre-tnc/donde-trabajamos/tnc-en-latinoamerica/colombia/ganaderia-colombiana-sostenible/>, Última actualización el 22/01/2026, Última comprobación el 22/01/2026.
- Toro Chacón, L. C., Robles Valderrama, N. R. F., Trigos Aguilera, D. F., Trujillo González, J. M., & Torres Mora, M. A. (2020). Uso de los recursos de la biodiversidad: Estudio de caso de la oleoresina de copaiba (*Copaifera* spp.) en la medicina tradicional en el departamento del Meta, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 11(1), 53-64. <https://doi.org/10.22490/21456453.3091>
- World Resources Institute. (2025). La pérdida de bosques globales rompe récords en 2024 impulsada por incendios masivos. <https://es.wri.org/noticias/la->
- World Wide Fund for Nature. (2025). Deforestación en Colombia: Pese al incremento, continúa una marcada tendencia en la reducción de las hectáreas deforestadas en los últimos tres años. <https://www.wwf.org.co/?396610/deforestacion-perdida-de-bosques-globales-rompe-records-en-2024-Colombia-2024-cifras-informe-ideimpulsada-por-incendios-masivos>

