

Diversidad y servicios ecosistémicos en coberturas arbóreas de la zona de traslape del Parque Natural Nacional de Macuira, La Guajira – Colombia

Diversity and ecosystem services in tree cover of the overlap zone of the National Natural Park of Macuira, La Guajira - Colombia

Adelina Rosa Caballero López ^{a*} , Darwin Fabian Lombo Ortiz ^a ,
Clara Viviana Rúa Bustamante ^a 

* Autor de correspondencia: ^a Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, Colombia, tel.: 32 14481084, acaballerol@agrosavia.co

SUMMARY

The study evaluates the ecosystem services associated with the woodland and shrubland located in the Guajira region of Colombia, characterized as Tropical Dry Forest in the serrania Macuira where communities of the Wayuu native tribe are settled. The open shrubland (OS) and dense shrubland (DS) plant covers were evaluated; three sampling points were selected per cover, in which circular plots with an area of 1,000 m² were drawn, in each plot, an inventory of the tree component was carried out and the main uses by the community were identified. 20 species and 12 botanical families were found. The species with the greatest dominance in the AA was *Prosopis juliflora* with an importance value index (IVI) of 157.30 % and in the AD *Handroanthus billbergii* (IVI 116.81 %); the biodiversity indices did not show statistical differences between the vegetation covers. The carbon storage showed significant statistical differences, the DS accumulated 30.75 t C ha⁻¹ and the OS 12.44 t C ha⁻¹. In relation to CO₂ emissions, two scenarios were proposed for the period 2021- 2030: the first, deforestation remains at an annual rate of 0.94 % and emissions from deforestation of 3.72 t CO₂-eq ha⁻¹ are generated in the OS and 9.20 t CO₂-eq ha⁻¹ for the DS. In the second scenario, tree covers are conserved and no emissions are generated from deforestation. 17 useful species were found in the community, of which 16 are used as forage and 13 have medicinal and ethnoveterinary value.

Keywords: carbon storage, floristic composition, ethnobotany, tropical dry forest.

RESUMEN

El estudio evalúa los servicios ecosistémicos asociados a los bosques y matorrales ubicados en la región de La Guajira de Colombia, caracterizados como Bosque Seco Tropical en la Serranía Macuira, donde se asientan comunidades de la tribu nativa Wayúu. Se evaluaron las coberturas vegetales Arbustal Abierto (AA) y Arbustal Denso (AD), se seleccionaron tres puntos de muestreo por cobertura, en los que se trazaron parcelas circulares con un área 1.000 m², en cada parcela se realizó el inventario del componente arbóreo e identificaron los principales usos por la comunidad. Se hallaron 20 especies y 12 familias botánicas. La especie con mayor dominancia en la AA fue *Prosopis juliflora* con un Índice de Valor de Importancia (IVI) de 157,30 % y en la AD *Handroanthus billbergii* (IVI 116,81 %); los índices de biodiversidad no arrojaron diferencias estadísticas entre las coberturas vegetales. El almacenamiento de carbono mostró diferencias estadísticas significativas, la AD acumuló 30,75 t C ha⁻¹ y la AA 12,44 t C ha⁻¹. En relación con las emisiones de CO₂, se plantearon dos escenarios para el período 2021-2030: en el primero, la deforestación se mantiene a una tasa anual de 0,94 % y se generan emisiones por deforestación de 3,72 t CO₂-eq ha⁻¹ en el AA y 9,20 t CO₂-eq ha⁻¹ para el AD. En el segundo escenario se conservan las coberturas arbóreas y no se generan emisiones por deforestación. Se encontraron 17 especies útiles en la comunidad, de las cuales 16 son empleadas como forraje y 13 presentan valor medicinal y etnoveterinario.

Palabras claves: almacenamiento de carbono, composición florística, etnobotánica, bosque seco tropical.

INTRODUCCIÓN

En el territorio colombiano se estima un área de Bosque seco Tropical (BsT) de 735.514 hectáreas, de las cuales, el 36,2 % se concentra en la Región Caribe sobre un gradiente de elevación menor a 800 m s.n.m., temperaturas superiores a los 24 °C, precipitaciones entre los 500 y 2.000 mm anuales y al menos tres meses secos en el año (Phillips *et*

al. 2011). El BsT es considerado uno de los ecosistemas más amenazados, por acciones antrópicas, como la agricultura, la ganadería y la minería (Ulloa-Delgado 2016), no obstante, su importancia ecológica lo convierte en una zona de vida estratégica para la conservación de biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos (SE).

El BsT se caracteriza por una fuerte estacionalidad de las lluvias y presencia de una época seca prolongada, lo

cual ha resultado en adaptaciones morfológicas, fisiológicas y comportamentales de flora, fauna y microorganismos, proporcionando una importante diversidad biológica, endemismo, formas de vida y grupos funcionales, determinantes para los procesos y servicios que prestan a las comunidades locales que basan sus medios de vida de manera directa o indirecta de estos ecosistemas (Pizano y García 2014). El suministro estable y sostenible de los SE en el BsT, depende del adecuado balance entre uso y abuso, que también determina la prevención de la desertificación, dado la susceptibilidad de estos ecosistemas (Pizano y García 2014). En Colombia, más del 98 % de la vegetación primaria de los bosques secos a subhúmedos ha sido modificada, como consecuencia de los cambios de uso de suelo a áreas de ganadería extensiva con bajo nivel tecnológico, manteniéndose en medio de las formaciones boscosas algunos fragmentos aislados de bosque secundario, con características de la vegetación original (Ulloa-Delgado 2016). La diversidad de flora en los fragmentos es importante y estratégica, por tanto, su impacto afecta la funcionalidad y la provisión de SE. Dentro de los SE generados por el BsT destacan la provisión de alimentos, medicina y productos forestales no maderables, el ciclaje de nutrientes, la belleza escénica, la regulación hídrica, el control de erosión y el almacenamiento de carbono (Cárdenas-Camacho *et al.* 2021). Respecto a este último, el almacenamiento de carbono en coberturas vegetales representa una de las estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) mayormente implementadas a nivel mundial. De acuerdo con Becknell *et al.* (2012) el almacenamiento de carbono en la biomasa de BsT en estado de madurez presenta un potencial de almacenamiento entre 34 a 334 t C ha⁻¹. Por otro lado, Phillips *et al.* (2011), para BsT en Colombia estima un almacenamiento de 48,1 t C ha⁻¹, lo cual evidencia el dinamismo de las coberturas forestales y su susceptibilidad ante acciones naturales y/o inducidas por el hombre.

El departamento de La Guajira, localizado en el norte de Colombia, es un ecosistema característico de BsT, asimismo presenta la mayor diversidad étnica de Colombia, representando el 20 % del total de la población indígena del país, de los cuales, alrededor de 400.000 personas pertenecen a la etnia Wayúu (Procuraduría General de la Nación 2016). Los medios de vida de la población Wayúu se sustentan principalmente en el pastoreo de ovinos, caprinos y en menor medida bovinos, así también, la siembra, el trueque y las artesanías hacen parte de sus actividades principales. Los miembros de esta etnia tienen una visión espiritual del territorio, que trasciende en la relación establecida con el entorno natural y en la valoración por las plantas, árboles, animales, aves, fuentes hídricas, que en palabras de los Wayúu se puede leer “de la naturaleza misma extraemos nuestros alimentos y nuestra medicina tradicional, así como los materiales para construir nuestras viviendas, nuestros instrumentos musicales, nuestros utensilios de cocina y demás elementos de usos tradicionales.

De ahí, que en nuestro comportamiento espiritual guardemos profundo respeto a la naturaleza” (Procuraduría General de la Nación 2016). En la parte más septentrional de este territorio se encuentra ubicado el Parque Nacional Natural- PNN de Macuira, el cual está totalmente traslapado con las comunidades indígenas Wayúu, con una extensión de 24.103 km² y una elevación máxima de 867 m s.n.m. es el macizo montañoso más septentrional de Suramérica, y cuenta con un bosque nublado único en Colombia que participa en la regulación hídrica de esta región (Cuadrado *et al.* 2020).

El conocimiento sobre el uso de los recursos naturales de parte de las comunidades locales, en especial los de alta amenaza y degradación como el BsT es fundamental para su preservación y provisión de SE. Una de las herramientas más usadas para la planificación y uso de las especies vegetales en las coberturas boscosas corresponde al estudio etnobotánico, el cual integra el conocimiento tradicional de los recursos vegetales por parte del hombre y comunidades locales. Esta metodología permite evaluar la importancia del uso de los recursos leñosos, para las comunidades, además ayuda a entender los patrones de uso del bosque y las áreas de mayor presión, asociados con las especies de interés (Ahoyo *et al.* 2018).

El presente estudio tiene como objetivo valorar servicios ecosistémicos en dos coberturas vegetales presentes en territorio de una comunidad indígena Wayúu, asentada en la zona de traslape del Parque Natural Nacional (PNN) de Macuira, mediante la caracterización de la composición florística, estimación del almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y, la identificación del valor de uso de las especies arbóreas de parte de la comunidad, como insumo de planificación para la gestión sostenible de los recursos naturales.

MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se desarrolló en la zona de traslape del PNN de Macuira, ubicado en las estribaciones de la Serranía de la Macuira, en el costado occidental del Parque, municipio de Uribia, departamento de La Guajira. En el territorio que comparten con la comunidad indígena Wayúu Jalein sobre las coordenadas geográficas 12° 08' N y 71° 23' O (figura 1). La zona de traslape está clasificada como BsT, con una elevación de 137 m s.n.m. temperatura media de 28 °C, temperatura máxima de 30,40 °C y mínima de 25,70 °C, humedad relativa promedio de 76,4 %, precipitación media anual de 362,40 mm, velocidad del viento entre 3,40 y 9,50 m s⁻¹ y radiación solar por encima de los 799,50 W m⁻² al medio día (estación meteorológica ubicada en la comunidad indígena y monitoreada por el equipo técnico de PNN).

Con el acompañamiento de miembros de la comunidad y el equipo técnico de PNN de Macuira, se realizó de manera previa un recorrido de reconocimiento en campo de las coberturas vegetales presentes. Se identificaron dos

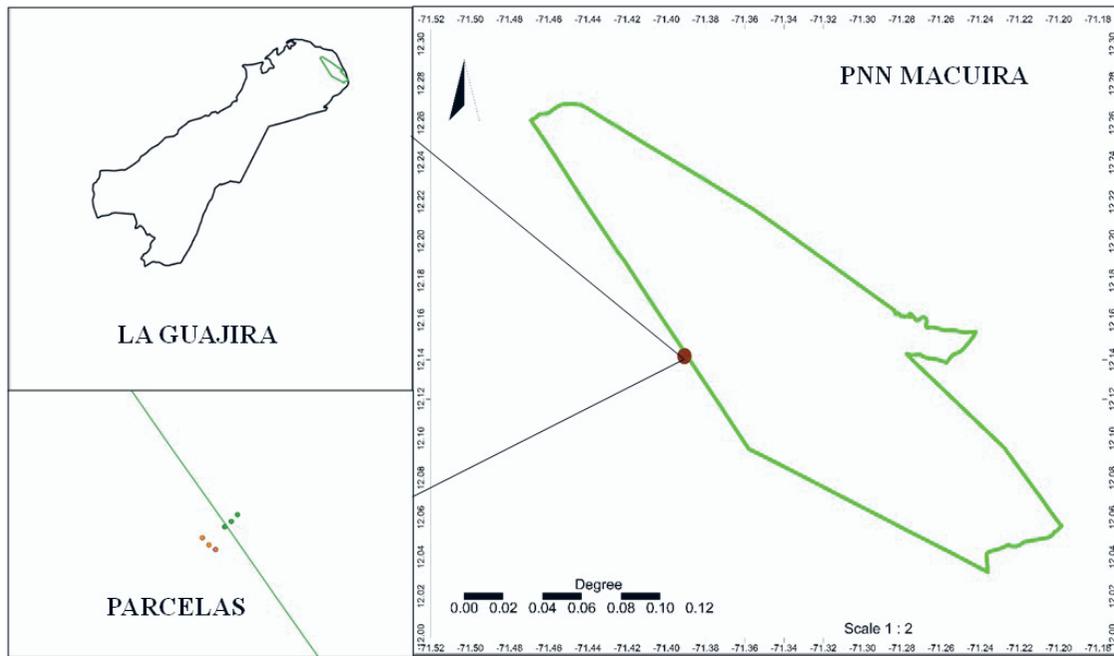


Figura 1. Ubicación de la comunidad indígena Wayuu, Alta Guajira. Colombia. Puntos de color naranja: parcelas Arbustal Abierto (AA); puntos de color verde: parcelas Arbustal Denso (AD). Elaboración propia.

Location of the Wayuu indigenous community, Alta Guajira. Colombia. Orange dots: Open Shrubland (OS) plots; green dots: Dense Shrubland (DS) plots. Own elaboration.

tipos de cobertura natural: arbustal abierto (AA) y arbustal denso (AD).

Diseño de muestreo. En cada una de las coberturas identificadas, se seleccionaron tres puntos de muestreo, separados mínimo 50 m entre sí a lo largo del paisaje. Se establecieron parcelas circulares con un área de 1.000 m² (radio de 17,84 m) para un total de 3.000 m² muestreados por tipo de cobertura vegetal. El número de puntos de muestreo o parcelas fue acordado con la autoridad tradicional de la comunidad indígena donde se realizó la evaluación, por lo tanto, el área fue definida teniendo en cuenta el conocimiento tradicional etnobotánico y del territorio de sus habitantes, considerándose estas áreas representativas de los ecosistemas y paisajes de la Serranía de La Macuira.

Composición y estructura florística. Se midió el diámetro a la altura del pecho (Dap) con cinta diamétrica Forestry Engineering (Long. 10 ms, Germany) y se registró la altura total (m) con hipsómetro Haglöf Vertex 1,6 (Haglöf, Langsele, Suecia). Se realizó el inventario para todos los individuos con Dap ≥ 5,0 cm presentes en cada una de las coberturas. Los individuos fueron identificados taxonómicamente con el uso de la herramienta libre World Flora Online.

En las coberturas vegetales AA y AD, se determinó la estructura horizontal como indicador del peso ecológico de las especies en el ecosistema, mediante el índice de valor de importancia (IVI). Este índice se estimó de

acuerdo con lo descrito en la ecuación [1], y relaciona la abundancia relativa (número de individuos por especie, respecto al total), dominancia relativa (área basal de la especie respecto al área basal total en los puntos de muestreo) y frecuencia relativa (número de parcelas temporales en las cuales se encontró la especie). El valor máximo de IVI correspondió a 300 % y las especies con valores superiores a 10 % se consideraron ecológicamente importantes (Ahoyo *et al.* 2018).

$$IVI = Ab + Dm + Fr \quad [1]$$

Donde, IVI: índice de valor de importancia; Ab: abundancia relativa; Dm: dominancia relativa; Fr: frecuencia relativa.

Diversidad florística. Se construyeron curvas de acumulación de especies basadas en individuos, a través de las cuales se estimó el número de especies esperado, identificó diferencias en la riqueza de especies entre las coberturas y verificó la suficiencia del esfuerzo de muestreo. Dado que, en este tipo de inventario, el número de especies registradas por parcela varió, se empleó el proceso de escalamiento, interpolación y extrapolación de datos, mediante el cual las curvas se llevaron al número máximo de individuos encontrados en una parcela. Adicionalmente, se elaboraron curvas de rango abundancia que permitieron analizar la distribución de las especies en los tipos de coberturas,

además se identificaron las especies abundantes, escasas o raras, e infirió sobre la equitatividad o dominancia en el ecosistema (Magurran 2004).

Se emplearon los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y Simpson (D') para estimar la diversidad biológica, los cuales son medidas basadas en la abundancia relativa. El índice H' se calculó a través de la ecuación [2] y midió la heterogeneidad de la comunidad biológica, en su definición el valor máximo se considera indicador de una situación en la cual todas las especies son asimismo abundantes, generalmente los valores de (H') varían entre 1,5 y 3,5 raramente sobrepasan los 4,5 (Magurran 2004). El índice D' fue estimado con la ecuación [3], es una medida de la dominancia, que se enfatiza en las especies más comunes, en definición se refiere a la probabilidad de que dos individuos de una comunidad biológica, tomados al azar, pertenezcan a la misma especie y los valores cercanos a 1,0 indican dominancia de pocas especies (Magurran 2004).

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad [2]$$

$$D' = \sum p_i^2 \quad [3]$$

Donde, p_i : número de individuos de la i -ésima especie dividido entre el número de individuos de la muestra

Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea. La estimación del almacenamiento de carbono en la biomasa aérea (siglas en inglés AGB), se realizó de acuerdo con recomendaciones del IPCC (2006) mediante el uso de ecuaciones alométricas desarrolladas específicamente para el país de origen del estudio, mejorando la precisión de los resultados. En este sentido, se implementó la ecuación alométrica [4], propuesta por Álvarez *et al.* (2012) para condiciones de BsT en Colombia. Dado que la ecuación requiere información de densidad específica de la madera (ρ), se utilizó información secundaria de acuerdo con la recomendación realizada para estos casos por el IPCC (2006). El carbono en la biomasa aérea (siglas en inglés AGC) se estimó mediante la ecuación [5], en la cual se multiplicó el AGB por una fracción de carbono de 0,47 según directrices del IPCC. Finalmente, la cantidad de carbono se extrapola a unidad de hectárea ($t C ha^{-1}$).

$$AGB = \exp(-2,217 + 2,081 \ln(Dap) + 0,587 \ln(H) + \ln 1,092(\rho)) \quad [4]$$

$$AGC = AGB \times 0,47 \quad [5]$$

Donde, AGB: biomasa aérea; Dap: diámetro a la altura del pecho (cm); H: altura (m) ρ : densidad de madera ($g cm^{-3}$); AGC: carbono en biomasa aérea

El carbono promedio almacenado por hectárea en cada cobertura arbórea se empleó para estimar las potenciales emisiones por la transformación de las coberturas

(deforestación). De acuerdo con Sione *et al.* (2021), se plantearon dos escenarios para el período 2021-2030: en el primero se consideró que la deforestación se mantiene a una tasa anual de 0,94 %, valor reportado para La Guajira por Galindo *et al.* (2014), lo cual, generaría la reducción en el almacenamiento de carbono y aumento de las emisiones (ecuación [6]). En el segundo escenario se propuso evitar la deforestación y asumir que el carbono es conservado en la biomasa aérea. Al respecto, el análisis no incluyó los incrementos anuales de biomasa y las emisiones por degradación forestal, es decir, solo estimó las emisiones por deforestación.

$$C_{i+1} = C_i \times [(100 - D)/100] \quad [6]$$

Donde, C_{i+1} : carbono almacenado en el año $i + 1$ ($t ha^{-1}$); C_i : carbono almacenado en el año i ($t ha^{-1}$); D: tasa anual de deforestación (%)

La reducción anual del almacenamiento de carbono por efecto de la deforestación se estimó como la diferencia entre C_{i+1} y C_i . Los valores de carbono se convirtieron en CO_2 equivalente (CO_2 -eq) multiplicando por el factor 3,67 es decir, la relación entre la masa molar de CO_2 y C (IPCC 2006). A partir de esta información se realizó la proyección de las emisiones de CO_2 por hectárea asociadas a la deforestación para el período 2021-2030 en cada cobertura de estudio. Cabe anotar, que la estimación se realizó bajo el supuesto de que el total de la biomasa deforestada es transformada en CO_2 por combustión y descomposición.

Uso etnobotánico cuantitativo de plantas útiles. Para el levantamiento de la información del uso de las plantas útiles, se aplicó una encuesta semi estructurada a conocedores (informantes) de la comunidad indígena y técnicos del PNN de Macuira. A las especies inventariadas en la caracterización florística, se les asignó un valor de uso, determinado por el número de usos que mencionaron los conocedores. El valor final de uso de una especie fue definido por el total de usos diferentes (categorías de uso) reportados (Marín *et al.* 2005).

Se definieron 17 categorías de uso, de acuerdo con la adaptación propuesta por Marín *et al.* (2005). Las categorías fueron: alimento, artesanal, aserrío, colorante, combustible, construcción, cultural, forraje, frutos para alimentación animal, fertilización suelo, medicina, polinización, postes, sombras, ornamental, psicotrópico, tóxico. Finalmente, para cada especie se consultaron los usos dados a las siguientes partes: aceite, corteza, exudado, fibra, flor, fruto, hoja, látex, madera, raíz, resina, semilla, tallo o toda la planta.

Análisis de datos. Las curvas de acumulación, curvas de rango-abundancia e indicadores de biodiversidad (índice de H' y D'), se realizaron en el software libre Qeco. Se

aplicó una prueba t para muestras independientes de los indicadores de biodiversidad y el SE almacenamiento de carbono. Para el análisis de la información etnobotánica se empleó el análisis de componentes principales (ACP). El análisis estadístico se desarrolló en el software InfoStat versión 2018.

RESULTADOS

Composición y estructura florística. Se reportaron un total de 20 especies leñosas, pertenecientes a 12 familias. De los especímenes, se identificaron 19 a nivel de especie y uno a nivel de género. Las familias con mayor representación de individuos fueron Fabaceae/Faboideae, Fa-

baceae/Mimosoideae, Fabaceae/Caesalpinioideae y Cactaceae, con el 25 %, 15 %, 10 % y 10 % respectivamente. Los valores promedio para la densidad fueron, en la AD $426,67 \pm 5,77$ individuos ha^{-1} , con un Dap de $20,70 \pm 1,23$ cm y altura total de $6,30 \pm 0,13$ m, no obstante, el 48 % de los árboles presentó valores por encima de la media. La AA presentó una densidad de $290,00 \pm 65,57$ individuos ha^{-1} , Dap de $18,6 \pm 2,20$ cm y altura total de $4,90 \pm 0,40$ m, con valores por encima de la media en el 39 % de los árboles registrados.

De acuerdo con la importancia ecológica estimada para cada una de las coberturas vegetales (cuadro 1), en la AA, las especies con mayor IVI fueron: *Prosopis juliflora* (Sw.) DC con 157,30 %, *Randia obcordata* S.Watson con 36,20 %,

Cuadro 1. Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies encontradas en las dos coberturas de estudio. Los valores de Abundancia relativa (Ab), Frecuencia relativa (Fr) y Dominancia relativa (Dm), se expresan en porcentaje. Elaboración propia.

Importance value index (IVI) of the species found in the two study coverages. The values of relative abundance (Ab), relative frequency (Fr) and relative dominance (Dm), are expressed as a percentage. Own elaboration..

Especie	Familia	Arbustal Denso (AD)				Arbustal Abierto (AA)			
		Ab	Fr	Dm	IVI	Ab	Fr	Dm	IVI
<i>Mimosa</i> sp.	Fabaceae/Mimosaceae	3,13	2,56	0,09	5,78	-	-	-	-
<i>Myrospermum frutescens</i> Jacq.	Fabaceae/ Faboideae	2,34	5,13	0,29	7,76	-	-	-	-
<i>Haematoxylum brasiletto</i> H.Karst	Fabaceae/ Caesalpinioideae	1,56	5,13	0,06	6,76	-	-	-	-
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	Burseraceae	3,91	7,69	2,84	14,44	1,15	6,25	0,18	7,58
<i>Stenocereus griseus</i> (Haw.) Buxb.	Cactaceae	2,34	7,69	0,15	10,19	3,45	6,25	0,30	10,00
<i>Malpighia glabra</i> L.	Malpighiaceae	0,78	2,56	0,01	3,36	1,15	6,25	0,02	7,42
<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.	Fabaceae/ Faboideae	1,56	5,13	0,04	6,74	-	-	-	-
<i>Eritrina velutina</i> Willd.	Fabaceae/ Faboideae	0,78	2,56	0,08	3,43	-	-	-	-
<i>Randia obcordata</i> S. Watson.	Rubiaceae	3,13	7,69	0,07	10,89	13,79	18,75	3,65	36,20
<i>Pereskia guamacho</i> F.A.C. Weber.	Cactaceae	21,88	7,69	13,88	43,45	14,94	12,50	7,81	35,25
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	4,69	5,13	0,84	10,65	2,30	6,25	0,35	8,90
<i>Casearia tremula</i> (Griseb.) Griseb. ex C. Wright	Salicaceae	3,91	5,13	0,16	9,19	8,05	12,50	0,67	21,22
<i>Ruprechtia ramiflora</i> (Jacq.) C.A. Mey.	Polygonaceae	7,81	7,69	3,75	19,25	-	-	-	-
<i>Machaerium arboreum</i> (Jacq.) Vogel	Fabaceae/ Faboideae	1,56	2,56	0,02	4,14	-	-	-	-
<i>Deguelia picta</i> (Pittier) RACamargo & AMGazevedo	Fabaceae/ Faboideae	0,78	5,56	0,01	3,35	-	-	-	-
<i>Cynophalla linearis</i> (Jacq.) J. Presl.	Capparaceae	3,91	7,69	0,29	11,89	-	-	-	-
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth	Fabaceae/Mimosaceae	1,56	2,56	0,06	4,19	-	-	-	-
<i>Handroanthus billbergii</i> (Bureau & K. Schum.) S.O. Grose.	Bignoniaceae	32,03	7,69	77,09	116,81	-	-	-	-
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Fabaceae/Mimosaceae	2,34	5,13	0,26	7,73	51,72	18,75	86,82	157,30
<i>Senna atomaria</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby.	Fabaceae/ Caesalpinioideae					3,45	12,50	0,19	16,14
Total		100	100	100	300	100	100	100	300

Pereskia guamacho FAC Weber con 35,25 %, *Casearia tremula* Griseb. ex Wright y *Senna atomaria* (L.) H.S. Irwin & Barneby con 21,22 % y 16,14 %, respectivamente. Mientras, para AD se registraron ocho especies con IVI > 10 %, estas especies correspondieron a: *Handroanthus billbergii* (Bureau & K.Schum.) SOGrose y *P. guamacho* con 116,81 % y 43,45 %, seguido de *Ruprechtia ramiflora* (Jacq.) C.A.Mey y *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch. con 19,25 % y 14,44 %. Finalmente, *Cynophalla linearis* (Jacq.) J.Presl. con 11,89 %, *R. obcordata* con 10,89 %, *Astronium graveolens* Jacq. y *Stenocereus griseus* (Haw.) Buxb. con 10,65 % y 10,19 % respectivamente.

Diversidad florística. El análisis estadístico para los índices de H' ($P = 0,2183$) y D' ($P = 0,2940$), no arrojó diferencias significativas en las coberturas evaluadas. En AA los índices de H' y D' tuvieron valores medios de 1,26 y 0,55 correspondientemente; y AD presentó un H' de 2,04 y D' de 0,80. No obstante, las curvas de acumulación de especies sugieren diferencias en términos de riqueza entre las coberturas evaluadas, esto se evidenció al no traslaparse los intervalos de confianza (figura 2). Además, se observó un comportamiento asintótico en las curvas de acumulación, lo que indicó que incrementar los individuos no contribuiría a aumentar el número de especies. Es decir, que el nivel y área de muestreo son apropiados para las coberturas evaluadas.

En las curvas rango abundancia se logró observar un patrón dominante de pocas especies. Este comportamiento es marcado en AA ya que, de las nueve especies encontradas, el 51,70 % de los individuos registrados fue *P. juliflora*, seguido por *P. guamacho* y *R. obcordata* con 14,90 % y 13,80 % respectivamente (figura 3). La curva muestra una mejor distribución en AD, sin embargo, de las 19 especies reportadas, *H. billbergii* concentró el 32,0 % de los individuos, seguido de *P. guamacho* y *R. ramiflora* con 21,90 % y 7,80 % (figura 3).

Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea. Las coberturas vegetales evaluadas mostraron diferencias estadísticas significativas ($P = 0,0120$) en el almacenamiento de carbono. La AD almacenó 30,75 t C ha⁻¹, y la AA presentó el menor valor con 12,44 t C ha⁻¹. Para el escenario en el que la deforestación se mantiene a una tasa anual de 0,94 %, se estimó una disminución del 8,15 % en las reservas de carbono en el periodo 2021-2030, lo cual correspondió a emisiones asociadas a deforestación de 3,72 t CO₂-eq ha⁻¹ en el AA y 9,20 t CO₂-eq ha⁻¹ para el AD. En relación con el escenario en el que se conservan las coberturas arbóreas, la remoción por hectárea en el AD y AA fue de 112,86 t CO₂-eq y 45,66 t CO₂-eq respectivamente, es decir, se asume que el carbono en la biomasa se mantuvo en el tiempo y evitan las emisiones a la atmósfera como producto de la deforestación.

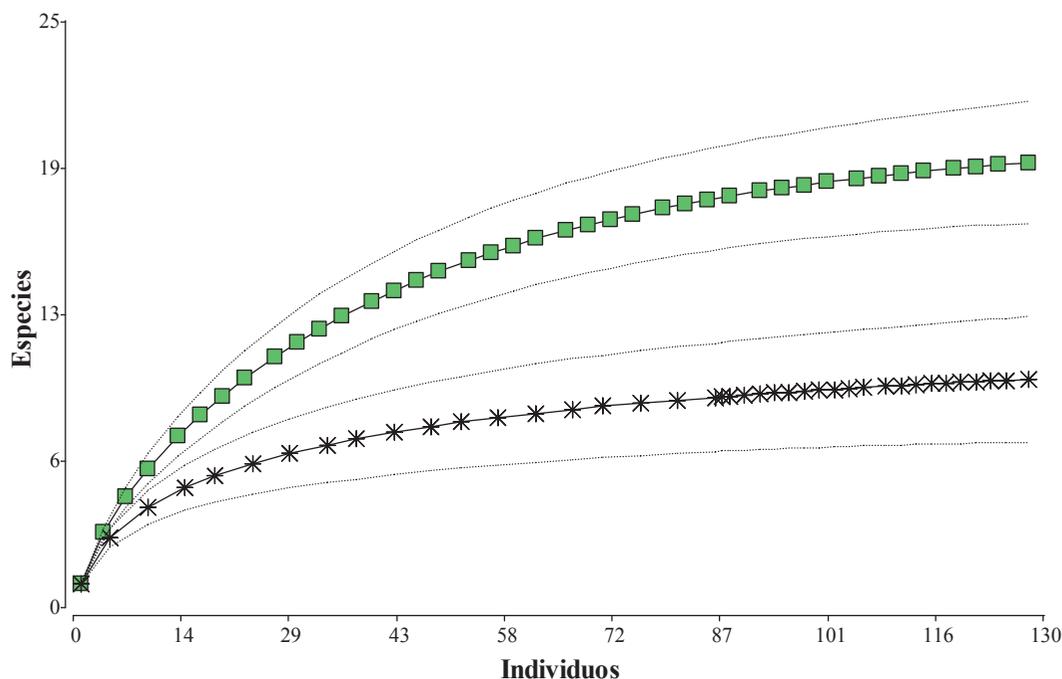


Figura 2. Curvas de acumulación de especies basada en individuos para las coberturas vegetales. Cuadrados de color verde: Arbustal Denso (AD); Asteriscos: Arbustal Abierto (AA). Las líneas punteadas representan los intervalos de confianza al 95 % para cada cobertura. Elaboración propia.

Species accumulation curves based on individuals for vegetation covers. Green squares: Dense Shrubland (DS); Asterisks: Open Shrubland (OS). The dotted lines represent the 95 % confidence intervals for each coverage. Own elaboration.

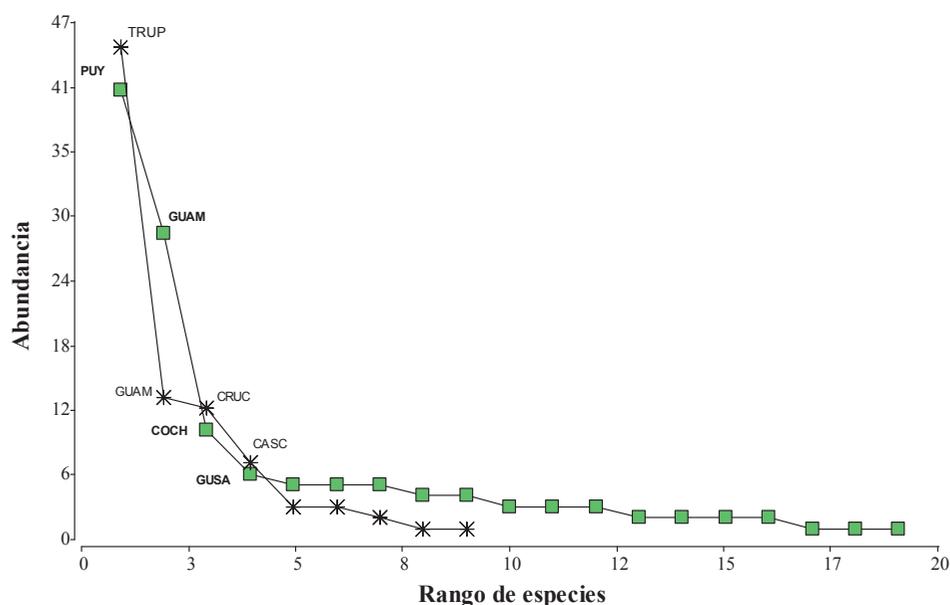


Figura 3. Curvas rango abundancia de especies para las coberturas vegetales. Cuadrados de color verde: Arbustal Denso (AD). Asteriscos: Arbustal Abierto (AA). En la curva se indican las cuatro especies de mayor abundancia para cada cobertura; PUY: *H. billbergii*; GUAM: *P. guamacho*; TRUP: *P. juliflora*; CRUC: *R. obcordata*; COCH: *R. ramiflora*. Elaboración propia.

Species abundance range curves for plant cover. Green squares: Dense Shrubland (DS). Asterisk: Open Shrubland (OS). The four most abundant species for each cover are indicated on the curve; PUY: *H. billbergii*; GUAM: *P. guamacho*; TRUP: *P. juliflora*; CRUC: *R. obcordata*; COCH: *R. ramiflora*. Own elaboration.

Uso etnobotánico cuantitativo de plantas útiles. Se identificaron 17 especies con usos útiles, representadas en diez familias botánicas. Las especies con mayor número de usos fueron *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Willd y *C. alba* con 10 usos, seguido de *H. brasiletto*, *P. guamacho* y *P. juliflora* con ocho usos, *C. linearis*, *Guazuma ulmifolia* Lam. y *H. billbergii* con siete usos. Por su parte, *M. frutescens*, *A. graveolens*, *D. carthagenensis*, *R. ramiflora* y *S. griseus* presentaron tres usos y las especies con menor valor de uso fueron *C. tremula* y *R. obcordata* con dos y un uso respectivamente. La categoría forraje fue muy relevante para la comunidad, se mencionaron 16 especies con este uso (94,1 %), además se resaltó el valor medicinal y etnoveterinario de las leñosas, representado en 13 especies de las consultadas. Las categorías culturales y sombra fueron representadas por ocho especies, y las categorías artesanales y colorantes contaron con tres y dos especies.

En relación con la parte usada de la planta, en todas las especies mencionadas (100 %) por los entrevistados se utilizó la hoja, lo cual está asociado al uso forrajero y medicinal. En el 82 % de las especies se emplearon los frutos, generalmente como fuente de alimento para el ganado y medicina. Además, se resaltó el aprovechamiento de la corteza (41 %) y la flor (18 %), relacionado con el uso medicinal.

En el ACP, los dos primeros ejes explicaron el 49,2 % de la variación, el Componente Principal 1 (CP1), separó las especies que presentaron un mayor número de usos, de

las reportadas con pocos usos, el Componente Principal 2 (CP2) dividió las especies en las que se aprovecharon las hojas y tallos, de las que emplearon los frutos como principal parte usada (figura 4).

Las especies *C. coriaria* y *C. alba* no se asociaron a categorías específicas, debido a que cada una mostró un valor alto de uso (diez), también se observó una fuerte relación de *P. juliflora* con la mayoría de los usos. Las especies *D. carthagenensis*, *R. ramiflora*, *C. tremula*, *R. obcordata* y *S. griseus* (CP1) recibieron los pesos negativos más altos, ya que presentaron el menor número de usos (entre uno y tres), respecto al conjunto de las especies mencionadas por los conocedores.

DISCUSIÓN

La alta presencia de las leguminosas (Fabaceae) coincide con diferentes estudios para las tierras bajas del Neotrópico, incluyendo el BsT (Gentry 1995, García *et al.* 2021), además coincide con las características florísticas de los remanentes de BsT de la región Caribe descritas por Ulloa-Delgado (2016), que resalta una vegetación leñosa dominada por leguminosas caducifolias, dentro de las que se encuentran las subfamilias Mimosoideae y Caesalpi-noideae, el aporte en biomasa, por el follaje persistente de especies de olivo (*Capparis* spp.) y la importancia de Cactaceae como *S. griseus*, *Pilosocereus lanuginosus* (L.) Byles & G.D. Rowley, *Subpilocereus* spp., *Acantho-*

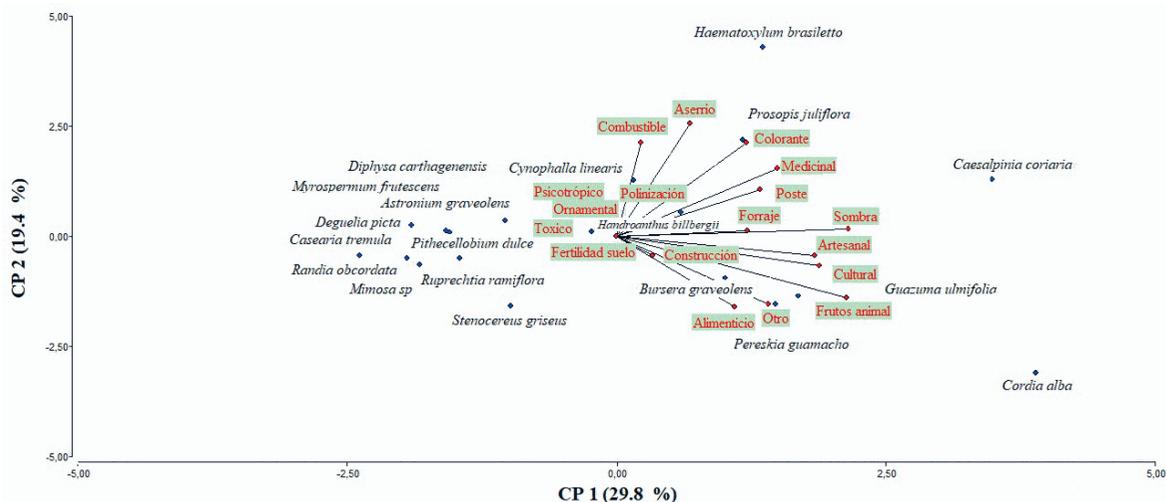


Figura 4. Análisis de componentes principales para las variables uso y especie leñosa en una comunidad indígena Wayuu, La Guajira. Elaboración propia.

Principal component analysis for the variables use and woody species in the Wayuu indigenous community, La Guajira. Own elaboration.

reus tetragonus (L.) Hummelinck, y la cactácea arbórea *P. guamacho*.

Estudios en caracterización florística en el departamento de La Guajira presentan resultados similares a nuestra investigación, respecto a familias y especies. Arteta y Lázaro (2014) en un muestreo realizado en 98 resguardos indígenas Wayúu ubicados en la Media y Alta Guajira hallaron un total de 129 individuos, pertenecientes a 37 especies, 38 géneros y 28 familias; de manera similar, la familia Fabaceae (Mimosoideae) cuenta con la mayor abundancia. Mientras, Jaimes (2020) en nueve fragmentos de BsT distribuidos en Colombia, ratifica la importancia de Fabaceas en estos ecosistemas, representación que se acentúa en la Región Caribe donde esta familia domina a nivel de individuos y especies en las tres zonas de muestreo (Uribia, Santa Marta y Nepomuceno), este mismo estudio también reporta 30 especies en el área de Uribia, valor que guarda semejanza con el obtenido en la investigación. La presencia de la familia Fabaceae puede ser un indicador de bosques secundarios en regeneración, dado su capacidad de colonización, facilidad de propagación, mayores tasas de crecimiento y fijación de nitrógeno, lo cual permite que domine las etapas de sucesión en BsT (Marulanda *et al.* 2003).

Pinilla y Zuluaga (2014) destacan en el Parque Eólico Jepirachi (municipio de Uribia, Alta Guajira), una estructura arbórea representada por abundancias moderadas y portes reducidos, con dominancia de *P. juliflora*, especie que ostenta el mayor número de individuos e IVI en la AA de este estudio. Cuadrado *et al.* (2020) para la zona de influencia de PNN de Macuira, registraron 53 individuos pertenecientes a siete especies, de los cuales el 85 %, corresponde a la especie *P. juliflora*, seguido de *P. guamacho* con tres individuos, *Coccoloba* sp., *Zuelania guidonia*

(Sw.) Britton & Millsp., *P. dulce*, *H. brassiletto* y *Randia* sp. con un individuo respectivamente, composición florística similar a la reportada en el AA en este estudio. Es de gran importancia resaltar que la AA está localizada en el área más cercana a las viviendas de la comunidad. La dominancia de *P. juliflora* puede estar asociada a su capacidad competitiva es una leguminosa que produce frutos de alto consumo por el ganado, lo cual favorece la dispersión de las semillas a través de las heces y contribuye con la regeneración natural, además de múltiples usos asignados por las comunidades que favorecen su persistencia.

Las diferencias mostradas en el número de especies, a favor de AD, pueden deberse a que el área está incluida dentro de las zonas de mitigación y contención del parque natural, estas buscan reducir y/o corregir la expansión de las fronteras de uso y ocupación hacia las zonas de protección, lo cual permite regular la intervención de la comunidad y el aprovechamiento de los recursos arbóreos.

El índice de H' mostró mayor diversidad arbórea en la AD respecto a la AA, un H' por encima de 1,5 equivale a mediana diversidad biológica, no obstante, en las dos coberturas los valores de D' son cercanos a "1", lo cual evidencia alta dominancia de pocas especies, ya que en este estimador ejercen mayor peso las especies abundantes (Magurran 2004). Los valores obtenidos en los índices de biodiversidad pueden asociarse a que el BsT está dominado por pocas familias, destacándose a nivel ecológico un estrato arbóreo, áreas basales e índices de biodiversidad bajos, comparado con el bosque húmedo y muy húmedo tropical (Gentry 1995). Los índices de biodiversidad, en conjunto con los resultados de IVI y curvas rango abundancia, reflejan procesos de simplificación del ecosistema, especialmente marcados en la AA, lo cual es comparable

con el estudio de García *et al.* (2021) en la reserva Miramar, ubicada en el municipio de Dibulla (La Guajira), donde predominan las formaciones vegetales homogéneas, caracterizadas por cambios en las coberturas, dinámicas naturales y procesos de fragmentación del paisaje, asociadas a una mediana diversidad florística según el índice de H' y D' con valores de 3,09 y 0,10 respectivamente.

Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea. El AGC de las coberturas fue menor al reportado para BsT natural (48,10 t C ha⁻¹) de Colombia (Phillips *et al.* 2011). No obstante, el carbono removido en la AD (CO₂-eq), es superior al reportado por Zuluga-Zuluaga y Castro-Escobar (2018) para BsT en el Carmen de Bolívar, quienes estimaron aproximadamente 57,20 t CO₂-eq ha⁻¹.

La relación entre la biodiversidad y el almacenamiento de carbono en los bosques tropicales es compleja. Sin embargo, bajo las condiciones tropicales, los resultados obtenidos a nivel de caracterización de la vegetación arbórea y el AGC de las coberturas evaluadas, se convierten en referentes por la importancia cultural y ambiental del área de estudio. Al respecto, se ha comprobado que los atributos taxonómicos derivados de la riqueza y diversidad arbórea tienen un efecto positivo sobre el almacenamiento de carbono en la biomasa a escalas espaciales pequeñas, de tal forma que una especie adicional puede significar un incremento en las reservas de carbono (Poorter *et al.* 2015).

Uso etnobotánico cuantitativo de plantas útiles. Nuestro estudio evidencia el uso frecuente de las especies arbóreas como fuente de recursos forrajeros para la alimentación del ganado ovino y caprino en las comunidades Wayúu. De acuerdo con Lombo *et al.* (2021) en el municipio de Uribia, La Guajira identificaron que las especies *P. juliflora*, *Tabebuia chrysantha* y *P. dulce* presentan potencial para la producción de forraje, al igual que características bromatológico-deseables. También Roncallo y Abadía (1997) resaltan el potencial de las especies arbóreas para sustentar la ganadería en el territorio de La Guajira, dado sus características de rusticidad y adaptación de las especies arbóreas a las condiciones de aridez y baja disponibilidad de recursos del suelo en la región.

En tanto, Rosado y Moreno (2010) identificaron, en la alta Guajira, mediante el uso de entrevistas en comunidades Wayúu, 155 plantas para el tratamiento de 175 enfermedades distintas, entre las que se destacan *P. juliflora* y *C. coriaria*, ya que cada una de sus partes es usada. Es así como *P. juliflora* es utilizada en las comunidades para tratar enfermedades como conjuntivitis, diabetes, debilidad corporal, dolor de cabeza, dolor de muelas, dolor muscular, dolor postparto, fiebre, fracturas, parásitos, placenta retenida, resfriados, reumatismo y tosferina. Por otra parte, con *C. coriaria* sobresale el empleo para aliviar la amibiasis, amigdalitis, diarrea, dolor de estómago, dolor de garganta, hemorroides, heridas, infecciones dérmicas, quemaduras y úlcera estomacales.

Asociado con el valor medicinal que tienen las especies para la etnia Wayúu, cobra importancia el uso etnoverterinario, sobre ello, Rojas-Morales *et al.* (2021) comprobaron la eficiencia de *C. coriaria* para el control de huevos y larvas del nematodo gastrointestinal *Haemonchus contortus Rudolphi*, el cual es un parásito que causa pérdidas económicas en los ovinos y caprinos.

El número de usos presentados por *P. juliflora*, evidencia el aprovechamiento del árbol por la comunidad y sustenta en parte la abundancia de la especie en el área de estudio. Sobre esta referencia, Cuadrado *et al.* (2020) indican que las comunidades Wayúu localizadas en las estratificaciones del PNN de Macuira reconocen los usos y beneficios de *P. juliflora*; tales como, el empleo de los frutos para la alimentación del ganado y como tratamiento para la diabetes, con la corteza envuelven las áreas fracturadas y su infusión es utilizada para extraer la placenta de la mujer, cabras y ovejas después del parto.

CONCLUSIONES

Las coberturas arbustal abierta y arbustal denso presentan diferencias en relación con las especies leñosas encontradas. En el estudio, solo ocho especies fueron halladas en ambas coberturas, lo cual sugiere que el arbustal denso cuenta con una mayor diversidad de leñosas que es importante conservar, dado a la importancia ecológica y etnobotánica de estas especies.

En términos de capacidad de almacenamiento de carbono, el arbustal denso almacena en la biomasa aérea más del doble de carbono que el arbustal abierto, debido a la mayor densidad de árboles por hectárea. Sin embargo, en ambos casos la importancia ambiental radica en la contribución de las coberturas en las estrategias de remoción de GEI. Las proyecciones del almacenamiento de carbono en condiciones de deforestación evitada mejoran el potencial de almacenamiento y conservación de la diversidad de flora, lo cual en el mediano plazo puede traducirse en estímulos monetarios para la comunidad por la conservación de esta vegetación.

Las arbóreas tienen usos importantes asociados con servicios de aprovisionamiento, tales como alimentación (forraje y frutos) para ovinos y caprinos y uso medicinal, además se destaca el carácter multipropósito de las especies dominantes en las coberturas vegetales, asignado por la cosmovisión del pueblo Wayúu.

Finalmente, la información sobre el potencial de uso de las especies arbóreas, indicadores de biodiversidad y ambientales como almacenamiento de carbono suponen herramientas para la planificación y uso de las especies vegetales en las coberturas boscosas en el área de traslape del PNN de Macuira con las comunidades Wayúu.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

ACL contribuyó con el diseño del estudio, captura de información en campo, análisis de datos, revisión de lite-

ratura y escritura del manuscrito. DLO contribuyó con el diseño del estudio, análisis de datos, revisión de literatura y escritura del manuscrito. CVRB contribuyó con la formulación del proyecto de origen, captura de información en campo y escritura del manuscrito.

FINANCIAMIENTO

Esta investigación forma parte de los resultados del Convenio Específico N.º 003 de 2020, apoyado por el Programa Áreas Protegidas y Diversidad Biológica financiado con recursos de la Cooperación Alemana a través del KfW; celebrado entre Patrimonio Natural Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas, Parques Nacionales Naturales de Colombia-Dirección Territorial Caribe y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, para desarrollar el proyecto “Estrategia de uso y manejo sostenible de la biodiversidad en la comunidad indígena wayúu Jalein, zona de influencia del Parque Nacional Natural de Macuira, La Guajira”.

AGRADECIMIENTOS

Investigación realizada en el marco del proyecto “Estrategia de uso y manejo sostenible de la biodiversidad en la comunidad indígena wayuu Jalein, zona de influencia del PNN de Macuira, La Guajira” financiado por AGROSAVIA, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, La Cooperación Alemana -KfW, Patrimonio Natural Fondo para la Biodiversidad y Parques Nacionales Naturales de Colombia. Se expresa gratitud al equipo técnico y administrativo de Parque Nacional Natural de Macuira por el apoyo y acompañamiento en el trabajo de campo, a la autoridad tradicional y miembros de la comunidad indígena Wayúu Jalein por autorizar el desarrollo de la investigación, pero ante todo por la acogida brindada durante este proceso.

REFERENCIAS

Ahoyo CC, TD Houehanou, AS Yaoitcha, K Prinz, AE Assogbadjo, CSG Adjahossou, F Hellwig, MRB Houinato. 2018. A quantitative ethnobotanical approach toward biodiversity conservation of useful woody species in Wari-Maró forest reserve (Benin, West Africa). *Environment, Development and Sustainability* 20(5): 2301–2320. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-017-9990-0>

Álvarez E, A Duque, J Saldarriaga, K Cabrera, G De las Salas, I Del Valle, A Lema, F Moreno, S Orrego, L Rodríguez. 2012. Tree above-ground biomass allometries for carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Management* 267: 297–308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.12.013>

Arteta R, L Lazaro. 2014. Diagnóstico socioambiental del bosque seco subtropical de la cuenca del río Ranchería, La Guajira, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos de Histo-*

ria Natural 20 (2): 57-81. DOI: <https://doi.org/10.17151/bccm.2016.20.2.5>

Becknell JM, L Kissing-Kucek, JS Powers. 2012. Aboveground biomass in mature and secondary seasonally dry tropical forests: A literature review and global synthesis. *Forest Ecology and Management* 276: 88–95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.03.033>

Cárdenas-Camacho L, S Díaz, W Gómez-Anaya, J Rojas-Rojas, R López-Camacho. 2021. Análisis participativo de servicios ecosistémicos en un área protegida del bosque seco tropical (bs-T), Colombia. *Colombia Forestal* 24(1): 123-156. DOI: <https://doi.org/10.14483/2256201x.16548>

Cuadrado B, R Iguarán, O Añez, O González, P González, O Sijuana, L Perozo, L Rodríguez, N González, H González. 2020. Informe técnico de apoyo al Convenio específico No. 003 de 2020 suscrito entre AGROSAVIA- Parques Nacionales Naturales de Colombia y Fondo de Patrimonio Natural en el marco de la actividad de Inventario forestal. Equipo local del Parque Nacional Natural de Macuira. Riohacha, Colombia. 9 p.

Galindo G, OJ Espejo, JP Ramírez, C Forero, CA Valbuena, JC Rubiano, RH Lozano, KM Vargas, A Palacios, S Palacios, CA Franco, EI Granados, LK Vergara, E Cabrera. 2014. Memoria técnica de la Cuantificación de la superficie de bosque natural y deforestación a nivel nacional. Actualización Periodo 2012– 2013. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Bogotá, Colombia. 56 p.

García-Q H, E Carbonó-De la Hoz, W Barranco-Pérez. 2021. Diversidad beta del bosque seco tropical en el norte del Caribe colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 45(174): 95-108. DOI: <https://doi.org/10.18257/racefyn.1267>

Gentry A. 1995. Diversity and floristic composition of Neotropical dry forests. In Bullock S., H Mooney y E Medina eds. *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge, UK. Cambridge University Press p. 146-194.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. Agriculture, Forestry and Other Land Use. In Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K. eds. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Hayama, Japan. Institute for Global Environmental Strategies. 83 p.

Jaimes A. 2020. Patrones de diversidad, estructura y stock de carbono en los bosques secos de Colombia: contribuciones para la restauración funcional de estos ecosistemas. Tesis Magister Scientiae en Ciencia Forestal. Viçosa, Brasil. Departamento de ingeniería Forestal. Universidad Federal de Viçosa. 94 p.

Lombo DF, JR Zambrano, CV Rúa. 2021. Asignación de biomasa y capacidad rebrote de especies forrajeras para consumo de pequeños rumiantes en La Guajira, Colombia. *Livestock Research for Rural Development* 33(3). Consultado el 18 de abril de 2022. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/349767875_Asignacion_de_biomasa_y_capacidad_rebote_de_especies_forrajeras_para_consumo_de_pequenos_rumiantes_en_La_Guajira_Colombia

Magurran A. 2004. *Measuring biological diversity*. Oxford, UK. Blackwell Publishing. 132 p.

Marín C, D Cárdenas, S Suarez. 2005. Use Value usefulness in ethnobotany. Case study in Putumayo department (Colombia). *Caldasia* 27(1): 89-101. Consultado el

- 22 de marzo de 2022. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0366-52322005000100004&lng=e&nrm=iso&tlng=en
- Marulanda A, M Uribe, A Velásquez, A Montoya, M Idárraga, L López, J López. 2003. Estructura y composición de la vegetación de un fragmento de bosque seco en San Sebastián, Magdalena (Colombia). I. composición de plantas vasculares. *Actualidades Biológicas* 25(78): 17-30. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.329498>
- Phillips JF, AJ Duque, KR Cabrera, AP Yepes, DA Navarrete, MC García, E Álvarez, E Cabrera, D Cárdenas, G Galindo, MF Ordóñez, ML Rodríguez, DM Vargas. 2011. Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales (IDEAM). 71 p.
- Pinilla G, S Zuluaga. 2014. Notas sobre la vegetación desértica del Parque Eólico Jeparachi, Alta Guajira, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 38(146): 43-52. DOI: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.39>
- Pizano C, H García. 2014. El Bosque Seco Tropical en Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). 354 p.
- Poorter L, MT Van Der Sande, J Thompson, EJ Arets, A Alarcón, J Álvarez-Sánchez, N Ascarrunz, P Balvanera, G Barajas-Guzmán, A Boit, F Bongers, FA Carvalho, F Casanoves, G Cornejo-Tenorio, FR Costa, CV De Castilho, JF Duivenvoorden, LP Dutrieux, BJ Enquist, F Fernández-Méndez, B Finegan, LHL Gormley, JR Healey, MR Hoosbeek, G Ibarra-Manríquez, AB Junqueira, C Levis, JC Licona, LS Lisboa, WE Magnusson, M Martínez-Ramos, A Martínez-Yrizar, LG Martorano, LC Maskell, L Mazzei, JA Meave, F Mora, R Muñoz, C Nyctch, MP Pansonato, TW Parr, H Paz, EA Pérez-García, LY Rentería, J Rodríguez-Velázquez, DMA Rozendaal, AR Ruschel, B Sakschewski, B Salgado-Negret, J Schiatti, M Simões, FL Sinclair, PF Souza, FC Souza, J Stropp, H ter Steege, NG Swenson, K Thonicke, M Toledo, M Uriarte, P van der Hout, P Walker, N Zamora, M Peña-Claros. 2015. Diversity enhances carbon storage in tropical forests. *Global Ecology and Biogeography* 24(11): 1314-1328. DOI: <https://doi.org/10.1111/geb.12364>
- Procuraduría General de la Nación. 2016. La Guajira: Pueblo Wayúu, con hambre de dignidad, sed de justicia y otras necesidades insatisfechas. Bogotá, Colombia. 153 p.
- Rojas-Morales D, J Cubides-Cárdenas, AC Montenegro, CA Martínez, R Ortiz-Cuadros, L Rios-De Álvarez. 2021. Anthelmintic effect of four extracts obtained from *Caesalpinia coriaria* foliage against the eggs and larvae of *Haemonchus contortus*. *Revista Brasileira De Parasitologia Veterinária* 30(3): e002521. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1984-29612021057>
- Roncallo B, B Abadía. 1997. Plantas arbóreas, arbustivas y de cobertura consumidas por rumiantes menores en la Guajira colombiana. Boletín de investigación. 80 p.
- Rosado JR, MI Moreno. 2010. Farmacopea guajira: el uso de las plantas medicinales xerofíticas por la etnia wayuu. *Revista CENIC Ciencias Biológicas* 41:1-10. Consultado el 22 de marzo de 2022. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181220509064>
- Sione SM, HJ Andrade, MG Wilson, LJ Rosenberger, MC Sasal, SG Ledesma, EA Gabioud. 2021. Reducción de emisiones de carbono por deforestación evitada en bosques del Espinal (Entre Ríos, Argentina). *Colombia forestal* 24(2): 39-51. DOI: <https://doi.org/10.14483/2256201X.16166>
- Ulloa-Delgado G. 2016. Aspectos ecológicos del bosque seco tropical en el Caribe colombiano. Bogotá, Colombia. Tropenbos Internacional Colombia y Fondo Patrimonio Natural. 61p
- Zuluaga-Zuluaga L, E Castro-Escobar. 2018. Valoración de servicios ambientales por captura de CO₂ en un ecosistema de bosque seco tropical en el municipio de El Carmen de Bolívar, Colombia. *Revista Luna Azul* (47):1-20. DOI: <https://doi.org/10.17151/luaz.2019.47.1>

Recibido: 27/09/2022
Aceptado: 27/04/2024

