

Diversidad y estructura fisionómica en dos fragmentos de bosques riparios asociados a ecosistemas secos en el Caribe colombiano (Montes de María - Sucre)

Diversity and Physiognomic Structure at Two Riparian Forest Fragments Associated Toward Dry Ecosystems at the Colombian Caribbean (Montes De María - Sucre)

Cindy P. Luna-Blanco¹, Pedro J. Álvarez-Pérez² y Jorge D. Mercado-Gómez³

Resumen

Los bosques de ribera son ecosistemas inexplorados dentro del bosque seco tropical, y por lo tanto poco es conocido sobre su diversidad y conservación. En este estudio se analizó la diversidad y estructura fisionómica de las plantas leñosas utilizando transectos RAP en dos fragmentos de bosque (Bremen y El Principio) en los Montes de María (Sucre, Colombia). Se calcularon los valores de importancia de las familias (IVIF) y especies (IVI); además, las relaciones entre el número de individuos y, hábitos de crecimiento, clase altimétrica, clase diamétrica. Además, se establecieron las relaciones entre el área basal y clases diamétrica. Asimismo, se calcularon números efectivos de diversidad alfa y beta de especies. Se encontraron un total de 75 especies, 29 familias y 67 géneros. Fabaceae, Sapindaceae, Apocynaceae, Bignoniaceae, Malvaceae y Arecaceae son las familias más ricas. Según los resultados IVIF e IVI Acanthaceae y *Bravaisia integerrima* son la familias y especies con mayor valor de importancia. Lo arboles son el hábito de crecimiento más importante y de acuerdo a la distribución por clases diamétricas y altimétricas, el mayor número de individuos se acumulan hacia las clases bajas, sugiriendo una vegetación perturbadora, representada principalmente por juveniles. Los resultados de diversidad alfa y beta no muestran diferencias entre la vegetación de Bremen y El Principio, lo que sugiere la misma comunidad. Los resultados aquí obtenidos permiten sugerir que las áreas de estudio tienen algún grado de vegetación sucesional, consecuencia de la perturbación humana, cambiando la estructura y diversidad Bremen y El Principio.

Palabras clave: Alfa y beta, Conservación, Estructura, Riqueza plantas leñosas.

Abstract

Riparian forests are unexplored ecosystems within the tropical dry forest, and therefore little it's unknown about its diversity and conservation. Herein we analyzed the diversity and physiognomic structure of the woody plants using RAP transects in two forest fragments (Bremen and El Principio) in the Montes de María (Sucre, Colombia). The families (IVIF) and species (IVI) highest importance values were calculated; further, we established the relationships between the individual number and growth habits, altimetric class, diameter class. Further, basal area and diameter classes relationships also was calculated. Likewise, effective numbers of species alpha and beta diversity were calculated. A total of 75 species, 29 families and 67 genera were found. Fabaceae, Sapindaceae, Apocynaceae, Bignoniaceae, Malvaceae and Arecaceae are the richest families. According the IVIF and IVI outcomes Acanthaceae and *Bravaisia integerrima* are family and species with the highest value of importance. Tres is the most important growth habit and according to the distribution by diametric diameter and height classes, the largest number of individuals are accumulated towards the lower classes, suggesting a disturbance vegetation mainly represented by juveniles. Diversity outcomes shows non-difference between Bremen and El Principio vegetation suggesting the same community. Our results allow suggest that the study areas have some successional vegetation degree, consequence of human disturbance which has changed the structure and diversity of Bremen and El Principio.

Keywords: Alpha and beta, Conservation, Structure, Richness of woody plants.

Recepción: 14-mar-2022

Aceptación: 25-abr-2022

¹Bióloga. Grupo Evolución y Sistemática tropical, Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia. Dirección electrónica: lunablanca1608@gmail.com

²Biólogo. Grupo Evolución y Sistemática Tropical, Maestría en Biología, Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia.

³Doctor en Ecología. Grupo Evolución y Sistemática Tropical, Departamento de Biología y Química, Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia.

1 Introducción

Los bosques riparios o ribereños son uno de los ecosistemas con mayor dinamismo, diversidad y complejidad en el Neotrópico [1]. Estos bosques son importantes dado que prestan diversos servicios ecológicos como: la protección de los cuerpos de agua en épocas de sequía y temporada de lluvia, permiten la generación de grandes cantidades de nutrientes que ayudan en la formación de redes de conexión y hábitats para diferentes especies [2, 3], funcionan como áreas de amortiguación que preservan las condiciones microclimáticas y químicas del agua, protegiéndola de agentes externos, y así evitar procesos de erosión de los márgenes de las corrientes y estabilizando los lechos de los ríos [4]. Asimismo, interfieren en la regulación del clima, la calidad del aire, el secuestro y almacenamiento de carbono para su transformación en biomasa [5]. Lo anterior convierte a estos ecosistemas en una zona de flujo constante de energía, jugando un papel fundamental en la preservación de los recursos loticos [5].

Dada una mayor disponibilidad de agua, pueden ser consideradas como áreas de transición entre diferentes ecosistemas adyacentes [6] y, por lo tanto, actúan como corredores biológicos en paisajes fragmentados [7, 8]. No obstante, sus beneficios hídricos también son empleados por el hombre, lo que los ha llevado estar fuertemente sometidos a presiones antrópicas producto de la expansión de las fronteras agrícolas y ganaderas [9]. El aumento de la deforestación y la extracción selectiva de especies para el comercio, ha provocado que la dinámica de estas zonas boscosas se vea gravemente afectada y en consecuencia el estado de conservación de su biodiversidad, provocando una drástica disminución de su cobertura vegetal, y sus servicios ecosistémicos [10].

Otro de los grandes problemas que presentan los bosques riparios es la falta de estudios que permitan conocer su diversidad y dinámica ecológica. En Colombia, son pocos los estudios florísticos realizados [11-14]. De hecho, la falta de conocimiento ha llevado a que estos sean tratados en términos de diversidad como otras zonas de vida. Por ejemplo, los fragmentos

de bosque localizados alrededor de los arroyos dentro de la zona de vida propuesta por Holdridge [15] como seco tropical, son considerados como estacionalmente secos. No obstante, es claro que durante los periodos de sequía los arroyos generan diferentes condiciones de humedad que pueden brindar mejores condiciones para aquellas especies menos tolerantes a la desecación extrema [16]. En este sentido, García-Martínez and Mercado-Gómez [16] e Iriarte-Cárdenas, et al. [17] en los Montes de María (departamento de Sucre) localizados sobre los bosques secos de la llanura del Caribe colombiano, hallaron diferentes comunidades de briófitos asociadas principalmente a estos cuerpos de agua. De esta forma, es posible que una comunidad de plantas leñosas diferentes a las del bosque seco tropical puedan ocurrir en estas áreas. En este contexto, Mercado Gómez, et al. [18], analizaron la estructura ecológica en diferentes localidades en los Montes de María, incluyendo fragmentos de bosque seco sin fuentes hídricas cercanas y otros con presencia de arroyos. Estos autores hallaron que los fragmentos riparios presentan una estructura ecológica diferentes a aquellos sin presencia de fuentes hídricas. Además, algunos estudios han identificado que los bosques riparios son claves para proponer estrategias de conservación, dado que pueden funcionar como corredores biológicos [8, 19]; no obstante, datos sobre la estructura fisionómica de estas localidades son carentes, los cuales son claves para determinar el grado de perturbación y con esto establecer correctamente planes para su conservación y así emplearlos como posibles corredores biológicos en los Montes de María.

La toma de decisiones en torno a la conservación, el uso y el manejo de los bosques ribereños tropicales depende de la información consolidada sobre las especies de plantas que los componen, la forma en que éstas se distribuyen en el espacio y las comunidades que constituyen [11]. Según lo anterior, se hace necesario conocer la estructura fisionómica de estos bosques, ampliando así el conocimiento sobre la estructura vertical y horizontal de la flora leñosa, cobertura boscosa y taxones importantes [20]. Estos datos son relevantes para conocer la dinámica de la vegetación y así generar una aproximación

sobre el estado de conservación de estos fragmentos [20]. El objetivo de esta investigación fue analizar la estructura fisionómica y diversidad de la flora leñosa de dos fragmentos de bosques riparios asociados al bosque seco tropical en los Montes de María en el departamento de Sucre. Además, la información fisionómica de los fragmentos fue empleada para conocer el grado de alteración antrópica a la cual se han visto afectados estos ecosistemas en los Montes de María, uno de los fragmentos de bosque seco tropical en mayor tamaño y mejor estado de conservación en el Caribe colombiano [21].

2 Materiales y métodos

Área de estudio. El estudio se realizó en dos localidades de los Montes de María (el departamento de Sucre). De acuerdo a los resultados obtenidos por Mercado Gómez, et al. [18], fue posible establecer dos localidades, El principio (municipio Ovejas) y Bremen, arroyo Colomuto (municipio de Morroa) que corresponden a ensamblajes de especies diferentes a bosque seco tropical, y por lo tanto, consideradas como bosques riparios. Geomorfológicamente, estas áreas pertenecen a las estribaciones septentrionales de la serranía de San Jerónimo, la cual es el resultado de diferentes eventos tectónicos del Mioceno, dando lugar a una

zona de colinas y montañas conocidas actualmente como Montes de María y Serranía de San Jacinto [22]. Los Montes de María presentan un clima cálido con una temperatura promedio de 28 °C, humedad relativa entre 75% durante los periodos de sequía y 85% durante la lluvia. Presenta precipitaciones anuales de 1800 mm, con periodos de lluvias desde el mes de abril hasta noviembre, interrumpido en julio por un periodo ligeramente seco [23]. Asimismo, presenta un prologado periodo de sequía entre los meses de diciembre a marzo donde está alcanza los 100 mm [23].

Con respecto a la vegetación, esta corresponde a bosque seco tropical, dentro del cual Fabaceae, Malvaceae, Meliaceae, Sapindaceae, Capparaceae, Rubiaceae y Cactaceae son las familias de plantas más importantes; mientras que, en el caso de las especies, *Ampelocera edentula* Kuhl, *Aspidosperma polyneuron* Mull. Arg, *Brosimum*

alicastrum Swartz, *Myrcia fallax* (Rich.) DC. y *Simira cordifolia* (Hook.F) Steyerm, son las más abundantes [23]. No obstante, como gran parte del bosque seco tropical colombiano, estos fragmentos se encuentran en un mosaico de vegetación conformado por bosques, cultivos y zonas de pastoreo de ganadería [24].

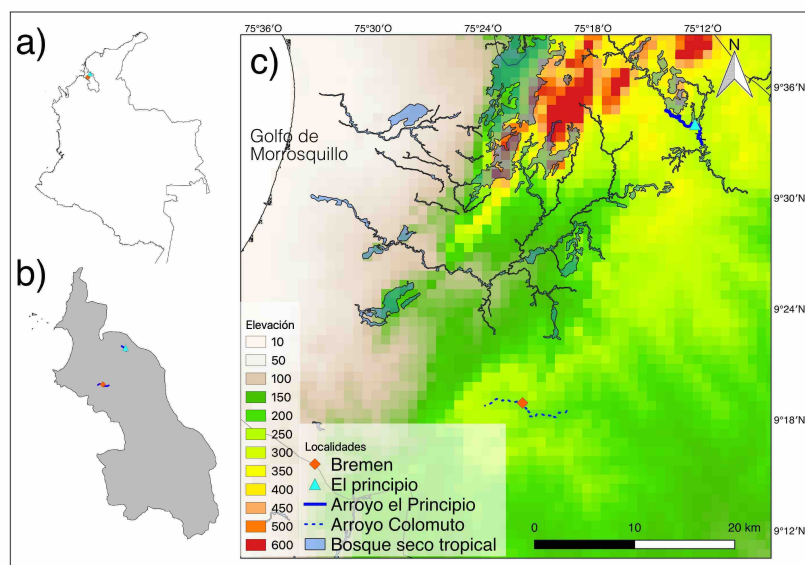


Figura 1. Localización geográfica de los puntos de muestreo en (a) Colombia, (b) departamento de Sucre y (c) los Montes de María, con rangos altitudinales, el bosque seco tropical y los arroyos Colomuto y El Principio.

Levantamiento de la flora leñosa. En Bremen y el Principio se muestreó un área total de 0,1 ha, siguiendo la metodología de transeptos tipo RAP propuesta por Gentry [25], con modificaciones realizadas por Mendoza [26]. En este sentido, se realizó el censo total de todos los individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 1 cm, y con una altura mayor de 150 cm. Una vez recolectados los ejemplares, todos los datos que pudieran perderse durante el proceso de prensado, fueron tomados con el fin de mejorar el proceso de identificación taxonómica. Posteriormente, los ejemplares recolectados fueron procesados de acuerdo a los protocolos estándares de prensado y secado del Herbario de la Universidad de Sucre (HEUS).

Composición florística. Para establecer la composición de las especies, se llevó a cabo el proceso de identificación taxonómica a través de claves taxonómicas [27-32]. Además, se realizaron comparaciones directas con ejemplares del Herbario HEUS y los casos de no contar con especímenes de referencias, fueron visitadas las plataformas virtuales de los herbarios COL (<http://www.biovirtual.unal.edu.co>), HUH (<http://huh.harvard.edu>), NY (<http://www.nybg.org>), y Jstor Plant Science (<http://www.jstor.org/>). Todas las muestras fueron depositadas en el herbario HEUS según la enumeración de Alvarez. Todos los acrónimos de herbario siguen a Holmgren, et al. [33] y las actualizaciones de Thiers [34].

Estructura de la vegetación. Para establecer si los muestreos fueron representativos fue calculado el número esperado de especies en cada de las parcelas a través de curvas de rarefacción y extrapolación-interpolación. Este método, descrito en Chao, et al. [35], usa la muestra y una curva de completitud elaborada con el doble del tamaño de la muestra de referencia más pequeña a comparar, con un intervalo de confianza al 95% obtenido por un remuestreo 100 pseudoréplicas de bootstrap. Estas curvas fueron realizadas a través del paquete de R iNEXT [36] siguiendo los parámetros establecidos por Chao, et al. [35] y Colwell, et al. [37].

Para determinar cuáles son los taxones de mayor importancia para las áreas de muestreo, datos como riqueza, abundancia, frecuencia, dominancia

de las especies y sus respectivos valores relativos se calcularon para establecer el índice de valor de importancia relativa, tanto para familias como para especies, basados en las fórmulas propuestas por Rangel and Velásquez [38]. Para ello se agruparon los individuos en tres clases altimétricas y diamétricas, incluyendo: I) Individuos de 1 a 5 m II) Individuos de 5,1 a 10 m III) Individuos $\geq 10,1$ m. Para el caso de la estructura diamétrica, las clases según el diámetro a la altura al pecho (DAP) fueron: I) Individuos de 1 a 16 cm II) Individuos de 16,1 a 22 cm III) Individuos $\geq 22,1$ cm. Una vez establecidas las clases, los datos fueron sometidos a una prueba de normalidad mediante el Test de Shapiro–Wilk, con el fin de determinar si existían diferencias significativas al interior de las clases diamétricas y altimétricas al interior de cada localidad, se realizó un ANOVA de una vía. En este orden, una prueba estadística Tukey fue desarrollada para determinar en qué clases se hallaron las diferencias. Todos los análisis estadísticos fueron realizados en programa PAST [39]. En base a los lineamientos propuestos por Mendoza [26], se determinó el hábito de crecimiento predominante dentro de los puntos de muestreo, elaborándose gráficas por cada localidad. Asimismo, se estableció el área basal para cada sitio, teniendo en cuenta el DAP de cada individuo censado.

Para calcular la diversidad alfa y beta de las localidades se emplearon en primer lugar, índices para medir la alfa diversidad (números de “Hill”) expresada en el número efectivo de especies [40] a través del paquete de R Entropart [41]. De acuerdo con Jost [40] los números efectivos presentan tres niveles que incluyen: la diversidad del orden cero (0D) o riqueza de especies, la diversidad del orden uno (1D) o exponencial del índice de Shannon, que pondera la diversidad por la abundancia relativa de las especies y la diversidad del orden dos (2D), o inverso del índice de Simpson [42] que toma en cuenta las especies más abundantes. Asimismo, se calculó la disimilitud total en todos los sitios (β_{BRY}) y, por lo tanto, la diversidad beta, junto con sus componentes de variación equilibrada ($\beta_{BRY.BAL}$) y gradientes de abundancia ($\beta_{BRY.GR}$) en el paquete de R Betapart [43]. Estos componentes, permiten establecer si las comunidades en el área de estudio

se configuraron a través del recambio de especies ($\beta_{BRY.BAL}$) o el anidamiento ($\beta_{BRY.GR}$).

3 Resultados

Composición florística. Se registraron un total de 690 individuos distribuidos en 75 especies, 68 géneros y 29 familias (Anexo 1 y 2), siendo *Bravaisia integerrima* (Spreng.) Standl., la especie con mayor dominancia en ambos sitios de muestreo (tabla 1). Las familias más importantes en términos de riqueza florística fueron Fabaceae con 10 especies, seguida de Sapindaceae (6 especies), Apocynaceae (5 especies), Bignoniaceae (5), Malvaceae (4 especies) y Arecaceae (4 especies). A nivel de géneros, *Piper* y *Coccoloba* fueron los más

dominantes en las franjas de vegetación, ambos con 3 especies. Los géneros restantes se encuentran representados por un solo taxón a excepción de *Gustavia*, *Malvaviscus*, *Terminalia* y *Randia* todos con 2 especies. En su mayoría las especies presentan un número considerable de individuos a excepción de 25 especies que presentaron un solo registro, como *Amphilophium paniculatum* (L.) Kunth, *Crescentia cujete* L., *Dilodendron costarricense* (Radlk.) AH Gentry y Steyer., *Malvaviscus arboreus* Cav., *Mimosa pigra* L., *Paullinia alata* (Ruiz y Pav.) G. Don, *Ricinus communis* L., *Samanea Saman* (Jacq.) Merr., entre otros.

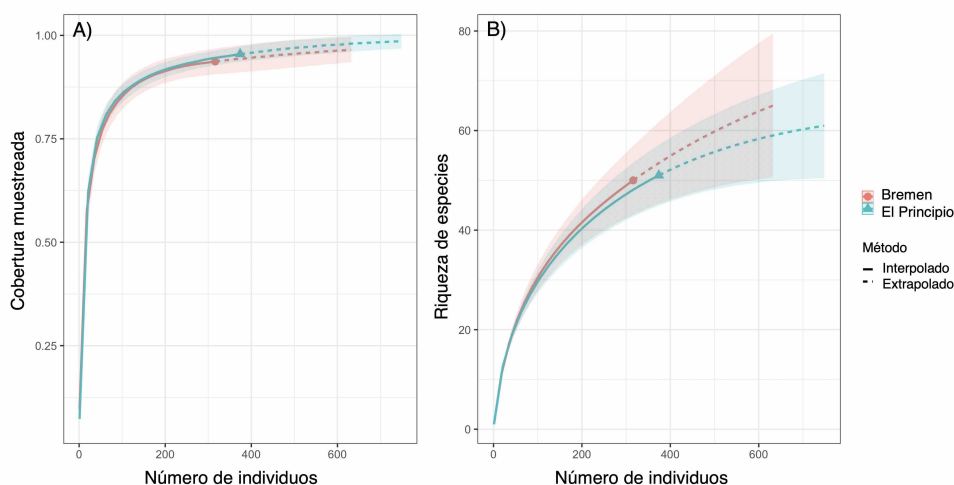


Figura 2. Gráfico de rango-abundancia basado en (A) la cobertura muestreada y (B) la riqueza de las especies de plantas leñosas de Bremen y El Principio.

Estructura de la vegetación. La completitud de especies del área de estudio fue de 89,04%, lo cual significa que el muestreo fue representativo, alcanzando el 93.7% para Bremen y 97.1% para El Principio (figura 2A). Para cada tipo de cobertura se observa que al aumentar el tamaño de la muestra de referencia en términos de individuos (316 para Bremen y 374 para El Principio) al doble (632 Bremen y 748 para El Principio) las estimaciones en la completitud del muestreo difieren poco, lo que significa que, aunque se recolecten más individuos en el área de estudio, el muestreo sigue siendo representativo para Bremen y El principio (figura 2A). Al comparar la riqueza de especies en relación al número de individuos entre las dos localidades

se pudo establecer con un intervalo de confianza del 95%, que la riqueza plantas leñosas seguiría siendo superior en Bremen que, en El Principio, aun cuando todas las especies existentes fuesen registradas (figura 2B).

En términos de valor de importancia, en la localidad de Bremen, Acanthaceae presentó el mayor valor por familia (IVF) con un 32,06%, seguido de Polygonaceae con 10,45% y Fabaceae (8,59%). En El Principio la familia con mayor IVF fue Acanthaceae con 35,21%, seguido de Apocynaceae con 6,08% y Araceae (5,62%). A nivel de especie fue *B. integerrima* el taxón con mayor valor de importancia para Bremen y El Principio

Tabla 1. Listado de especies de bosques de galería en Montes de María, Sucre-Colombia.

<i>Acalypha macrostachya</i> Jacq.**	<i>Malpighia glabra</i> L.
<i>Achatocarpus nigricans</i> Triana.**	<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.*
<i>Acosmium cardenasii</i> H.S. Irwin & Arroyo.	<i>Malvaviscus concinnus</i> Kunth.**
<i>Adenocalymma cladotrichum</i> (Sandwith) L.G.Lohmann.**	<i>Melicoccus oliviformis</i> Kunth.**
<i>Ampelocera edentula</i> Kuhlman.**	<i>Mimosa asperata</i> L.*
<i>Amphilophium paniculatum</i> (L.) Kunth.*	<i>Monstera adansonii</i> Schott.
<i>Aphelandra pulcherrima</i> (Jacq.) Kunth.**	<i>Paullinia alata</i> (Ruiz & Pav.) G. Don*
<i>Bactris guineensis</i> (L.) H.E. Moore.	<i>Pereskia bleo</i> (Kunth) DC.**
<i>Bravaisia integerrima</i> (Spreng.) Standl.	<i>Philodendron jacquini</i> Schott.
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.**	<i>Piper amalago</i> L.
<i>Callichlamys latifolia</i> (Rich.) K. Schum.**	<i>Piper marginatum</i> Jacq.
<i>Capparidastrum frondosum</i> (Jacq.) Cornejo & Iltis.	<i>Piper tuberculatum</i> Jacq.
<i>Cardiospermum grandiflorum</i> Sw.	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	<i>Prestonia parviflora</i> (Benth.) Benth. & Hook. f.**
<i>Clavija macrocarpa</i> Ruiz & Pav.**	<i>Randia ferox</i> (Cham. & Schltdl.) DC.**
<i>Coccoloba acuminata</i> Kunth.*	<i>Randia micracantha</i> (Lillo) Bacigalupo*
<i>Coccoloba caracasana</i> Meisn.	<i>Rauvolfia viridis</i> Willd. ex Roem. & Schult.
<i>Coccoloba obovata</i> Kunth.**	<i>Ricinus communis</i> L.*
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken.	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.*
<i>Crateva tapia</i> L.	<i>Sapindus saponaria</i> L.*
<i>Crescentia cujete</i> L.*	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong.*
<i>Cryosophila kalbreyeri</i> (Dammer ex Burret) Dahlgren.**	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby*
<i>Desmoncus orthacanthos</i> Mart.**	<i>Serjania mexicana</i> (L.) Willd.*
<i>Dilodendron costaricense</i> (Radlk.) A.H. Gentry & Steyerl.*	<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp.**
<i>Fridericia cinnamomea</i> (DC.) L.G. Lohmann.	<i>Sorocea sprucei</i> (Baill.) J.F. Macbr.**
<i>Garcia nutans</i> Vahl.**	<i>Spondias mombin</i> L.*
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.**	<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst.
<i>Guadua amplexifolia</i> J. Presl.	<i>Stylogyne turbacensis</i> (Kunth) Mez.**
<i>Guarea glabra</i> Vahl.*	<i>Tabernaemontana cymosa</i> Jacq.*
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.*	<i>Tabernaemontana grandiflora</i> Jacq.
<i>Gustavia augusta</i> L.**	<i>Terminalia catappa</i> L.
<i>Gustavia superba</i> (Kunth) O. Berg.*	<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav.) Steud.*
<i>Hura crepitans</i> L.**	<i>Triplaris americana</i> L.
<i>Inga vera</i> Willd.	<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.*
<i>Lecythis minor</i> Jacq.	<i>Xylosma tessmannii</i> Sleumer.*
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.*	

Nota: *Especie que solo se encuentra en Bremen. **Especie que solo se encuentra en El Principio. Las especies sin asterisco se encuentran en ambas localidades.

con el 34,24% y el 33,39% respectivamente. *Coccoloba caracasana* Meisn. (6,46%) y *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. (5,51%) también fueron importantes para Bremen; mientras que

Tabernaemontana grandiflora Jacq. (5,30%) y *Capparidastrum frondosum* (Jacq.) Cornejo & Iltis. (5,20%) para El Principio (tabla 2).

Tabla 2. Familias y especies con mayor IVF – IVI en Bremen y El Principio en el bosque seco tropical de los Montes de María, Sucre, Colombia.

Localidad	Familia	IVF (%)	Especies	IVI (%)
Bremen	Acanthaceae	32,06	<i>Bravaisia integerrima</i>	34,24
	Polygonaceae	10,45	<i>Coccoloba caracasana</i>	6,46
	Fabaceae	8,59	<i>Cordia alliodora</i>	5,51
El Principio	Acanthaceae	35,21	<i>Bravaisia integerrima</i>	33,39
	Apocynaceae	6,08	<i>Tabernaemontana grandiflora</i>	5,3
	Araceae	5,62	<i>Capparidastrum frondosus</i>	5,2

El hábito de crecimiento predominante fue el arbóreo en ambas localidades; no obstante, Bremen presentó mayores valores en comparación al El Principio (figura 3A). En el caso de los arbustos, estos fueron dominantes en El Principio, al igual que las palmas e hierbas. Para el caso de las lianas el mayor número de individuos estuvo presente en Bremen (figura 3A).

En cuanto a la distribución por clases alimétricas, en Bremen la mayoría de individuos censados se agruparon en la clase II (35%), seguido de la clase III (34,9%) y por último en la clase I (30,1%). En El Principio el mayor número de individuos se agrupó en la clase I (39%), seguido de la clase II (34%) y clase III (27%) (figura 3B). Adicionalmente la altura máxima registrada fue de 30 m por la especie *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. Al comparar la distribución de los individuos por clases alimétricas, a través del ANOVA se pudo observar que no existían diferencias significativas entre las clases alimétricas de dos localidades ($f = 0,1752$; $p = 0,9718$).

Con respecto a la distribución de individuos por clases diamétricas (DAP), la localidad de Bremen presentó una tendencia por la clase I con el 76,9% y la clase III con el 17,7%. En cuanto a la clase II, se observó un 5,4% de los individuos. Asimismo, en El Principio el comportamiento de los datos es semejante a Bremen en la distribución del número de individuos censados, con un 80,3% y 16% para la clase I y III respectivamente. De igual forma, se observa para la clase II valores del 3,7% (figura 3C). Al comparar la distribución de los individuos entre las 2 localidades mediante el uso de ANOVA, los datos mostraron diferencias estadísticamente significativas ($f = 7,477$; $p = 0,0009437$) entre clases diamétricas. Según la prueba estadística Tukey la clase I (1-16 cm) fue quien presentó variación significativa entre las dos localidades con respecto al resto de clases (figura 3C). Dentro de los dos puntos de muestreo se obtuvo un total de 16,42 m² de área basal. Bremen presentó 7,43 m², mientras que El Principio 8,99 m² en 0,1 ha. El resultado del análisis de varianza realizado a las áreas basales por localidades, mostró que no hay diferencias significativas ($f = 0,9297$; $p = 0,4614$) entre estas. Por otra parte, según la distribución por clases

diamétricas, la clase III agrupó a los individuos con mayor valor de área basal (figura 3D).

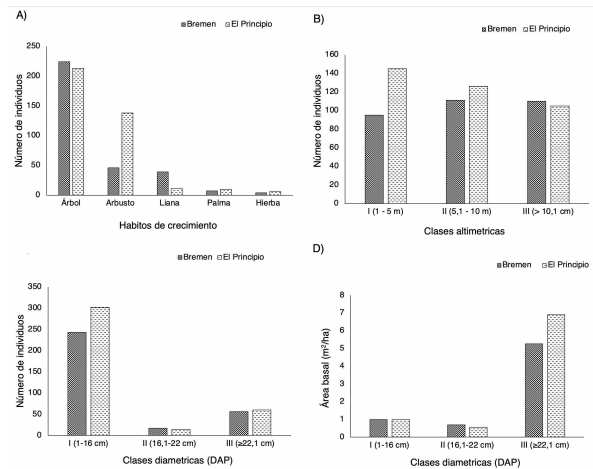


Figura 3. (A) Relación entre el número de individuos y los hábitos de crecimiento; (B) clases alimétricas; (C) clases diamétricas (DAP) y (D) área basal y relación clases diamétricas.

La diversidad entre los dos fragmentos de bosque riparios en los Montes de María, muestra que no existen diferencias significativas entre las dos localidades, ya que El principio presentó (⁰D) 51 especies y Bremen 50. No obstante, para la ¹D, El principio presentó dos especies efectivas más que Bremen (22,15 y 20,43 especies efectivas, respectivamente). Asimismo, los resultados de ²D, muestran que El principio tiene 3 especies dominantes efectivas más que Bremen (13,25 y 10 especies dominantes efectivas, respectivamente). Los índices de diversidad beta muestran los siguientes valores: $\beta_{BRY} = 0,55$, $\beta_{BRY.BAL} = 0,55$ y $\beta_{BRY.GRA} = 0,041$. En cuanto a la diversidad Gamma (Γ), los datos muestran un total de 75 especies entre las dos localidades.

4 Discusión

Florísticamente las áreas evaluadas se encuentran dentro de los rangos de riqueza de especies (21 y 121 especies) establecidos por Gentry [44] para las zonas de vida de bosque seco tropical (tabla 1), donde Fabaceae es considerada la familia con mayor riqueza en diferentes fragmentos de bosque seco a nivel Neotropical [23, 24, 45, 46], producto principalmente de sus múltiples adaptaciones morfológicas, fisiológicas y variados

hábitos de crecimiento [44, 47]. Asimismo, un patrón marcado del bosque seco tropical es hallar como grupos más ricos (número de especies) a Sapindaceae, Bignoniaceae y Malvaceae [23, 24, 45, 46]. Cabe resaltar como un resultado diferente en este estudio es la presencia de Arecaceae como uno de las familias más ricas; no obstante, esta familia, aunque no es muy abundante en el bosque seco, sus especies presentan una fuerte asociación a ecosistemas con alta disponibilidad de agua [48], contribuyendo a la estabilidad y regulación de los cuerpos hídricos en las épocas secas. Adicionalmente sus especies ofrecen microhábitats para diferentes grupos de animales [49].

A nivel de géneros se pudieron observar diferencias significativas, entre las áreas muestreadas y otros fragmentos de bosque seco; por ejemplo, Banda, et al. [50] hallaron un patrón en los bosques secos Neotropicales, donde *Cynophalla* (Capparaceae) es sumamente abundante; empero en el Principio y Bremen, *Piper* (Piperaceae) y *Coccoloba* (Polygonaceae) presentaron mayores valores. *Coccoloba* puede estar asociado a zonas de ribera o ambientes más húmedos, lo cual explica su alta riqueza y abundancia en las áreas de estudio [51]. De igual forma, *Piper* está principalmente relacionado a zonas con alta pluviosidad y presencia de cuerpos de agua que mantengan la humedad de los suelos [52]; no obstante, también puede ser importante porque estos fragmentos de bosque se encuentran en algún estado de sucesión de la vegetación, y *Piper*, ha sido una especie indicadora de estos estados en el bosque seco [53]. Según lo anterior la riqueza de estos géneros puede estar asociada a sitios más húmedos y perturbados.

En términos de valor de importancia, la familia Acanthaceae obtuvo los mayores valores en ambas localidades. Este taxón es considerado una de las 15 familias con mayor riqueza en los trópicos, producto principalmente de un amplio rango de adaptaciones ecológicas y formas florales que les han permitido adaptarse a diferentes ambientes [54]. Sin embargo, no es común encontrar a Acanthaceae como grupo dominante de áreas ribereñas, sino como especies de sotobosque en ecosistemas primarios [55]; empero es el número elevado de individuos, así

como el área basal de *B. integerrima*, quien propicia los altos valores de importancia de esta familia. Tanto en Bremen como en El Principio el resto de familias tiene valores de IVIF por debajo del 10%; aunque, en Bremen Polygonaceae obtuvo valores ligeramente superiores. Polygonaceae al igual que Acanthaceae ocurre desde bosques tropicales hasta Andinos [56], y son los valores de *Coccoloba* los que la hacen ser una de los grupos con mayor importancia. En El Principio, Apocynaceae también presentó altos valores de IVIF. Especies de esta familia son comunes tanto en áreas con suelos secos como inundables [57], lo que explica sus altos valores de importancia en las áreas de estudio.

A nivel de especie, *B. integerrima* presentó los mayores valores de importancia. Esta especie fácilmente ocurre en ambientes ribereños, ya que poseen raíces adventicias, las cuales presentan altos niveles de absorción y retención de líquidos, ayudando a mantener gran parte de las condiciones y características en el ecosistema [58, 59]; en otras palabras, esta especie presenta adaptaciones claras a zonas ribereñas. Resultados similares fueron encontrados por Sampedro, et al. [60] tras la evaluación de la vegetación en 6 sectores diferentes en Montes de María, donde esta misma especie presentó los valores más altos de IVI en 3 sectores ribereños, lo cual indica su relevancia para los bosques riparios. Asimismo, en Bremen, *Coccoloba caracasana* y *Cordia alliodora*, también son importantes en términos de su abundancia. *C. caracasana* ha sido hallada comúnmente en bosques riparios en zonas secas [61, 62] y bosques de galería [62]. En el caso de *C. alliodora* también presenta gran afinidad con zonas de vida forestales húmedas y muy húmedas [63]. En cuanto a El Principio, *Tabernaemontana grandiflora* también obtuvo altos valores de importancia; sin embargo, a diferencia de las especies anteriores, esta puede hallarse en áreas de bosques secos, húmedos y zonas con vegetación perturbada entre 0 y 1200 m, características compatibles con las áreas de estudio [57], y por lo tanto, explicaría su importancia en las áreas de estudio. *Capparidastrium frondosum* también presentó gran abundancia en El Principio, y de acuerdo con Mercado-Gómez, et al. [30] esta especie puede tolerar diferentes ambientes tanto

secos como húmedos; de hecho, dentro de los bosques secos, se halla principalmente en las zonas riparias [64].

Con respecto al hábito de crecimiento arbóreo fue predominante en ambos fragmentos de bosque. Estas áreas tienen gran suministro de agua, lo cual disminuye la defoliación durante los periodos de sequía, haciendo de las copas más amplias que limitan la radiación lumínica a estratos inferiores como el sotobosque [23], reduciendo el número de individuos con formas de vida arbustiva, liana y palma. Esta relación está claramente marcada en Bremen, sugiriendo que estos bosques se encuentran relativamente en mejor estado de conservación que El principio; no obstante, las concentraciones de lianas en Bremen evidencian algún grado de perturbación, ya que las lianas prosperan tanto en ambientes perturbados de forma antrópica como natural, debido a que la alteración favorece el ingreso de luz y permiten su rápido crecimiento [65]. De acuerdo con Schnitzer and Bongers [65] la perturbación a pequeña escala producto de la caída de los árboles es vital en el incremento de la abundancia de lianas; aunque también el corte y tala selectiva de la flora leñosa incrementa su abundancia. En términos generales, la presencia de este grupo en ambas localidades evidencia bosques perturbados en algún estado de regeneración.

En cuanto a la distribución por clases diamétricas, los datos aquí obtenidos permiten sugerir que la vegetación en ambas localidades, se encuentra en proceso de desarrollo en las etapas de crecimiento y producción vegetal más avanzadas [66], con una drástica disminución en el número de individuos agrupados hacia la clase diamétrica intermedia (II); es decir, hacia individuos que pueden estar en estados juveniles. Estos datos sugieren que estas áreas se han visto alteradas. Lo anterior es soportado por las clases altimétricas (figura 3B) y la distribución del área basal por clases diamétricas, los cuales muestran que los valores se acumularon en la clase superior (III) para ambos sitios, y con esto un patrón estructural de una comunidad perturbada. Los datos obtenidos en el presente estudio, permiten sugerir que las dos localidades aquí analizadas han estado sujetas a diferentes

acciones que modifican las condiciones naturales del ecosistema. Un ejemplo claro de esto, es que durante el desarrollo de los muestreos en campo se observó la entrada de ganado en las áreas de estudio, no solo para el consumo de agua de los arroyos, también para el uso de las especies nativas como fuente de alimento. El aumento de actividades agrícolas por parte de nuevas y grandes fincas, ha contribuido a la quema indiscriminada de sus áreas boscosas y la tala de especies para la construcción de viviendas y muebles. Adicionalmente, el sobrepastoreo presente en estas áreas favorece la entrada de especies exóticas, transportadas por el mismo ganado desde zonas agropecuarias circundantes, evitando que se reestablezca la comunidad nativa de estos bosques, sin dejar a un lado la contaminación por materia fecal de los cuerpos de agua, que modifican las condiciones naturales del ecosistema resultando en una vegetación con fuertes variaciones en su densidad, composición y distribución [5, 67, 68].

El análisis de la diversidad alfa a través de números efectivos (0D , 1D , 2D) muestra que no existen diferencias significativas entre ambos sitios. Esto puede deberse a que ambas zonas comparten características semejantes en cuanto al paisaje, constituido principalmente por relieve de lomerío; además, del constante flujo hídrico del ecosistema, en gran parte ofrecido por los reservorios de aguas subterráneas como el acuífero en Bremen y de las corrientes de aguas perennes provenientes principalmente del vertimiento de aguas residuales en arroyos, como el Arroyo grande de Corozal y el Arroyo Mancomoján (para Bremen y El principio respectivamente). Asimismo, en ambas zonas la vegetación ha sufrido alteraciones similares en su composición, densidad y distribución de las especies, producto de la destrucción de bosques primarios a causa de la expansión de las fronteras agrícolas, siendo evidente la delimitación en las áreas de vegetación por zonas de cultivo y potrero [24]. Los resultados anteriores son soportados por la diversidad beta, la cual muestra que ambos fragmentos de bosques riparios corresponden a una misma comunidad, producto de un proceso de recambio espacial de especies, el cual puede ser el producto de la proximidad geográfica entre sitios [18, 45].

Los resultados del presente estudio, muestran que estructuralmente los bosques de ríparios en estas áreas se encuentran alterados, como una consecuencia de la expansión agrícola y ganadera. No obstante, se deben abordar análisis más profundos para determinar cuáles actividades han propiciado la actual estructura ecológica de estas comunidades, las cuales han generado la pérdida de especies potenciales y necesarias para el mantenimiento del ecosistema. Según lo anterior, son necesarias prontas estrategias para llevar a cabo procesos de restauración ecológica y así mejorar el estado de estos fragmentos antes de ser sugeridos como corredores biológicos en los Montes de María.

Agradecimientos

Al proyecto “Análisis florístico y fitogeográfico sobre relictos de bosque seco tropical en el departamento de Sucre (Colombia)”, financiado por la división de Investigaciones de la Universidad de Sucre. Al herbario de la Universidad de Sucre (HEUS) por todo el soporte para la identificación y tratamiento de las muestras.

Referencias

- [1] A. Ferreira et al., “Riparian coverage affects diets of characids in neotropical streams”, *Ecology of Freshwater Fish*, vol. 21, no. 1, pp. 12-22, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2011.00518.x>
- [2] D. Armenteras, M. C. Meza, T. M. González, I. Oliveras, J. K. Balch, and J. Retana, “Fire threatens the diversity and structure of tropical gallery forests”, *Ecosphere*, vol. 12, no. 1, p. e03347, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1002/ec.2.3347>
- [3] A. Calle and K. D. Holl, “Riparian forest recovery following a decade of cattle exclusion in the Colombian Andes”, *Forest Ecology and Management*, vol. 452, p. 117563, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117563>
- [4] A. Oldén, M. Peura, S. Saine, J. S. Kotiaho, and P. Halme, “The effect of buffer strip width and selective logging on riparian forest microclimate”, *Forest Ecology and Management*, vol. 453, p. 117623, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117623>
- [5] L. Núñez-Avellaneda, M. Castro, G. Mestre, and L. Lozano, “Los bosques de galería conectores de vida”, *Ámbito Investigativo*, vol. 4, no. 4, pp. 15-19, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/10635150701701083>
- [6] J. Rosales, “Bosques y selvas de galería”, in *Biodiversidad en Venezuela*, M. Aguilera, J. González, and A. Azocar Eds. Caracas: Fundación Polar, pp. 812-826, 2003.
- [7] R. J. Naiman, H. Decamps, and M. Pollock, “The Role of Riparian Corridors in Maintaining Regional Biodiversity”, *Ecological Applications*, vol. 3, no. 2, pp. 209-212, 1993. Doi: 10.2307/1941822
- [8] C. Gutiérrez-Chacón, C. Valderrama-A, and A.-M. Klein, “Biological corridors as important habitat structures for maintaining bees in a tropical fragmented landscape”, *Journal of Insect Conservation*, vol. 24, no. 1, pp. 187-197, 2020/02/01 2020. Doi: 10.1007/s10841-019-00205-2
- [9] J. M. Studinski, K. J. Hartman, J. M. Niles, and P. Keyser, “The effects of riparian forest disturbance on stream temperature, sedimentation, and morphology”, *Hydrobiologia*, vol. 686, no. 1, pp. 107-117, 2012/05/01 2012. Doi: 10.1007/s10750-012-1002-7
- [10] J. Lobón-Cerviá, R. Mazzoni, and C. F. Rezende, “Effects of riparian forest removal on the trophic dynamics of a Neotropical stream fish assemblage”, *Journal of Fish Biology*, vol. 89, no. 1, pp. 50-64, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1111/jfb.12973>
- [11] D. M. Cabrera-Amaya and O. Rivera-Díaz, “Composición florística y estructura de los bosques ribereños de la cuenca baja del río pauto, Casanare, Colombia”, *Caldasia*, vol. 38, no. 1, pp. 53-85, 2016. Doi: 10.15446/caldasia.v38n1.57829

- [12] G. Correa-Gómez and P. Stevenson, "Estructura y diversidad de bosques de galería en una sábana estacional de los Llanos Orientales Colombianos (reserva tomo grande, Vichada)", *Orinoquia* vol. 14, no. 1, pp. 31-48, 2010
- [13] Y. Gutiérrez-Rojas, S. Velásquez-Mazarriego, and E. Carbonó de la Hoz, "Composición florística de la cuenca del río Gaira, Colombia", *Recursos Naturales y Ambiente*, vol. 59-60, pp. 26-31, 2013.
- [14] A. Gutiérrez, F. García, S. Rojas, and F. Castro, "Parcela permanente de monitoreo de bosque de galería, en Puerto Gaitán, Meta", *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, vol. 16, pp. 113-129, 2015. Doi: https://doi.org/10.21930/rcta.vol16_num1_art:385
- [15] L. R. Holdridge, "Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data", *Science*, vol. 105, pp. 367-368, 1947.
- [16] S. García-Martínez and J. Mercado-Gómez, "Diversidad de briófitos en fragmentos de bosque seco tropical, Montes de María, Sucre, Colombia", *Rev Mex Biodivers*, vol. 88, pp. 824-831, 2017.
- [17] S. Iriarte-Cárdenas, S. García-Martínez, and J. D. Mercado-Gómez, "Beta diversity analyses reveal distinct bryophyte community assemblages on different substrates in Neotropical seasonally dry forest fragments of the Colombian Caribbean", *J. Bryol*, vol. 43, no. 4, pp. 355-367, 2022. Doi: [10.1080/03736687.2021.2009268](https://doi.org/10.1080/03736687.2021.2009268)
- [18] J. Mercado Gómez, C. Luna-Blanco, and P. Álvarez-Pérez, " β -diversity of woody plants in Neotropical seasonally dry forest fragments at the Colombian Caribbean: implication for conservation", (in Spanish), *Botanical Science* en revision.
- [19] A. K. Fremier et al., "A riparian conservation network for ecological resilience", *Biological Conservation*, vol. 191, pp. 29-37, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.029>
- [20] J. Rangel, "La Vegetación de la región Caribe de Colombia: Composición florística y Aspectos de la Estructura", in Colombia Diversidad Biótica: XII La región Caribe de Colombia J. O. Rangel-Ch Ed. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, ch. 10, pp. 477-537, 2012
- [21] C. Pizano and H. García, El bosque seco tropical en Colombia. Bogotá, D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), p. 353, 2014.
- [22] S. Galván-Guevara, M. I. Sierra, f. H. Gómez, V. J. De la Ossa, and A. Fajardo-patiño, "Biodiversidad en el área de influencia de la estación primates de Colosó, Sucre, Colombia", *Rev. Colombiana cienc. Anim*, vol. 1, no. 1, 2009
- [23] F. Herazo-Vitola, H. Mendoza-Cifuentes, and J. Mercado-Gómez, "Estructura y composición florística del bosque seco tropical en los Montes de María (Sucre, Colombia)", *Ciencia en Desarrollo*, vol. 8, no. 1, pp. 79-90, 2017.
- [24] D. Olascuaga, R. Sánchez-Montaño, and J. Mercado-Gómez, "Análisis de la vegetación sucesional en un fragmento de bosque seco tropical en Tolúviejo-Sucre (Colombia)", *Colombia Forestal*, vol. 19, no. 1, pp. 23-40, 2016.
- [25] A. Gentry, "Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forests", in Biodiversity and conservation of neotropical montane forests, S. Churchill, H. Balslev, E. Forero, and J. Luteyn Eds. New York: Proceedings, New York Botanical Garden., 1995, sec. Full publication date: Sep., pp. 103-126, 2009.
- [26] H. Mendoza, "Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región Caribe y el valle del río Magdalena, Colombia", *Caldasia*, vol. 21, no. 1, pp. 70-94, 1999.
- [27] A. Gentry, A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest

- South America : (Colombia, Ecuador, Perú): With Supplementary Notes on herbaceous taxa. Washinton, DC: Conservations international, 1993.
- [28] H. Mendoza and B. Ramírez, Guía ilustrada de géneros Melastomataceae y Memecylaceae de Colombia. Bogotá D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; Univerisad del Cauca, 2006.
- [29] H. Mendoza, B. Ramírez, and L. C. Jiménez, Rubiaceae de Colombia. Guía ilustrada de géneros. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2004.
- [30] J. Mercado-Gómez, M. Gonzales, and M. E. Morales-Puentes, “Synopsis of Capparaceae to the flora of Colombia “ *Rodriguésia*, vol. 70, no. e00232018, pp. 1-23, 2019.
- [31] F. Barajas, J. Fernández, and R. Galindo, “Diversidad y composición de la familia Boraginaceae en el departamento de Santander (Colombia)”, *Caldasia*, vol. 27, no. 2, pp. 151-172, 2005. Doi: 10.2307/2806499
- [32] J. Parra and L. Gámez, “Clave para identificar las Moraceae de la ciudad de Mérida (Venezuela) mediante caracteres vegetativos”, *Pittieria*, vol. 35, pp. 25-34, 2011.
- [33] P. Holmgren, N. Holmgren, and L. Barnett, Index Herbariorum. Part I: The Herbaria of the World. Octava edición, Octava ed. Bronx, Nueva York.: International Association for Plant Taxonomy - The New York Botanical Garden, 1990.
- [34] B. Thiers, “Index Herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff”, New York Botanical Garden’s virtual herbarium. Available at <http://sweetgum.nybg.org/ih/>
- [35] A. Chao et al., “Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies”, *Ecological Monographs*, vol. 84, no. 1, pp. 45-57, 2014.
- [36] T. Hsieh, K. Ma, and A. Chao, “iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers)”, *Methods in Ecology and Evolution*, vol. 7, no. 12, pp. 1451-1456, 2016. Doi: 10.1111/2041-210X.12613
- [37] R. Colwell et al., “Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages”, *Journal of Plant Ecology*, vol. 5, no. 1, pp. 3-21, 2012.
- [38] J. Rangel and A. Velásquez, “Métodos de estudio de la vegetación”, in Colombia diversidad biótica II. Tipos de vegetacion en Colombia, O. Rangel-Ch, P. D. Lowy-C, and M. Aguilar-P Eds. Bogotá: Editorial Guadalupe Ltda, pp. 59-82, 1997.
- [39] Ø. Hammer, D. A. T. Harper, and P. D. Ryan, “PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis”, *Palaeontol Electron*, vol. 4, no. 1, p. 9, 2001.
- [40] L. Jost, “Entropy and Diversity” *Okios*, vol. 113, pp. 363-374, 2006.
- [41] E. Marcon and B. Hérault, “entropart: An R Package to Measure and Partition Diversity”, *Biodiversity; entropy; partitioning*, vol. 67, no. 8, p. 26, 2015-10-07 2015. Doi: 10.18637/jss.v067.i08
- [42] A. Chao et al., “Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies”, *Ecological Monographs*, vol. 84, no. 1, pp. 1557-7015, 2014.
- [43] A. Baselga and C. D. L. Orme, “betapart: an R package for the study of beta diversity”, *Methods in Ecology and Evolution*, vol. 3, no. 5, pp. 808-812, 2012. Doi: doi:10.1111/j.2041-210X.2012.00224.x
- [44] A. Gentry, “Diversity and floristic composition of neotropical dry forests”, in Seasonally Dry Tropical Forests, vol. 85, S. H. Bullock, H.

- A. Mooney, and E. Medina Eds. Cambridge: Cambridge University Press, 1995, ch. 7, pp. 146-194
- [45] J. D. Mercado-Gómez, C. Giraldo-Sánchez, and T. Escalante, “Geographic distance and environmental variation drive community structure of woody plants in Neotropical seasonally dry forest fragments in the Colombian Caribbean”, *Plant Ecology & Diversity*, vol. 14, pp. 1-13, 2021. Doi: 10.1080/17550874.2021.2002455
- [46] D. R. Sanmartín-Sierra, D. F. Angarita-Hernández, and J. D. Mercado-Gómez, “Estructura y composición florística del bosque seco tropical de Sanguaré-Sucre (Colombia)”, *Ciencia en Desarrollo*, vol. 7, no. 2, pp. 43-56, 2016.
- [47] R. T. Pennington, M. Lavin, and A. Oliveira-Filho, “Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: Perspectives from seasonally dry tropical forests”, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, vol. 40, no. 1, pp. 437-457, 2009. Doi: doi:10.1146/annurev.ecolsys.110308.120327
- [48] W. S. Fava, W. da Silva Covre, and M. R. Sigrist, “*Attalea phalerata* and *Bactris glaucescens* (Arecaceae, Arecoideae): Phenology and pollination ecology in the Pantanal, Brazil”, *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, vol. 206, no. 6, pp. 575-584, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2011.02.001>
- [49] A. Cosiaux et al., “Low extinction risk for an important plant resource: Conservation assessments of continental African palms (Arecaceae/Palmae)”, *Biological Conservation*, vol. 221, pp. 323-333, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.025>
- [50] K. Banda et al., “Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications”, *Science*, vol. 353, no. 6306, pp. 1383-1387, 2016. Doi: 10.1126/science.aaf5080
- [51] T. D. Pennington and J. Sarukhán, *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. Ciudad de México Universidad Autónoma Nacional de México 2005, p. 523
- [52] O. A. Gamarra Torres et al., “Calidad del bosque de ribera en la cuenca del río Utcubamba, Amazonas, Perú”, *Arnaldoa*, vol. 25, pp. 653-678, 2018. [Online]. Available: http://dev.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992018000200018&nrm=iso
- [53] J. Lepš et al., “Successful Invasion of the Neotropical Species *Piper aduncum* in Rain Forests in Papua New Guinea”, *Applied Vegetation Science*, vol. 5, no. 2, pp. 255-262, 2002. [Online]. Available: <http://www.jstor.org/stable/1479073>
- [54] B. León, “Acanthaceae endémicas del Perú”, *Rev. Perú Biol.*, vol. 13, no. 2, pp. 23-29, 2006.
- [55] R. Villanueva-Espinoza and F. Condo, “Sinopsis de la familia Acanthaceae en el Perú”, *Revista Forestal del Perú*, vol. 34, no. 1, pp. 21-40, 2019. <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v34i1.1282>
- [56] F. Silva, E. Machado, E. Melo, and M. Bezerra, “Flora do Ceará, Brasil: Polygonaceae”, *Rodriguésia*, vol. 67, no. 4, pp. 981-996, 2016
- [57] F. Morales and M. Mendez, “Estudios en las Apocynaceae Neotropicales XXII: nuevos realineamientos taxonómicos en el género *Stemmadenia* (Apocynaceae, Rauvolfioideae, Tabernaemontaneae)” (in English), *Candollea* 60, vol. 2, pp. 345-371, 2005 [Online]. <http://dx.doi.org/10.1007/s00606-013-0910-y>
- [58] M. Garmendia-Zapata, Q. J. H. Armas-Machado, and E. Meneces-Espinales, “Composición, diversidad, estructura e importancia de las especies arbóreas y palmas del bosque de la fin Rosita”, reserva natural estéreo padre ramos, Chinandega, Nicaragua” *La Calera*, vol. 8, no. 11, pp. 66-73, 2008.

- [59] T. Pennington and J. Sarukhán, *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies*. México D.F: Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, 2005.
- [60] M. A. Sampedro, F. H. Gómez, and D. G. Ballut, “Estado de la vegetación en localidades abandonadas por desplazamiento”, en *los montes de María Sucre, Colombia, Recia*, vol. 6, no. 1, pp. 184-193, 2014.
- [61] J. Farreras and G. Aymard, “Estructura, composición florística y diversidad en bosques secos, situados al sur-este del estado barinas, Venezuela”, *Revista Unellez De Ciencia Y Tecnología*, vol. 29, pp. 12-22, 2011.
- [62] A. Noguera, G. Castro, and B. González, “Diversidad florística del bosque de galería en dos localidades del departamento de Carazo, Nicaragua”, *La Calera*, vol. 4, pp. 36-40, 07/02 2004.
- [63] L. Liegel and J. Stead, “*Cordia alliodora* (Ruiz and Pav.) Oken”, in *Silvics of North America Handbooks*, R. Burns and B. Honkala Eds. Washington: Department of Agriculture, Forest Service, pp. 270-277, 2019.
- [64] J. Mercado-Gómez, D. A. Prieto-Torres, M. Gonzalez, M. Morales-Puentes, T. Escalante, and O. Rojas, “Climatic affinities of neotropical species of Capparaceae: an approach from ecological niche modelling and numerical ecology”, *Botanical Journal of The Linnean Society*, vol. 193, pp. 1-13, 2020.
- [65] S. A. Schnitzer and F. Bongers, “The ecology of lianas and their role in forests”, *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 17, no. 5, pp. 223-230, 2002. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02491-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02491-6)
- [66] J. Imaña-Encinas, O. Santana, and C. Imaña, “Estructura diamétrica de un fragmento del bosque tropical seco de la región del Eco-Museo del Cerrado, Brasil”, *Colombia Forestal*, vol. 14, no. 1, pp. 23-30, 2011. Doi: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2011.1.a02>
- [67] G. N. Zaines, R. C. Schultz, and T. M. Isenhardt, “Stream bank erosion adjacent to riparian forest buffers, row-crop fields, and continuously-grazed pastures along Bear Creek in central Iowa”, *J Soil Water Conserv*, vol. 59, no. 1, pp. 19-27, 2004. [Online]. Available: <https://www.jswnonline.org/content/jswc/59/1/19.full.pdf>
- [68] S. Broadmeadow and T. R. Nisbet, “The effects of riparian forest management on the freshwater environment: a literature review of best management practice”, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 8, no. 3, pp. 286-305, 2004. Doi: [10.5194/hess-8-286-2004](https://doi.org/10.5194/hess-8-286-2004).