

Composición y Diversidad de la Flora Leñosa en el Bosque de Tierra Firme del Fundo El Bosque - UNAMAD, Madre de Dios, Perú

Composition and Diversity of Woody Flora in the Amazonian Terra Firme Forest of Fundo El Bosque - UNAMAD, Madre de Dios, Peru

Nicole Eliane Vasquez Bravo ^{1*}
Cristian Jhordi Pumalloclla De Souza ¹
Williams Navarro Mendoza ²
Hugo Brito Ccopa Huayta ²
Sharon Pamela Olarte Año ³
Clotilde Yurema Miranda Aquino ⁴
Yoni Flora Fernández Herrera ⁵
Hector Quispe Solis ⁵

¹ Herbario Alwyn Gentry (HAG), Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD), Av. Jorge Chávez 1160, Madre de Dios, Perú.

² Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco (UNSAAC), Av. de la cultura N°733, Cusco, Perú.

³ Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), Jr. San Martín con Piura, Filial Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú.

⁴ Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD), Av. Jorge Chávez 1160, Madre de Dios, Perú.

⁵ Departamento Académico de Ciencias Básicas, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD), Av. Jorge Chávez 1160, Madre de Dios, Perú.

***Autor de correspondencia:** nicolevqz201@gmail.com

Recibido: 10/03/2024 **Aceptado:** 10/06/2024 **Publicado:** 25/07/2024

Resumen: Los bosques de tierra firme de la Amazonía occidental albergan algunos de los niveles más altos de diversidad vegetal del planeta; sin embargo, los patrones locales de composición y diversidad florística aún son pocos y estudiarlos es importante, más aún porque estas áreas presentan severas amenazas y problemáticas ambientales. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la composición y diversidad de la flora leñosa en el bosque de tierra firme del Fundo El Bosque-UNAMAD, en la región Madre de Dios, Perú. Se evaluaron aleatoriamente diez parcelas de 0,1 ha (20 × 50 m), donde se registraron todos los individuos leñosos con diámetro a la altura del pecho (DAP) $\geq 2,5$ cm. La composición florística fue analizada mediante identificaciones taxonómicas, mientras que para la diversidad se aplicaron índices Alfa de Fisher, Chao-1, curvas de rarefacción y análisis de diversidad beta mediante análisis de Cluster y NMDS. Se registraron 1617 individuos pertenecientes a 397 especies, 175 géneros y 59 familias. Las familias con mayor riqueza fueron: Lauraceae (42 especies), Fabaceae (41), Sapotaceae (28); los géneros más diversos fueron *Inga*, *Ocotea* y *Pouteria*, y las especies más abundantes fueron: *Siparuna decipiens* y *Euterpe precatoria*. La diversidad alfa presentó valores elevados (mayores a 100 de Alfa Fisher), con promedios de 76,53. La diversidad beta mostró similitudes moderadas entre parcelas (30–45%), evidenciando un importante recambio florístico. Los resultados confirman que el Fundo El Bosque constituye un importante reservorio de biodiversidad amazónica y evidencian la influencia de la heterogeneidad ambiental local sobre los patrones de composición y diversidad de la flora leñosa.

Palabras clave: Amazonía peruana; bosque de tierra firme; composición florística; diversidad alfa; diversidad beta

Abstract: The lowland forests of the western Amazon are home to some of the highest levels of plant diversity on the planet; however, there is still little data on local patterns of plant composition and diversity, and

studying them is important, especially given that these areas face severe environmental threats and challenges. The objective of this study was to assess the composition and diversity of woody flora in the lowland forest of the Fundo El Bosque-UNAMAD, in the Madre de Dios region of Peru. Ten 0.1-hectare (20 × 50 m) plots were randomly selected, where all woody individuals with a diameter at breast height (DBH) ≥ 2.5 cm were recorded. Floristic composition was analyzed through taxonomic identifications, while for diversity, Fisher's alpha, Chao-1 indices, rarity curves, and beta diversity analysis were applied using cluster analysis and NMDS. A total of 1,617 individuals belonging to 397 species, 175 genera, and 59 families were recorded. The families with the greatest species richness were: *Lauraceae* (42 species), *Fabaceae* (41), and *Sapotaceae* (28); the most diverse genera were *Inga*, *Ocotea*, and *Pouteria*; and the most abundant species were *Siparuna decipiens* and *Euterpe precatoria*. Alpha diversity showed high values (greater than 100 on the Fisher alpha scale), with averages of 76.53. Beta diversity showed moderate similarities between plots (30–45%), indicating significant floristic turnover. The results confirm that the El Bosque Estate constitutes an important reservoir of Amazonian biodiversity and demonstrate the influence of local environmental heterogeneity on the patterns of composition and diversity of woody flora.

Keywords: Peruvian Amazon; lowland forest; floristic composition; alpha diversity; beta diversity

1. Introducción

Los bosques amazónicos representan uno de los ecosistemas con mayor diversidad florística del planeta, caracterizados por una elevada riqueza de especies y una compleja estructura ecológica. En la Amazonía peruana, esta diversidad se expresa de manera notable tanto a escala local como regional, donde parcelas de muestreo relativamente pequeñas pueden concentrar un alto número de especies arbóreas, reflejando la heterogeneidad ambiental y biológica de estos bosques (Gentry & Ortiz, 1993).

La diversidad y composición de la flora leñosa en general para la región Madre de Dios, está representada por zonas con variables valores, de éstas se reconocen a las zonas inundables y aguajales como las que poseen menos diversidad (Dueñas, 2021; Encarnación et al., 2008) y los bosques de tierra firme como las más diversas (Dueñas, 2021; Gentry & Ortiz, 1993; Pitman et al., 2001), sin embargo las zonas más cercanas a la base de los andes hacia el oeste norte son donde se registran las cifras más altas como en Cocha Cashu con hasta 165 especies en 0.1 ha (Gentry & Ortiz, 1993). Más estos valores no son comparables a sitios más diversos como los que se registran para Allpahuayo, Mishana y Jenaro Herrera con valores de 239 a 256 especies de plantas leñosas en 0.1 ha (Gentry, 1988; Gentry & Ortiz, 1993). En el mismo sentido, los estudios de composición taxonómica de forma general muestran que, para los bosques de tierra firme en Madre de Dios, las familias más diversas son principalmente las *Fabaceae*, *Moraceae* y *Lauraceae*.

Si bien es cierto ya se hicieron algunos estudios enfocados en conocer los patrones de diversidad, composición y estructura, quedan aún grandes vacíos en el conocimiento de los patrones a escalas más locales que a su vez están directamente relacionados a procesos ecológicos puntuales, tales como los que se ha llegado diferenciar dentro de los bosques de tierra firme, por ejemplo los bosques de tierra firme dominados por el árbol *Bertholletia excelsa* "castaña" que es frecuente en los alrededores de la provincia de Tambopata. Para conocer estos patrones de diversidad de la flora leñosa, un método efectivo es el muestreo de parcelas de 0,1 ha que además nos permite describir la composición florística y comparar patrones de diversidad alfa y beta, riqueza y dominancia entre diferentes áreas del bosque tropical (Phillips & Miller, 2002).

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivos: a) evaluar la composición florística y b) evaluar la diversidad florística del bosque de tierra firme del Fundo El Bosque - UNAMAD, ubicado en el distrito de Las Piedras, región Madre de Dios.

2. Materiales y métodos

2.1. Ubicación del área de estudio

El área de estudio se localiza en el Fundo El Bosque - UNAMAD, ubicado en el distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, en la Amazonía suroriental del Perú. El fundo se encuentra aproximadamente a 16,5 km de la ciudad de Puerto Maldonado, a lo largo de la carretera Interoceánica Sur, en el sector Planchón, en el margen derecho. Geográficamente, el área de estudio se sitúa entre las coordenadas 12°27'32" S y 12°28'28" S de latitud sur y 69°06'42" W y 69°08'26" W de longitud oeste (Figura 1), a una altitud promedio cercana a los 210 m.s.n.m. El fundo presenta una extensión aproximada de 428,24 ha y está caracterizado por bosques amazónicos de tierra firme, con relieve ligeramente ondulado y suelos típicos de origen aluvial (INADE, 2007).



Figura 1. Mapa de ubicación de las parcelas evaluadas en el Fundo El Bosque UNAMAD

2.2. Metodología

2.2.1. Muestreo de la vegetación

En el fundo El Bosque-UNAMAD, se evaluaron aleatoriamente 10 parcelas rectangulares de acuerdo con el método de parcelas modificadas de (Phillips & Miller, 2002) y el manual de campo para el establecimiento y remediación de parcelas de (Phillips et al., 2016). Cada parcela fue de 0,1 ha con un área de 20 x 50 m (1000 m²). En cada parcela se evaluaron individuos leñosos que presentaron un DAP $\geq$ 2,5 cm a 1,30 m de POM (Punto óptimo de medida). Los componentes evaluados fueron: árboles, arbustos, lianas, entre otras formas de vida que sean leñosas. Se realizaron colecciones de los individuos evaluados; luego, en el Herbario Alwyn Gentry (HAG) de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios se realizaron los procedimientos estándares de secado, montaje e identificación.

2.2.2. Análisis de datos

Composición florística

Para este objetivo se realizaron las identificaciones de los especímenes con base en las colecciones depositadas en el Herbario Alwyn Gentry (HAG) de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD); también se consultó literatura especializada y herbarios digitales como Field Museum

(<https://plantidtools.fieldmuseum.org/es/rrc/5581>) y el Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (<https://www.gbif.org/search>). Las identificaciones y determinaciones taxonómicas están basadas en el sistema de clasificación de Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016). Los nombres científicos fueron actualizados y corroborados por Tropicos.org.

Diversidad

Para calcular la diversidad alfa y beta, hemos utilizado índices cuantitativos. Para medir la diversidad alfa se utilizaron los índices de Alfa de Fisher, $S = \alpha \ln[1 + (N/\alpha)]$, donde: S = número de especies en la muestra y N = número de individuos en la muestra, este índice es considerado como un estimador robusto (Phillips & Miller, 2002), la segunda para estimar una riqueza real y una proyectada a una total posible hemos utilizado el estimador no paramétrico CHAO-1, este estimador se fundamenta y prioriza la presencia de especies raras dentro de una muestra (en este caso cada plot), siendo $Chao1 = Sobs + ((n-1/n) F1(F1-1)/2(F2+1))$, donde: Sobs es el número de especies observadas en la parcela, n el número de muestras, F1 es el número de especies observadas con abundancia de un individuo (especies singleton) y F2 es el número de especies observadas con abundancia de dos individuos (especies doubletons) (Chao, 1987). Además, para estimar el número total de especies que pueden encontrarse en cada parcela, elaboramos curvas de abundancia utilizando el método de rarefacción, con la función de extrapolación a nivel de cada región; para esta parte del análisis, utilizamos los índices de Hill $q = 0$ para cuantificar el número efectivo de todas las especies, incluidas las especies raras, y $q = 1$ (diversidad exponencial de Shannon) como el número efectivo de plantas leñosas frecuentes (Hsieh et al., 2016). Estos análisis se realizaron utilizando el paquete iNEXT, desarrollado para el software R (R Core Team, 2024). Para conocer la diversidad beta y la estructura se aplicó el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), con dos ejes de expresión, considerando la disimilitud de Bray-Curtis con los datos de abundancia; de acuerdo con los resultados, se consideró el estrés, con pruebas de permutación (N = 999), el porcentaje de aportación de ordenación en los 2 ejes. Para obtener los resultados del NMDS, se utilizaron las funciones de envfit y metaMDS implementadas en el paquete vegan (Oksanen et al., 2022), todo ello a través del software estadístico R.

3. Resultados

Composición florística

En las 10 parcelas se evaluó un total de 1617 individuos leñosos (DAP $\geq 2,5$ cm). Se identificó un total de 397 especies, de las cuales 145 corresponden a morfoespecies, 59 familias y 175 géneros de la flora arbórea del fundo El Bosque. Las familias más numerosas y con mayor diversidad fueron: Fabaceae (22 géneros), Lauraceae (11), Rubiaceae (11), Moraceae (10), Annonaceae (7), Bignoniaceae (7), Malvaceae (6), Chrysobalanaceae (4), Meliaceae (5) y Sapotaceae (5) (Figura 2).

Estos resultados muestran valores mayores en cuestión del número de especies registradas en comparación con otros estudios que presentan mayor área muestreada, como en el estudio de Escalante (2019) y Carhuarupay (2014) realizado en el fundo El Bosque. Mientras que Araujo-Murakami et al. (2012) reportan una alta diversidad y riqueza de especies en diferentes sectores de bosques de tierra firme registrando 579 individuos representados en 38 familias, 75 géneros y 96 especies en promedio en los bosques del norte boliviano. Dueñas (2021) registra en sus puntos de muestreo en algunas zonas de Madre de Dios, entre 515 y 677 individuos (DAP ≥ 10 cm), pertenecientes a 142 a 191 especies y 37 a 45 familias. Las diferencias significativas con el presente estudio se deben, principalmente, a la variabilidad de hábitats en las cuales se desarrollaron estos estudios, dado que están condicionados principalmente por el tipo de suelo y drenaje, siendo las de mayor diversidad en áreas de bosque de tierra firme. A pesar de que nuestro estudio abarca 10 parcelas de 0.1 ha, se logró registrar mayor riqueza y diversidad ya que considera individuos arbustivos, lianas y pequeñas palmeras en comparación con Araujo-Murakami et al. (2012) y Dueñas (2021), quienes incluyen solo árboles con DAP ≥ 10 cm.

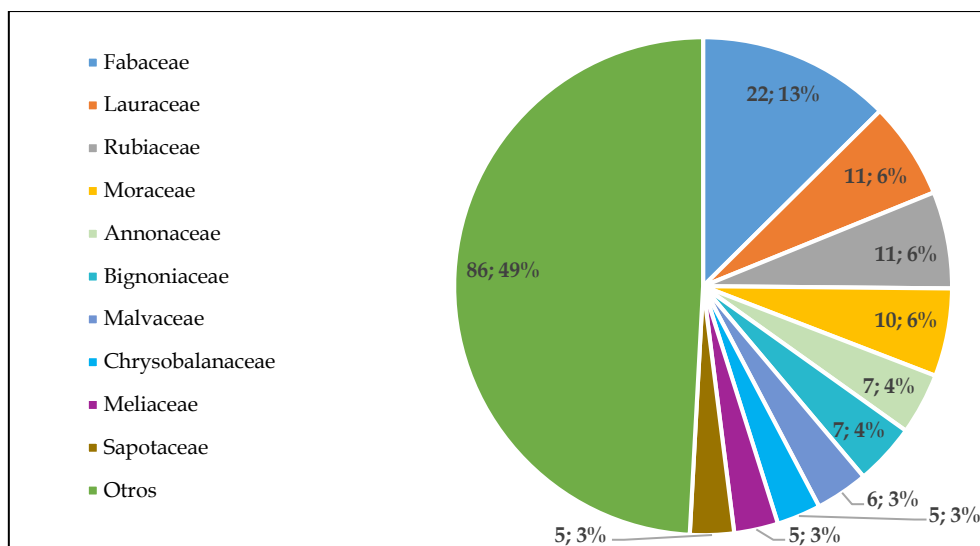


Figura 2. Resumen de las 10 familias con mayor número de géneros.

Las familias más ricas en especies fueron: Lauraceae con 42 especies, Fabaceae (41), Sapotaceae (28), Moraceae (26), Rubiaceae (23), Meliaceae (15), Chrysobalanaceae (14), Annonaceae (13), Burseraceae (13), Myristicaceae (11), Myrtaceae (11), Salicaceae (11) (Figura 3).

En cuanto a los patrones de composición de las familias botánicas, nuestros resultados se corroboran con los hallazgos de estudios previos como los de Carhuarupay (2014), Murakami et al. (2012) y Dueñas (2021), quienes reportaron entre las familias más representativas: Fabaceae, Moraceae, Lauraceae, Annonaceae, Malvaceae, Sapotaceae y Meliaceae.

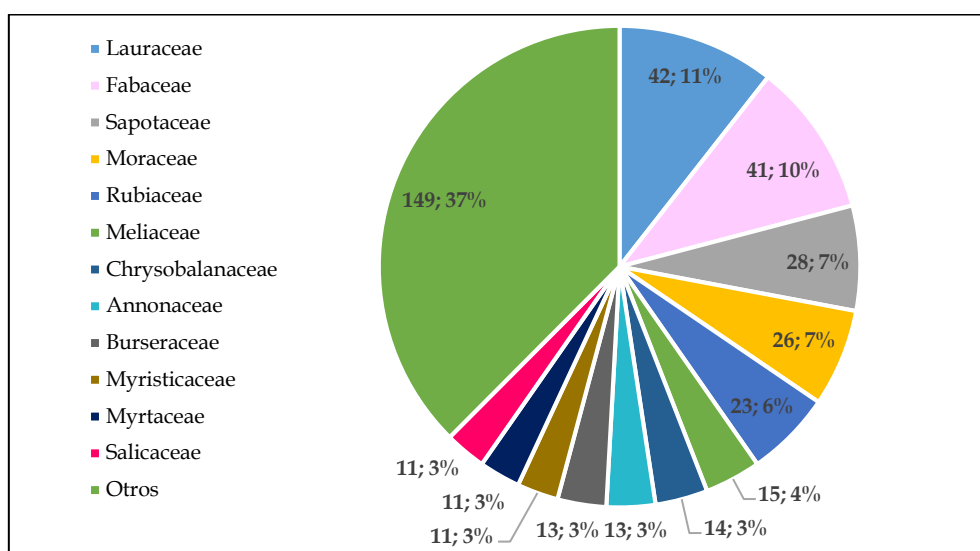


Figura 3. Resumen de las 10 familias con mayor número de especies.

Estos patrones a nivel regional también se corroboran con las afirmaciones de Gentry y Ortiz (1993) y Gentry, (1988) donde señalan que las familias que contribuyen mayormente a la riqueza de especies en muestreos de 0.1 ha de bosques amazónicos de la Amazonía occidental son las familias Fabaceae, Lauraceae, Annonaceae, Rubiaceae, Moraceae, Myristicaceae, Sapotaceae, Meliaceae, Arecaceae y Euphorbiaceae y por lo cual al menos 8 de estas familias están siempre entre las 10 familias con mayor número de especies.

Los géneros más diversos en especies fueron: *Inga* con 16 especies, *Ocotea* (16), *Pouteria* (12), *Protium* (11), *Casearia* (11), *Brosimum* (9), *Chrysophyllum* (9), *Siparuna* (9), *Guarea* (8), *Hirtella* (7), *Aniba* (7), *Virola* (7), *Eugenia* (7) (Figura 4).

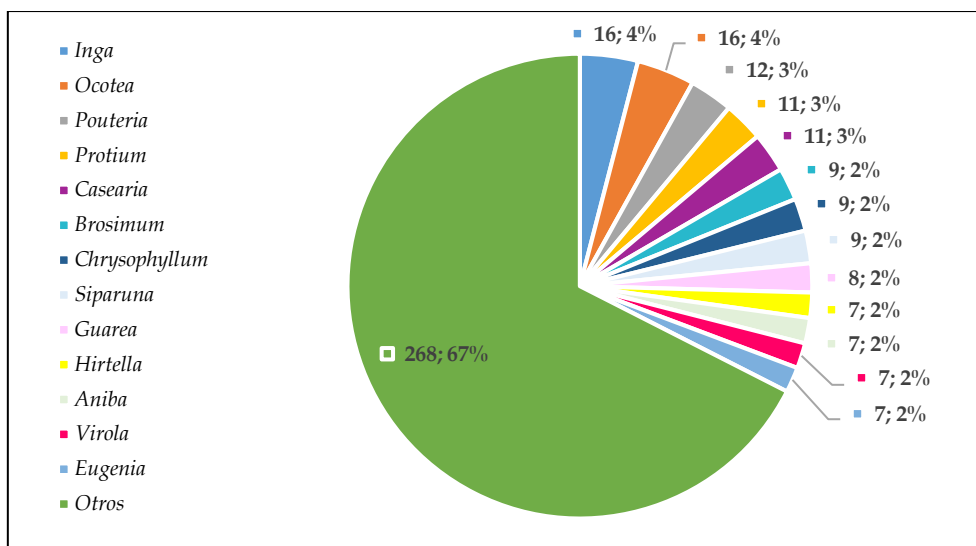


Figura 4. Resumen de los 13 géneros con mayor número de especies.

En comparación con los géneros más representativos, tenemos el de Carhuarupay (2014), que también señala los géneros: *Inga*, *Protium*, *Brosimum*, *Ocotea*, *Guarea* y *Virola*, y el de Escalante (2019), que señala los géneros *Virola*, *Brosimum*, *Casearia*, *Inga*, *Protium*, *Ocotea*, *Siparuna* y *Aniba*; estos resultados en gran medida son similares en cuanto a los taxones registrados, pero difieren un tanto en cuanto a las abundancias y densidades.

Se identificaron 5 formas de vida (hábitos) de las especies identificadas: Árbol con 361 especies (91%), Liana con 18 especies (5%), Arbusto con 13 especies (3%), Palma arbórea con 4 especies (1%) y Bambu leñoso con 1 especie (Figura 5).

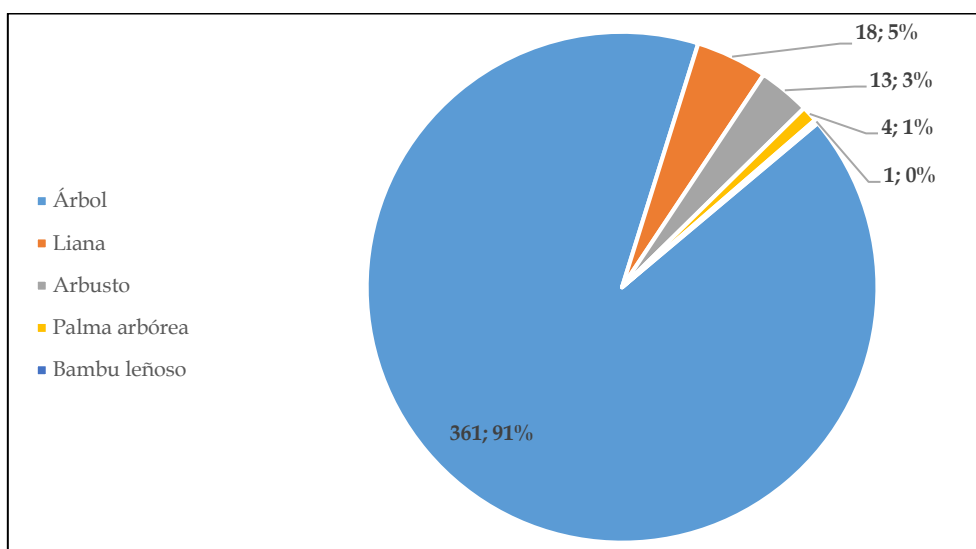


Figura 5. Diversidad de especies por hábito.

Se presenta a las especies más abundantes en el área estudiada, siendo la especie *Siparuna decipiens* (Tul.) A.DC. con 103 individuos, la más abundante, y la segunda especie es *Euterpe precatoria* Mart. con 82 individuos siendo esta la palmera arbórea *E. precatoria* (Tabla 1).

Tabla 1. Las 20 primeras especies con mayor número de individuos.

Nº	Especies	Hábito	Individuos
1	<i>Siparuna decipiens</i> (Tul.) A.DC.	Árbol	103
2	<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	Palma arbórea	82
3	<i>Pausandra trianae</i> Baill.	Árbol	51
4	<i>Hirtella racemosa</i> Lam.	Árbol	50
5	<i>Iryanthera laevis</i> Markgr.	Árbol	48
6	<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	Palma arbórea	38
7	<i>Iryanthera juruensis</i> Warb.	Árbol	30
8	<i>Protium altissimum</i> (Aubl.) Marchand	Árbol	29
9	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Árbol	29
10	<i>Pseudolmedia laevis</i> (Ruiz & Pav.) J.F.Macbr.	Árbol	28
11	<i>Pourouma minor</i> Benoist	Árbol	28
12	<i>Tachigali amarumayu</i> Huamantupa, H.C.Lima & D.B.O.S.Cardoso	Árbol	26
13	<i>Tachigali alba</i> Ducke	Árbol	24
14	<i>Siparuna bifida</i> (Poepp. & Endl.) A. DC.	Árbol	23
15	<i>Piper arboreum</i> Aubl.	Arbusto	22
16	<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul	Árbol	19
17	<i>Pseudolmedia macrophylla</i> Trécul	Árbol	18
18	<i>Brosimum lactescens</i> (S.Moore) C.C.Berg	Árbol	17
19	<i>Ocotea bofo</i> Kunth	Árbol	16
20	<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	Árbol	15

Si bien es cierto que en nuestro estudio *S. decipiens* fue la especie más abundante, se corrobora con estos estudios, como los de Carhuarupay (2014) y Dueñas et al. (2019); otros estudios se refieren a *Euterpe precatoria* como la más abundante, como el de Escalante (2019). En general, en varios estudios incluidos, los de Murakami et al. (2012), es frecuente la dominancia de las especies: *S. decipiens*, *E. precatoria*, *Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav., *Pseudolmedia laevis* (Ruiz & Pav.) J.F.Macbr., *Brosimum lactescens* (S.Moore) C.C.Berg, *Iryanthera juruensis* Warb. y *Pseudolmedia laevigata* Trécul., como las especies más representativas.

Considerando nuestros resultados a nivel más amplio regional como el de Pitman et al. (2001) quienes afirman que los bosques de tierra firme peruanos son predecibles para las especies: *I. deltoidea* y *P. laevis*, considerables además como especies hiperdominantes. Igualmente, Araujo-Murakami et al. (2015) observan que en el bosque amazónico Acre-Madre de Dios predominan: *P. laevis* y *S. decipiens*. Por otro lado, en los bosques amazónicos preandinos del sur peruano y norte boliviano destacan *I. deltoidea* y *P. laevis*, mientras que Araujo-Murakami et al. (2012) mencionan a *P. laevigata* y *P. macrophylla*. Estas variaciones confirman que, aunque existen especies comunes, la estructura florística difiere significativamente a lo largo de la Amazonía peruana.

Diversidad alfa

La diversidad alfa, evaluada mediante el índice de Fisher, muestra una diversidad variable, las parcelas más diversas son las P4 (112,4), P5 (101,6), P2 (90,33) y, según el índice de Chao-1, las P2 (292,9), P4 (289,3), P5 (246,3). El promedio de la diversidad de todas las parcelas mediante el índice de alfa de Fisher es 76,53 y por el índice de Chao-1 es 195,67 (Tabla 2).

Tabla 2. Diversidad alfa (Índice de Alfa de Fisher y Índice de Chao-1).

	P1	P10	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Promedios
Especies	84	88	101	67	109	101	79	86	59	86	86
Individuos	155	170	186	141	184	173	149	169	143	147	161,7
Alfa Fisher	74,9	73,42	90,33	49,98	112,4	101,6	68,2	70,08	37,59	86,78	76,53
Chao-1	201,3	193,4	292,9	96,32	289,3	246,3	170,3	160,9	136,6	169,4	195,67

De acuerdo con el método de rarefacción, la parcela con mayor diversidad del índice de Hill, proyectada, la constituyen las parcelas 4, 2 y 5, las cuales se estima que pueden llegar a presentar hasta cerca de 200 especies por parcela (Figura 6).

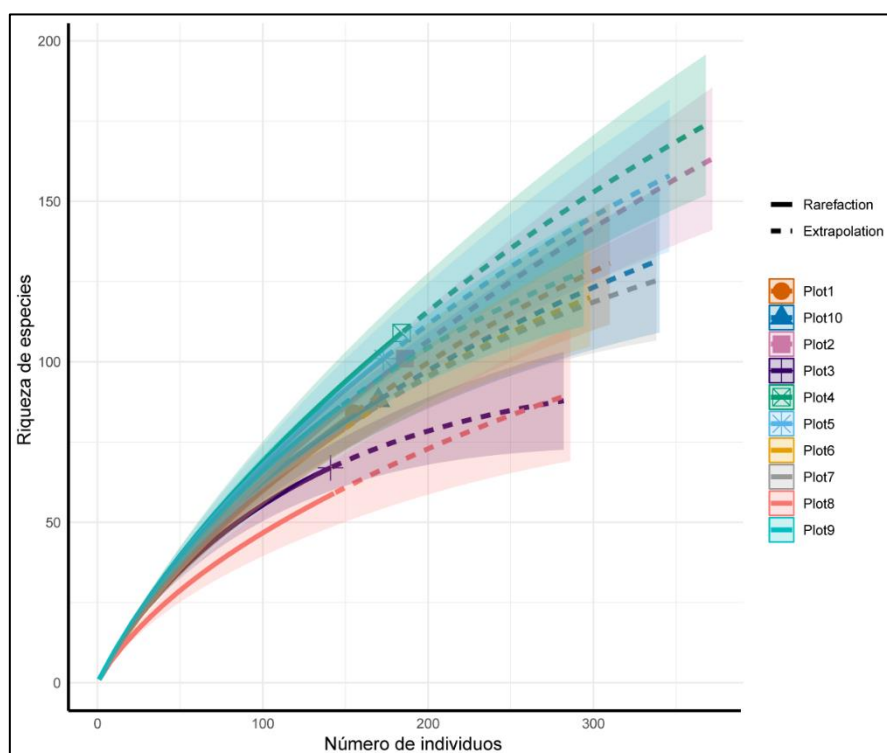


Figura 6. Curva de rarefacción y acumulación basada en especies.

En zonas tropicales, si el índice de alfa de Fisher es mayor que 100, se considera una diversidad alta (Phillips y Miller, 2002), por tanto nuestros resultados evidencian que algunas zonas muestreadas en el Fundo el Bosque, contienen lugares altísimos en diversidad como es el caso de la parcela 4 con 109 especies, 184 individuos, una diversidad Alfa de Fisher de 112,4 y la parcela 5 con 101 especies, 173 individuos y un Alfa de Fisher de 101,6, evidenciando que cada especie no cuenta ni con 2 individuos, mostrando una buena cantidad de especies únicas y esto se considera como lugares con altísima variabilidad de especies leñosas, comparables a lugares muy diversos en diversas zonas tropicales. Estos patrones también se registraron en algunas zonas cercanas a nuestro estudio, como en los de Tambopata, con 149 y 130 especies en 0.1 ha, que también son parecidos a otras zonas de alta riqueza en la Amazonía peruana, como en Mishana y Yanamono (Gentry 1988).

En estudios realizados en el Fundo El Bosque, Carhuarupay (2014) y otros reportan índices de alfa de Fisher promedio de entre 28,46 y 39,90, lo que indica una diversidad regular a baja para estos bosques. Si comparamos con nuestros resultados en la misma área, varias parcelas tienen valores similares, lo cual corrobora nuestra afirmación de que en el Fundo El Bosque podemos hallar lugares con altísima y baja diversidad.

Al comparar estos datos con los de Dueñas (2021), evaluados en diversos ámbitos de Madre de Dios, se dieron a conocer valores entre 64.80 y 87.65 en parcelas de 1 ha ($DAP \geq 10$ cm) y en otras de 0.1 ha ($DAP > 2.5$ cm); los valores de alfa de Fisher resultaron entre 34.15 y 90.77. Estas fluctuaciones, al contrastar con nuestros resultados, también sugieren que existen diversos patrones de diversidad, los que posiblemente estén asociados a varios factores más locales como el tipo de suelo, humedad, drenaje, precipitación y estacionalidad, como sugiere Gentry & Ortiz (1993).

Diversidad Beta

Los resultados de diversidad beta muestran una similitud florística relativamente baja entre las parcelas evaluadas, con valores de Bray-Curtis que oscilaron entre 0,20 y 0,45. La máxima similitud observada entre las parcelas P7 y P9 (0,45) indica que menos de la mitad de la composición y abundancia de especies es compartida

entre ambas unidades de muestreo, mientras que la menor similitud entre P4 y P8 (0,20) evidencia una marcada diferenciación florística (Tabla 3). Estos resultados sugieren una elevada heterogeneidad espacial dentro del bosque de tierra firme del Fundo El Bosque, patrón característico de los bosques amazónicos tropicales, donde la distribución de especies suele estar influenciada por variaciones locales en el relieve, drenaje, disponibilidad de nutrientes, dinámica de claros y procesos sucesionales (Gentry, 1988; Pitman et al., 2001).

Tabla 3. Conglomerados de similitud entre parcelas.

	P1	P10	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
P1	1									
P10	0,27	1								
P2	0,40	0,38	1							
P3	0,35	0,32	0,35	1						
P4	0,35	0,32	0,37	0,38	1					
P5	0,30	0,33	0,37	0,31	0,38	1				
P6	0,29	0,35	0,32	0,36	0,29	0,28	1			
P7	0,35	0,37	0,35	0,31	0,39	0,39	0,42	1		
P8	0,28	0,28	0,24	0,28	0,20	0,25	0,27	0,30	1	
P9	0,40	0,40	0,36	0,33	0,38	0,33	0,40	0,45	0,30	1

El dendrograma de agrupamiento permitió reconocer dos conjuntos principales de parcelas con una similitud aproximada de 35%. El primer grupo, conformado por las parcelas P6, P7, P9 y P10, y el segundo por las parcelas P1, P2, P3 y P4, sugieren la existencia de comunidades vegetales con afinidades florísticas diferenciadas dentro del área de estudio. La formación de estos grupos podría estar asociada a condiciones microambientales particulares, tales como diferencias edáficas, topográficas o históricas relacionadas con perturbaciones naturales. En bosques amazónicos, incluso variaciones ambientales relativamente pequeñas pueden generar cambios importantes en la composición de especies debido a la alta especialización ecológica de numerosos taxones (Tuomisto et al., 2003; Phillips et al., 2003).

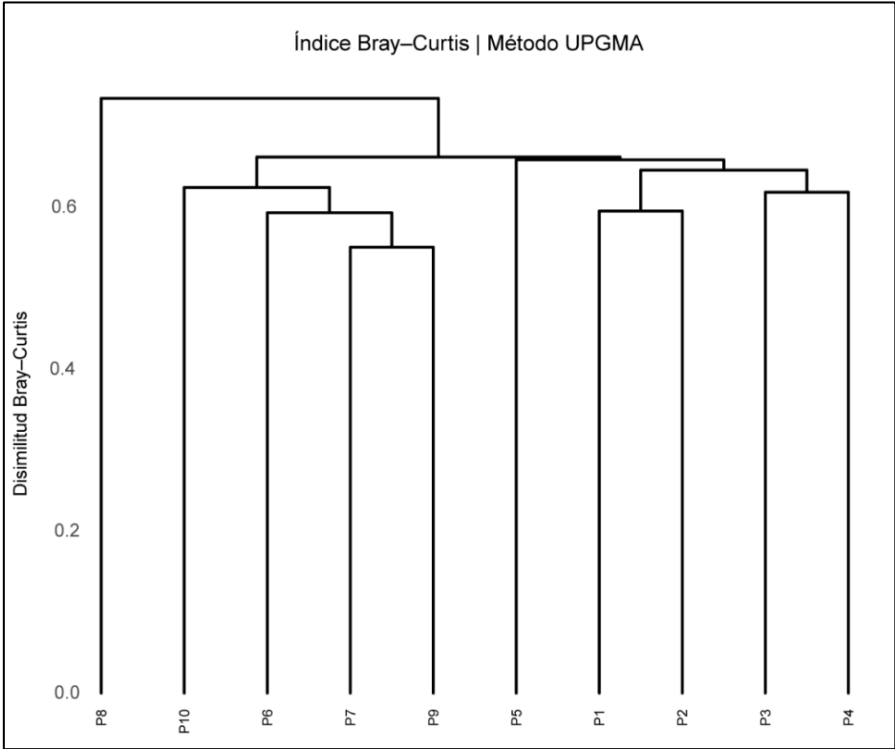


Figura 7. Dendrograma de similitud entre parcelas.

Para complementar el análisis beta, con datos de abundancia por parcela se muestra el gráfico del escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), apreciándose la relación y similitud entre parcelas. (Figura 8).

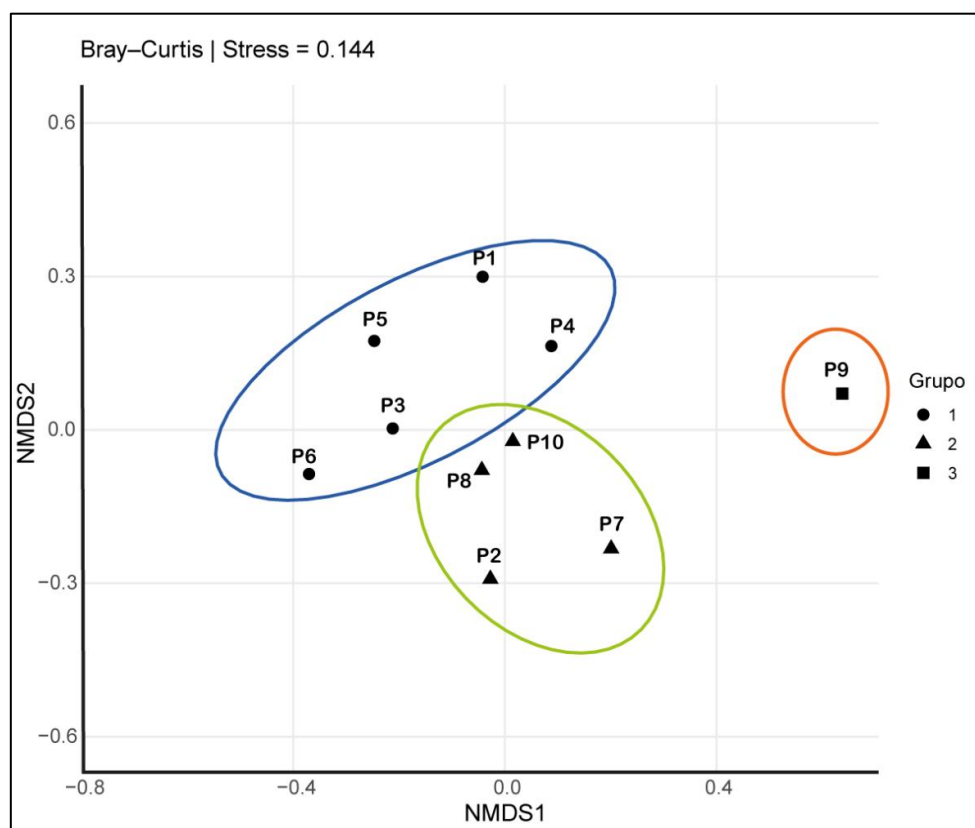


Figura 8. Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS).

Los resultados obtenidos son consistentes con estudios previos realizados en Madre de Dios. Carhuarupay (2014) y otros, utilizando índices de similitud basados en presencia-ausencia, también identificaron agrupamientos florísticos diferenciados dentro del Fundo El Bosque. Asimismo, investigaciones regionales desarrolladas por Pitman et al. (2001), Araujo-Murakami et al. (2012) y Dueñas (2021) han documentado que los bosques de tierra firme amazónicos presentan elevados niveles de recambio florístico, aun entre áreas geográficamente cercanas, debido a la combinación de factores ambientales y procesos ecológicos que regulan el establecimiento y dominancia de las especies.

El patrón de ordenación mediante el NMDS complementa estos hallazgos al mostrar gráficamente la relación entre parcelas a partir de la abundancia de especies. La proximidad entre algunas parcelas confirma los patrones de similitud detectados por Bray-Curtis, mientras que la dispersión observada entre otras refleja un importante recambio de especies y abundancias. Este patrón indica que la diversidad beta en el Fundo El Bosque está determinada no solo por la presencia o ausencia de especies, sino también por diferencias en sus abundancias relativas. En conjunto, los análisis de Bray-Curtis, dendrograma y NMDS evidencian que el bosque estudiado constituye un mosaico de comunidades vegetales con composición variable, contribuyendo significativamente al mantenimiento de la alta diversidad regional y de las características de los bosques amazónicos del sur del Perú.

Conclusiones

La flora leñosa del Fundo El Bosque está representada por una riqueza taxonómica, registrándose 1617 individuos distribuidos en 397 especies, 175 géneros y 59 familias, lo que confirma este bosque de tierra firme como un importante reservorio de biodiversidad amazónica en esta parte del sur peruano. Las familias Lauraceae, Fabaceae, Sapotaceae, Moraceae y Rubiaceae concentraron la mayor riqueza de especies, mientras que géneros como *Inga*, *Ocotea* y *Pouteria* destacaron por su alta diversificación. A nivel de especies: *S. decipiens*,

E. precatoria y *P. trianae*, son dominantes. La predominancia de árboles (91% de las especies) evidencia el carácter forestal del ecosistema y su afinidad y estos corroboran además patrones similares de composición florística a nivel local y regional en el sur peruano y norte boliviano

Los análisis de diversidad revelan una marcada heterogeneidad florística entre parcelas, con valores promedio elevados de Alfa de Fisher (76,53) y Chao-1 (195,67), destacando las parcelas P4 y P5 como áreas de excepcional riqueza específica. Asimismo, la diversidad beta mostró niveles moderados de similitud entre parcelas (30–45%), indicando un importante recambio de especies dentro del área de estudio. Estos resultados sugieren que el Fundo El Bosque alberga mosaicos de comunidades vegetales influenciadas por factores ambientales locales, contribuyendo significativamente al mantenimiento del equilibrio ecológico local y mostrando una diversidad regional amazónica variable y compleja.

Agradecimientos

El presente trabajo formó parte de la tesis desarrollada en el año 2023 y fue financiado por el Programa de Becas de Acierta Amazonía (CINCIA) con código N°017-2023-CINCIA-UNAMAD. También se ejecutó con el apoyo del Herbario Alwyn Gentry de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD). Agradecemos el apoyo del Dr. Isau Huamantupa Chuquimaco, docente investigador de la carrera profesional de Biología de la UNAMAD, al Ing. Sufer Báez Quispe, director del Herbario Alwyn Gentry de la UNAMAD. A los asistentes de campo, al Sr. Abilio Isuiza Mamiro, Ángel Augusto Balarezo Mozombite. Al presidente de la comunidad nativa de Bélgica, al Sr. Antonio López Cuchiteneri, por su apoyo con la organización para el trabajo en las comunidades.

Financiamiento

El presente trabajo no tuvo financiamiento alguno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de ninguna índole durante el desarrollo del estudio y su publicación.

Contribución de autores

Vasquez Bravo, N. E.; Pumalloclla De Souza, C. J. y Navarro Mendoza, W. Conceptualización, metodología, recolección, organización, análisis y curación de datos, así como redacción del borrador inicial del manuscrito. Ccopa Huayta, H. B.; Olarte Año, S. P. y Miranda Aquino, Y. C. Análisis de la información, interpretación de resultados, revisión bibliográfica, revisión crítica y edición del manuscrito. Fernández Herrera, Y. F. y Quispe Solis, H. Supervisión académica, validación del contenido, revisión final y aprobación de la versión definitiva del manuscrito.

Referencias bibliográficas

- Angiosperm Phylogeny Group (APG-IV). (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111>
- Araujo-Murakami, A., Poma-Chura, A., Palabral, A., Salvatierra, R., & Hurtado, F. (2012). Composición florística de los bosques amazónicos de tierra firme e inundable en las proximidades de las pampas del Sonene (Río Heath), Parque Nacional Madidi, Bolivia. *Kempffiana*, 8(1), 3–21. <https://doi.org/ISSN:1991-4652>
- Araujo-Murakami, A., Villarroel, D., Pardo, G., Vos, V., Parada, A., Arroyo, L., & Killeen, T. (2015). Diversidad arbórea de los bosques de tierra firme de la Amazonía boliviana. *Kempffiana*, 11(1), 1–28.
- Carhuarupay, S. (2014). “Estructura, diversidad y composición florística arbórea de un bosque de terraza alta del sector Loboyoc, Distrito de Las Piedras, Provincia de Tambopata, Madre de Dios. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

- Chao, A. (1987). Estimating the Population Size for Capture-Recapture Data with Unequal Catchability.
- Dueñas, H. (2021). Los bosques de la Amazonía peruana: biodiversidad, ecosistema, políticas y normas (I. L. de A. E. ILAE (ed.)). Instituto Latinoamericano de Altos Estudios –ILAE.
- Dueñas, H., Peña, J., Báez, S., Bejar, N. B., Berrocal, N., & Garate, J. (2019). Influencia de la conservación de bosques en la diversidad y composición florística arbórea en el sureste de la Amazonía peruana. *Ciencia Amazónica* (Iquitos), 7(1), 111–125. <http://dx.doi.org/10.22386/ca.v7i1.268>
- Encarnación, F., Zarate, R., & Ahuite, M. (2008). Temática Vegetación en la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) del departamento de Madre de Dios.
- Escalante, A. (2019). Riqueza, dominancia, diversidad y composición florística de arboles en la localidad de Loboyoc, Tambopata-Madre de Dios. Universidad nacional amazonica de madre de dios.
- Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals Missouri Botanical Garden*, 75(1), 1–34. <http://www.jstor.org/stable/2399464>
- Gentry, A. H., & Ortiz, R. (1993). Patrones de composición florística en la Amazonía peruana. In R. Kalliola, M. Puhakka, & W. Danjoy (Eds.), *Amazonia peruana vegetación húmeda tropical en el llano subandino* (pp. 155–166). <https://doi.org/9529043872>
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., & Chao, A. (2016). An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). In *Methods in Ecology and Evolution* (pp. 1451–1456).
- INADE, (2007). Mesozonificación Ecológica-Económica del Corredor Interoceánico Sur, tramo Iñapari – Inambari. Instituto Nacional de Desarrollo (INADE), proyecto especial de Madre de Dios y proyecto de Estudios Automatizados Especializados – PEASE, Puerto Maldonado – Perú.
- Oksanen, J., Simpson, G. L., Blanchet, F. G., Kindt, R., & Weedon, J. (2022). *Vegan:Community Ecology Package*. (R Package Version 2; pp. 6–2). <https://cran.r-project.org/package=vegan>.
- Phillips, O., Baker, T., Feldpausch, T., & Roel, B. (2016). Manual de campo para el establecimiento y la remediación de parcelas. In *Rainfor*. https://forestplots.net/upload/es/recursos/RAINFOR_field_manual_ES.pdf
- Phillips, O., & Miller, J. (2002). Global patterns of plant diversity: Alwyn H. Gentry's forest transect data set. *Missouri Botanical Garden Press*, 89. <https://doi.org/10.1007/s00606-004-0211-6>
- Phillips, O. L., Núñez Vargas, P., Monteagudo, A. L., Peña Cruz, A., Chuspe Zans, M. E., Galiano Sánchez, W., Yli-Halla, M., & Rose, S. (2003). *Habitat association among Amazonian tree species: A landscape-scale approach*. *Journal of Ecology*, 91(5), 757–775. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2003.00815.x>
- Pitman, N., Terborgh, J., Silman, M., Nuñez, P., Neill, D., Cerón, C., Palacios, W., & Aulestia, M. (2001). Dominance and distribution of tree species in upper amazonian terra firme forests. *Ecological Society of America*, 82(8), 2101–2117.
- R Development Core Team. (2024). A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical ComputingNo Title. <https://doi.org/ISBN 3-900051-07-0>
- Tuomisto H, Ruokolainen K, Yli-Halla M. (2003). Dispersal, environment, and floristic variation of western Amazonian forests. *Science* 299, 241–244. (doi:10.1126/science.1078037)