



## Scientia Agropecuaria

Web page: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>

Facultad de Ciencias  
Agropecuarias

Universidad Nacional de  
Trujillo

### RESEARCH ARTICLE



## Floristic composition, structure and tree diversity of an amazon forest in Peru

Composición florística, estructura y diversidad arbórea de un bosque amazónico en Perú

Carlos E. Alvarez-Montalván<sup>1,\*</sup> ; Saúl Manrique-León<sup>2</sup> ; Mauro Vela-Da Fonseca<sup>2</sup> ;  
Jorge Cardozo-Soarez<sup>2</sup> ; Julio Callo-Ccorcca<sup>2</sup> ; Pamela Bravo-Camara<sup>2</sup> ; Italo Castañeda-Tinco<sup>3</sup> ;  
Julio Alvarez-Orellana<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Continental, Av. San Carlos 1980 - Urb. San Antonio, Huancayo. Peru.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Av. Jorge Chávez N°1160, Ciudad Universitaria, Tambopata, Madre de Dios. Peru.

<sup>3</sup> Universidad Nacional Autónoma de Huanta. Jr. Manco Cápac N° 497, Huanta, Ayacucho. Peru.

<sup>4</sup> Universidad Nacional del Centro del Perú. Av. Mariscal Castilla 3909, El Tambo, Huancayo, Junín. Peru.

\* Corresponding author: [ceam4492@gmail.com](mailto:ceam4492@gmail.com) (C. E. Alvarez-Montalván).

Received: 26 August 2020. Accepted: 8 February 2021. Published: 25 February 2021.

#### Abstract

The Amazonian forests of Peru are among the most diverse and disturbed by anthropic activities on the planet, today there are still gaps on the composition of the communities and their inter-specific relationships. A forest inventory was carried out in a terraced forest in the Madre de Dios region, 5 blocks were established with 2 rectangular plots of 20m x 500m each to identify and measure individuals with diameter greater than 10 cm. 4429 trees were evaluated and 254 species, 165 genera and 53 families were identified. The distribution of diameter classes and height presents typical patterns of intervened forests, in this case by the extraction of wood decades ago. The average of the biodiversity indices are: Shannon-Wiener  $4.039 \pm 0.16$  and  $\alpha$ -Fisher  $39.90 \pm 9.23$ , indicating that there is a high diversity of species. The species of greatest ecological importance were: *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swart, *Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav, *Euterpe precatória* Mart., Which are fast growing and are present throughout the neo-tropics, *Tachigali vasquezii* Pipoly, abundant only in the forests of this region; These species took advantage of the opening of the canopy by felling and increased their abundance and dominance in the area. On the other hand, *Ocotea bofo* Kunth, *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Eschweilera coriácea* (DC.) S.A. Mori, dominate the forest, but of low abundance, due to changes in the floristic composition after wood harvesting.

**Keywords:** forest; Amazon; vegetation; deforestation; diversity; biodiversity.

#### Resumen

Los bosques amazónicos del Perú están entre los más diversos y disturbados por actividades antrópicas del planeta, hoy en día sigue habiendo vacíos sobre la composición de las comunidades y sus relaciones interespecíficas. Se realizó un inventario forestal en un bosque de terrazas en la región Madre de Dios, se establecieron 5 bloques con 2 parcelas rectangulares de 20m x 500m cada uno para identificar y medir los individuos con diámetro mayor a 10 cm. Se evaluaron 4429 árboles e identificaron 254 especies, 165 géneros y 53 familias. La distribución de clases diamétricas y altura presenta patrones típicos de bosques intervenidos, en este caso por la extracción de madera décadas atrás. El promedio de los índices de biodiversidad son: Shannon- Wiener  $4.039 \pm 0.16$  y  $\alpha$ -Fisher  $39.90 \pm 9.23$ , indicando que existe una alta diversidad de especies. Las especies de mayor importancia ecológica fueron: *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swart, *Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav, *Euterpe precatória* Mart., las cuales son de rápido crecimiento y están presentes en todo el neo trópico, *Tachigali vasquezii* Pipoly, abundante solo en los bosques de esta región; estas especies aprovecharon la apertura de dosel por talas e incrementaron su abundancia y dominancia en el área. Por otra parte, *Ocotea bofo* Kunth, *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Eschweilera coriácea* (DC.) S.A. Mori, dominan el bosque, pero de baja abundancia, debido a los cambios de la composición florística después del aprovechamiento de madera.

**Palabras clave:** bosque; Amazonas; vegetación; deforestación; diversidad; biodiversidad.

DOI: <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.009>

#### Cite this article:

Alvarez-Montalván, C. E., Manrique-León, S., Vela-Da Fonseca, M., Cardozo-Soarez, J., Callo-Ccorcca, J., Bravo-Camara, P., Castañeda-Tinco, I., & Alvarez-Orellana, J. (2021). Composición florística, estructura y diversidad arbórea de un bosque amazónico en Perú. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 73-82.

## 1. Introducción

El antropoceno es la alteración humana significativa del sistema de la Tierra, principalmente está relacionada con el consumo de combustibles fósiles, en los bosques tropicales sin embargo la evidencia arqueológica e histórica demuestra que los humanos influyeron en los sistemas físicos, químicos y biológicos a través de grandes regiones de bosques tropicales a partir de hace 45 mil años aproximadamente (Roberts et al., 2018). A nivel mundial la mayoría de los bosques son secundarios y se encuentran en diferentes etapas de sucesión, así evaluar la riqueza, similitud de especies y cuantificar la importancia de los procesos ecológicos estocásticos son esenciales para comprender los mecanismos de sucesión para la restauración forestal (Abbas et al., 2019). El Neotrópico abarca el sur de México, América Central y la mayor parte de América del Sur (Beck, 2019), posee una diversidad arbórea excepcional que ha sido formada por los factores ambientales y procesos históricos (Rezende et al., 2018), su cobertura está ligada a factores ambientales y cambio en el uso del suelo (Bernardi et al., 2016).

La deforestación de la amazonia debido a la expansión de la agricultura y plantaciones de árboles exóticos hoy conduce a una liberación futura de carbono con retraso en el tiempo, debido a la eventual descomposición de los productos forestales o de la tala que queda en el sitio (Rosa et al., 2016). Estas modificaciones antrópicas en los paisajes crean parches forestales que varían en tamaño y forma, lo que a su vez afecta a toda la biodiversidad regional (Macedo-reis et al., 2019), generando interrupción de los procesos de sucesión sin la transición de bosques secundarios a bosques maduros. (Lascurain-rangel et al., 2019), por ejemplo, se conoce la relevancia biológica de la cubierta forestal para los herbívoros, y su conservación en el paisaje circundante contribuye a la diversidad del bosque (Maua et al., 2020), mantenimiento sus servicios ecológicos (Macedo-reis et al., 2019), además, del rol en la regulación del clima local es clave, este servicio es importante para evitar enfermedades causadas por el calor y permitir la adaptación al cambio climático (Wol et al., 2018).

Ante la importancia y amenazas que sufren los bosques amazónicos, los inventarios forestales son una fuente significativa de información taxonómica a partir del cual se puede estimar la diversidad de los sitios a escalas regionales (Guitet et al., 2014), y pueden contribuir valiosamente a la detección de patrones de diversidad a gran escala cuando los sesgos están bien controlados y corregidos (Guitet et al., 2014). Ya desde hace tiempo el establecimiento y monitoreo de parcelas permanentes ha contribuido al entendimiento de la dinámica y biodiversidad de los bosques tropicales y su relación con el clima y suelo (Roberts et al., 2018), adicionalmente también se pueden entender los procesos ecológicos como la apertura de claros en el dosel de forma natural, por la caída de árboles mayores, debido a condiciones como lluvia, suelo y vientos (Jara Gavilán, 2018), que impulsan la regeneración del ecosistema y permite la estabilidad de la diversidad, y las funciones ecológicas en el bosque, por ello su conservación y restauración es prioritaria (Farneda et al., 2018).

La región amazónica de Madre de Dios en Perú, poseen una alta diversidad de especies de árboles (Monteagudo-Mendoza et al., 2020), como *Bertolletia excelsa* de familia Licytidaceae cuyo fruto es la castaña o nuez del Brasil muy abundante y de alto valor económico (Pardo-Molina et al., 2020). Por tanto, el objetivo del estudio fue evaluar la composición y diversidad arbórea, para lo cual, aplicando el método de inventario, se evaluó la estructura y composición florística, y posteriormente estimar los valores de biodiversidad y analizar las asociaciones entre especies.

## 2. Materiales y métodos

### Área de estudio

El estudio se realizó sobre en un del Rodal Semillero Fundo "El Bosque" con un área total de 425 Ha (Longitud - 75°7'27", latitud 12° 28' 13"), propiedad de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD, localizada a 30 minutos aproximadamente de la ciudad de Puerto Maldonado, en el sector Loboyoc, Distrito de las Piedras, Provincia de Tambopata, Departamento Madre de Dios, Perú (Figura 1). Es un de un bosque de terrazas o tierra firme, (terrazza alta) (Araujo-Murakami et al., 2011). Actualmente se encuentra en estado de conservación; después que el 100% del área fuera sometida a tala selectiva de especies valiosas.

El rango de altitud esta entre los 200 y 210 m.s.n.m, son áreas poco inundables y presentan pendientes moderadas a bajas y pertenece a una zona de vida de Bosque húmedo sub tropical (BH-st) en transición a BHT (Holdridge & Tosi, 1967). La precipitación media anual es de 2000 mm, con una marcada estación seca de mayo a noviembre y una época lluviosa entre octubre y marzo (Pallqui, 2013). La temperatura media anual es de 25°C con presencia de vientos fríos entre los meses de junio y agosto. En los suelos hay una variedad de clases, generalmente arcillo arenosos y de coloración rojiza, el material consiste en depósitos marinos del terciario, suelos profundos y bien drenados (Quispe Villafuerte, 2010).

### Protocolo de muestreo

El muestreo se realizó durante los años 2016 - 2017 a través de bloques, siguiendo la metodología "BIOTROP" representada por 5 bloques (Vallejo-Joyas et al., 2005), en cada bloque, se establecieron dos parcelas rectangulares o transectos en banda de 20 m x 500 m, que se ubicaron perpendicularmente al alineamiento base y dispuestas en forma lineal generando un total de 10 sub-parcelas rectangulares de 1 hectárea en total (Reátegui Alván, 2015). Se registraron el diámetro, altura y especie de todos los individuos con dap  $\geq$  10 cm. Durante el inventario en campo, la determinación florística fue realizada a través de guías rápidas de identificación y apuntes sobre evaluaciones anteriores. Posteriormente, en el herbario Alwyn Gentry de la UNAMAD, las muestras botánicas de los individuos inventariados fueron identificadas hasta el nivel de especie (Quinto Mosquera & Moreno Hurtado, 2014).

### Análisis de Datos

Para determinar la composición florística, los individuos fueron clasificados en familia y especie, en una lista general, cabe resaltar la importancia de la base de datos de identificación botánica del herbario Alwyn Gentry, que cuenta con una colección superior a 300 especies entre árboles, palmeras y arbustos.

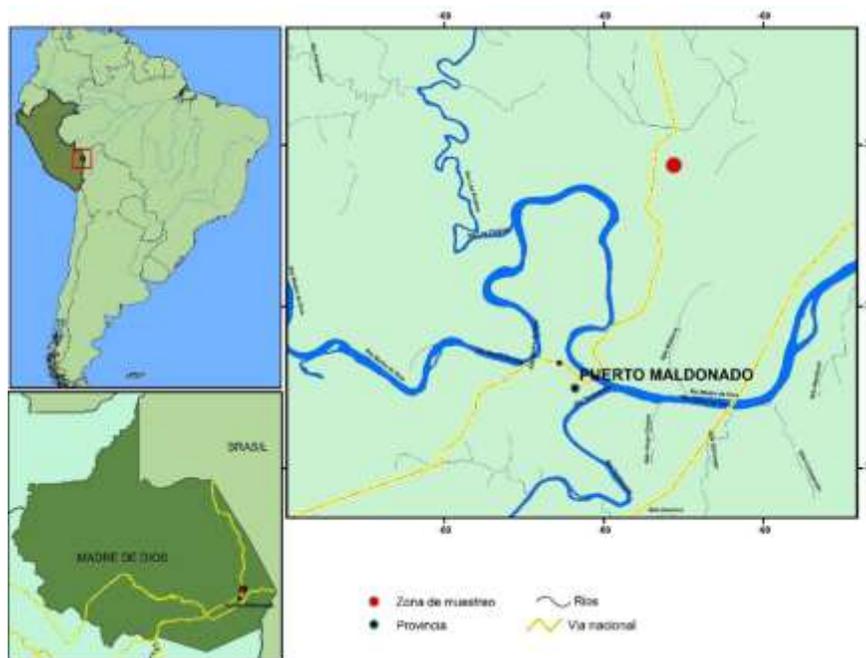


Figura 1. Área de estudio.

En el caso de la estructura forestal, los datos de diámetros, altura fueron ordenadas en matrices de abundancia por parcela y especie, para generar un análisis conjunto; se graficó el histograma de la distribución de individuos por altura y clase diamétrica para su interpretación; posteriormente, se calculó el índice de valor de importancia (IVI), que determina los pesos ecológicos en el bosque de las especies, valiéndose de la sumatoria de los registros de abundancia, frecuencia y dominancia de cada especie, que se expresan de manera relativa (Mijares-Santana & Pérez-Buitrago, 2018).

La diversidad arbórea alfa fue estimada aplicando el índice de alfa de Fisher "S" y Shannon-Wiener "H'" (Spellerberg & Fedor, 2003) por ser de los métodos más utilizados y confiables (Thukral, 2017; Diewert, 2013; Carmona & Carmona, 2014). Para la diversidad beta, se utilizó la distancia de Jaccard y el método de agrupación de Ward por cada 2 parcelas que conformó un bloque, representado en un dendrograma, que da un peso igual a todas las especies y valora la presencia de especies raras (Niwattanukul et al., 2013). Para el análisis computacional se utilizó el paquete Biodiversity R (Kindt & Coe, 2005), Vegan (Oksanen, 2019) y ggplot2 (Wickham, 2016) del software estadístico libre de R Project.

### 3. Resultados y discusión

#### Composición florística

En las 10 parcelas de 1 ha, se identificaron un total de 4429 árboles  $\geq 10$  cm de DAP, distribuidos en 251 especies, 161 géneros y 55 familias. Las familias más abundantes con el mayor número de individuos, con mayor número de géneros y especies son: Moraceae, Arecaceae, Burseraceae, Fabaceae, Myristicaceae, Lauraceae, Urticaceae, Siparunaceae, Sapotaceae, Malvaceae y Annonaceae. Algunos de los géneros más abundantes estuvieron representados por: *Pseudolmedia*, *Tetragastris*, *Euterpe*, *Iryanthera*, *Brosimum*, *Siparuna*, *Ocotea*,

*Tachigali*, *Protium*, *Inga*, *Cecropia*, *Virola*, *Pourouma*, finalmente *Melisoma*. Y en las especies más abundantes estuvieron representadas por: *Tetragastris altissima*, *Euterpe precatoria*, *Iriartea deltoidea*, *Siparuna decipiens*, *Brosimum lactescens*, *Pseudolmedia laevis*, *Iryanthera laevis*, *Iryanthera juruensis*, *Cecropia sciadophylla*, *Tachigali vasquezii* Pipoly, *Pseudolmedia laevigata*, el resumen de los datos se muestra en la **Tabla 1** y **Figura 3**. Esta composición y por tanto la diversidad, es producto de cambios en la comunidad vegetal, debido al ambiente y los gradientes geográficos como los impactos del hombre (Gentry, 1988). Por ejemplo, la estacionalidad de la humedad influye en la composición de la comunidad ya que las altas precipitaciones amplifican el nicho de espacio disponible para las plantas tolerantes a la sombra (Butt et al., 2008). En los bosques de terrazas de la región Madre de Dios dominan las familias Fabaceae, Moraceae y Arecaceae, estos tienen baja diversidad, pero elevada importancia por su amplia distribución, tal como fue evidenciado en estudios previos realizados por Dueñas y Garate-Quispe; esto es característico de los bosques húmedos tropicales, que a nivel mundial son dominados por la familia Fabaceae y algunas leguminosas, como el género *Inga* también en bosques de llanuras aluviales (de Assis et al., 2017). Y comparte la mayoría de géneros más representativos del bosque de tierra firme en la provincia de Tambopata; así tienen una amplia distribución también en otros diferentes tipos de bosques de la región (Baez et al., 2017; Cueva-Altamirano, 2014).

Las especies *Tachigali amarumayu*, *T. vasquezii* y *Tachigali poeppigiana* Tul, son especies limitadas a los bosques amazónicos de Madre de Dios y las zonas aledañas de Bolivia y Brazil (Huamantupa et al., 2017), por otra parte, *Ocotea bofo*, es una especie de gran distribución en las zonas amazónicas tanto de bosques inundables como no inundables (Daza, 1998).

**Tabla 1**

Lista general del total de familias y especies

Número	Familia	Especies
1	Achariaceae	<i>Lindackeria paludosa</i>
2	Apocynaceae	<i>Aspidosperma macrocarpon</i> , <i>Aspidosperma marcgravianum</i> , <i>Aspidosperma parvifolium</i> <i>Couma macrocarpa</i> , <i>Geissospermum laeve</i> <i>Himatanthus sucuuba</i> <i>Tabernaemontana cymosa</i>
3	Anacardiaceae	<i>Astronium lecointei</i> <i>Tapirira guianensis</i>
4	Annonaceae	<i>Annona ambotay</i> , <i>Annona pittieri</i> <i>Fusaea longifolia</i> <i>Guatteria megalophylla</i> , <i>Guatteria scalarinervia</i> <i>Oxandra xylopioides</i> <i>Tryginae ducky</i> <i>Xylopia sericea</i>
5	Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i>
6	Arecaceae	<i>Oenocarpus bataua</i> , <i>Oenocarpus bataua</i> , <i>Oenocarpus mapora</i> <i>Euterpe precatoria</i> <i>Iriartea deltoidea</i>
7	Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i> <i>Jacaranda copaia</i>
8	Burseraceae	<i>Crepidospermum goudotianum</i> <i>Dacryodes peruviana</i> <i>Protium sagotianum</i> , <i>Protium amazonicum</i> , <i>Protium apiculatum</i> , <i>Protium aracouchini</i> , <i>Protium nodulosum</i> , <i>Protium paniculatum</i> <i>Tetragastris altissima</i> , <i>Tetragastris panamensis</i> <i>Trattinnickia peruviana</i> , <i>Trattinnickia aspera</i>
9	Cannabaceae	<i>Celtis schippii</i>
10	Caryocaraceae	<i>Anthodiscus peruanus</i> <i>Caryocar amygdaliforme</i> , <i>Caryocar glabrum</i>
11	Celastraceae	<i>Maytenus macrocarpa</i>
12	Chrysobalanaceae	<i>Hirtella triandra</i> <i>Licania heteromorpha</i> , <i>Licania micrantha</i>
13	Clusiaceae	<i>Garcinia macrophylla</i> <i>Symphonia globulifera</i>
14	Combretaceae	<i>Buchenavia grandis</i> <i>Terminalia amazonica</i> , <i>Terminalia oblonga</i>
15	Cordiaceae	<i>Cordia toqueve</i>
16	Dichapetalaceae	<i>Tapura juruana</i>
17	Ebenaceae	<i>Diospyros artanthifolia</i> , <i>Diospyros ebenifolia</i> , <i>Diospyros poeppigiana</i>
18	Elaeocarpaceae	<i>Sloanea guianensis</i> , <i>Sloanea eichleri</i> , <i>Sloanea guianensis</i>
19	Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i> , <i>Alchornea triplinervia</i> <i>Conceveiba guianensis</i> <i>Glycydendron amazonicum</i> <i>Pausandra trianae</i> <i>Sapium marmieri</i>
20	Fabaceae	<i>Hymenaea oblongifolia</i> <i>Abarema jupumba</i> <i>Amburana cearensis</i> <i>Andira suranimensis</i> <i>Apuleia leiocarpa</i> <i>Cedrelinga cateniformis</i> <i>Copaifera paupera</i> <i>Dialium guianense</i> <i>Diplotropis purpurea</i> <i>Dipteryx micrantha</i> <i>Dussia tessmannii</i> <i>Enterolobium cyclocarpum</i> <i>Swartzia arborescens</i> <i>Inga alba</i> , <i>Inga auristellae</i> , <i>Inga capitata</i> , <i>Inga coruscans</i> , <i>Inga edulis</i> , <i>Inga heterophylla</i> , <i>Inga thibaudiana</i> <i>Parkia multifuga</i> , <i>Parkia nitida</i> , <i>Parkia pendula</i> <i>Tachigali amarumayo</i> , <i>Tachigali bracteosa</i> , <i>Tachigali crisaloides</i> , <i>Tachigali poeppigiana</i> , <i>Tachigali vasquezii</i> , <i>Taralea oppositifolia</i> <i>Lonchocarpus heptaphyllus</i>

		<i>Myroxylon balsamum</i> <i>Poeppigia procera</i> <i>Pterocarpus amazonicus</i> <i>Schizolobium parahyba</i> <i>Senna silvestris</i>
21	Humiriaceae	<i>Sacoglottis excelsa</i>
22	Lacistemataceae	<i>Lacistema aggregatum</i>
23	Lauraceae	<i>Nectandra oblonga</i> , <i>Nectandra longifolia</i> <i>Aiouea grandiflora</i> <i>Aniba muca</i> , <i>Aniba peruviana</i> <i>Beilschmiedia tovarensis</i> <i>Caryodaphnopsis fosteri</i> <i>Endlicheria krukovii</i> <i>Mezilaurus itauba</i> <i>Nectandra globosa</i> , <i>Nectandra longifolia</i> <i>Ocotea aciphylla</i> , <i>Ocotea bofo</i> , <i>Ocotea longifolia</i> , <i>Ocotea obovata</i> , <i>Ocotea subrutilans</i> <i>Pleurothyrium krukovii</i>
24	Lecythidaceae	<i>Bertholletia excelsa</i> <i>Couratari guianensis</i> , <i>Couratari macrosperma</i> <i>Eschweilera coriácea</i> <i>Gustavia longifolia</i>
25	Linaceae	<i>Roucheria punctata</i>
26	Malvaceae	<i>Apeiba membranacea</i> <i>Ceiba pentandra</i> , <i>Ceiba samauma</i> <i>Eriotheca globosa</i> <i>Huberodendron swietenoides</i> <i>Luehea grandiflora</i> <i>Matisia bicolor</i> , <i>Matisia malacocalyx</i> <i>Pachira aquatica</i> <i>Pterygota amazonica</i> <i>Sterculia apetala</i> , <i>Sterculia colombiana</i> <i>Theobroma cacao</i> subsp. <i>Cacao</i> , <i>Theobroma cacao</i> , <i>Theobroma speciosum</i>
27	Melastomataceae	<i>Miconia calvescens</i> , <i>Miconia trinervia</i>
28	Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Guarea gomma</i> , <i>Guarea kunthiana</i> , <i>Guarea pubescens</i> <i>Trichilia maynesiana</i>
29	Metteniusaceae	<i>Calatola costaricensis</i> , <i>Calatola venezolana</i>
30	Monimiaceae	<i>Mollinedia killipii</i>
31	Moraceae	<i>Batocarpus amazonicus</i> , <i>Brosimum alicastrum</i> , <i>Brosimum guianense</i> , <i>Brosimum lactescens</i> , <i>Brosimum parinarioides</i> , <i>Brosimum rubescens</i> , <i>Castilla ulei</i> , <i>Clarisia biflora</i> , <i>Clarisia racemosa</i> , <i>Ficus gomelleira</i> , <i>Ficus pertusa</i> , <i>Helianthostylis sprucei</i> <i>Helicostylis tomentosa</i> <i>Maquira guianensis</i> <i>Naucleopsis herrerensis</i> , <i>Naucleopsis imitans</i> , <i>Naucleopsis krukovii</i> , <i>Naucleopsis naga</i> <i>Perebea angustifolia</i> , <i>Perebea guianensis</i> <i>Pseudolmedia laevigata</i> , <i>Pseudolmedia laevis</i> , <i>Pseudolmedia macrophylla</i> <i>Pseudopiptadenia suaveolens</i>
32	Myristicaceae	<i>Iryanthera juruensis</i> , <i>Iryanthera laevis</i> <i>Virola calophylla</i> , <i>Virola elongata</i> , <i>Virola flexuosa</i> , <i>Virola multinervia</i> , <i>Virola sebifera</i>
33	Myrtaceae	<i>Calyptanthes bipennis</i> , <i>Calyptanthes densiflora</i> <i>Eugenia biflora</i> , <i>Eugenia egensis</i> , <i>Eugenia eggersii</i> <i>Psidium sartorianum</i>
34	Nyctaginaceae	<i>Neea floribunda</i>
35	Ochnaceae	<i>Ouratea iquitosensis</i> <i>Quiina amazonica</i> , <i>Quiina florida</i>
36	Olacaceae	<i>Chaunochiton kepleri</i> <i>Heisteria pallida</i> <i>Minquartia guianensis</i>
37	Opilaceae	<i>Agonandra silvatica</i>
38	Picramniaceae	<i>Picramnia latifolia</i>
39	Polygonaceae	<i>Triplaris americana</i>
40	Putranjivaceae	<i>Drypetes gentryi</i>
41	Rhizophoraceae	<i>Cassipourea peruviana</i>
42	Rosaceae	<i>Prunus debilis</i>

43	Rubiaceae	<i>Alseis peruviana</i> <i>Bathysa obovata</i> <i>Calycophyllum megistocaulum</i> <i>Capirona decorticans</i> <i>Carpotroche longifolia</i> <i>Ixora peruviana</i>
44	Rutaceae	<i>Galipea trifoliata</i>
45	Sabiaceae	<i>Meliosma hebertii</i>
46	Salicaceae	<i>Casearia arborea</i> , <i>Casearia decandra</i> , <i>Casearia pitumba</i> <i>Laetia procera</i>
47	Sapindaceae	<i>Allophylus amazonica</i> <i>Cupania cinerea</i> <i>Matayba guianensis</i> <i>Talisia pinnata</i>
48	Sapotaceae	<i>Micropholis guyanensis</i> <i>Chromolucuma</i> sp <i>Chrysophyllum argenteum</i> , <i>Chrysophyllum ovale</i> , <i>Chrysophyllum venezuelanense</i> <i>Ecclinusa guianensis</i> <i>Manilkara bidentata</i> <i>Micropholis egensis</i> , <i>Micropholis guyanensis</i> , <i>Micropholis rosae</i> <i>Pouteria bangii</i> , <i>Pouteria guianensis</i> , <i>Pouteria torta</i> <i>Sarcaulus brasiliensis</i>
49	Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>
50	Siparunaceae	<i>Siparuna bifida</i> , <i>Siparuna decipiens</i>
51	Tapisciaceae	<i>Huerteia glandulosa</i>
52	Ulmaceae	<i>Ampelocera edentula</i>
53	Urticaceae	<i>Cecropia membranacea</i> , <i>Cecropia peltata</i> , <i>Cecropia sciadophylla</i> <i>Pourouma cecropiifolia</i> , <i>Pourouma guianensis</i> , <i>Pourouma minor</i> , <i>Pourouma tomentosa</i>
54	Violaceae	<i>Leonia glycyarpa</i> <i>Rinorea lindeniana</i> , <i>Rinorea viridifolia</i> , <i>Rinoreocarpus ulei</i>
55	Vochysiaceae	<i>Erisma incinatum</i> <i>Qualea grandiflora</i> , <i>Qualea tessmannii</i>

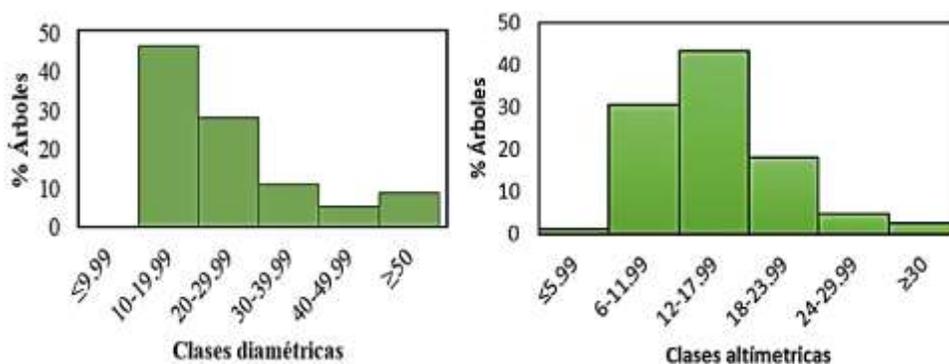


Figura 2. Porcentaje clases diamétricas separadas cada 10 cm (Izquierda) y alturas separadas cada 10 m (Derecha).

**Estructura del bosque**

La estructura horizontal fue organizada en 6 clases diamétricas separadas cada 10 cm; donde las frecuencias relativas del número de individuos fueron: clase de 10 – 19,99 cm con 46,67%, clase de 20 – 29,99 cm con 28,04% y clase de 30 – 39,99 cm con 10,95%, como se observa en la parte izquierda de la Figura 2, hay una mayor cantidad de individuos jóvenes, y va decreciendo hacia las clases diamétricas mayores que representan a los individuos maduros, este patrón es diferente a los bosques del mismo tipo, pero mejor conservados (Pardo-Molina et al., 2020). La estructura vertical como se ve en la parte derecha de la misma figura, muestra 5 clases altimétricas; separadas cada 5 m; constituido por tres estratos principales, y las siguientes frecuencias relativas de

números de individuos: clase de 6 -11,99 m con 30,41%, clase 12 - 17,99 m con 43,49%, clase de 18 - 23,99 m con 18,6%, en este caso se observa un patrón de distribución de altura diferente a una curva normal, con una asimetría positiva hacia la derecha, presentando un patrón ya conocido para los bosques tropicales, con mayor cantidad de árboles en las menores clases altimétricas (Marrero Mendoza, 2014). Esto posiblemente a que la deforestación a menudo no resulta en la pérdida inmediata de especies, y las comunidades pueden exhibir un proceso de "relajación" a su nuevo equilibrio con el tiempo (Rosa et al., 2016), este y otros impactos antrópicos son factores relevantes en la diversidad de árboles, hábitats tropicales (Janssen et al., 2018), y reestructura comunidades enteras (Norris, 2016).

Tabla 2

Estimación de índices de diversidad alfa de Shannon-Wiener y  $\alpha$ -Fisher para las 10 parcelas y el promedio de estas

Índice de diversidad	Parcelas										Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Shannon-Wiener	3,779	3,748	4,07	4,12	4,23	4,22	4	4,02	4,071	4,14	4,04
$\alpha$ -Fisher	25,61	25,75	41,4	41	52,6	53,7	37,78	41,2	39,6	40,3	39,9

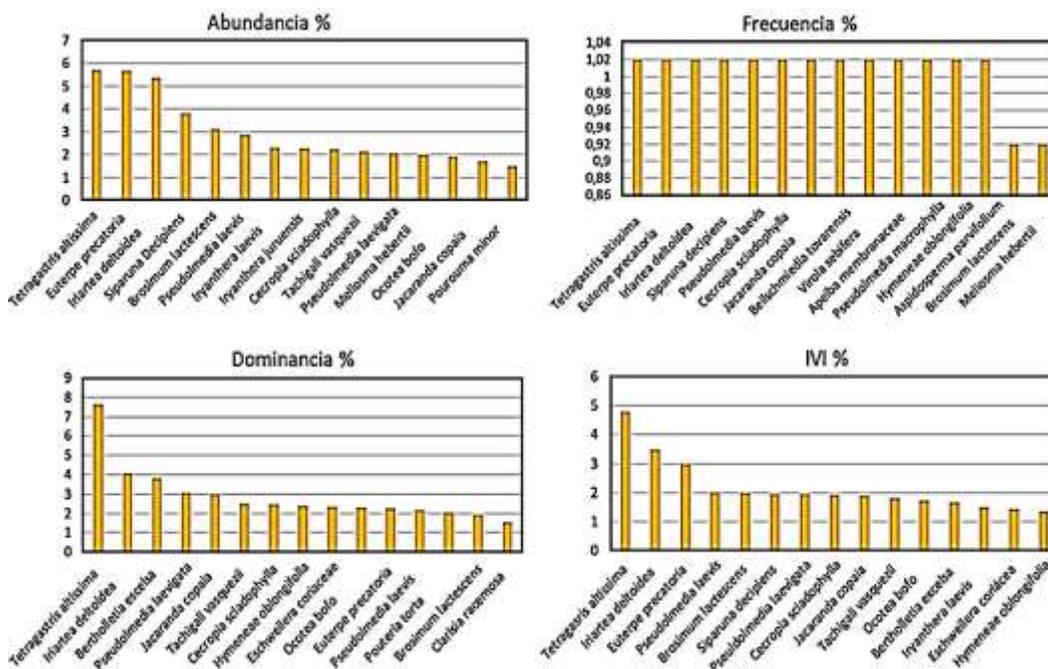


Figura 3. Histograma de las 15 especies más importantes según su abundancia relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa e índice de valor de importancia relativa (IVI).

Del total del inventario, Fabaceae fue la familia más abundante. Solo nueve especies fueron muy abundantes en más de un área de estudio, mientras que 220 especies se registraron en una sola parcela. Las especies de mayor peso ecológico (IVI) o las que presentan un mejor desempeño crecimiento en la comunidad del bosque de tierra firme, se puede observar en la Figura 3. Como se observa en el análisis no siempre las especies más abundantes son las dominantes (Dueñas & Garate-Quispe, 2018).

**Diversidad florística**

La región de Madre de Dios, en Perú, es solo moderadamente diversa para los altos estándares de diversidad amazónicos, y compartiendo también especies catalogadas como comunes para bosques de terraza, como *Pseudolmedia laevis* muestra una dispersión efectiva en diferentes tipos de bosques, e *Iriartea deltoidea* una palmera, según la Figura 4 (Pitman et al., 2002). Tal como muestra la Tabla 2, a escala local la diversidad de especies y riqueza es menor comparado a otros sitios de la región amazónica peruana, que se encuentran en mejor estado de conservación (Villacorta-Flores, 2013). El impacto de las talas extractivas modificaron los parámetros estructurales indicando el predominio de bosque heterogéneo (García-Quintana et al., 2020), y con una homogenización de la comunidad florística favoreciendo especies de rápido crecimiento como la especies de Arecaceae como *E.*

*precatoria* y *I.deltoidea* (Benjamin et al., 2015). Por tanto, el impacto de la actividad humana ha modelado la diversidad presente de los bosques en el mundo (Roberts et al., 2018, Walters et al., 2019), y es un indicador de la recuperación del bosque después de alguna actividad de aprovechamiento (Villa et al., 2018). Como en nuestro estudio, los coeficientes de diversidad de la Tabla 2 son menores en comparación a los reportes de Dueñas y Baez en bosques mejor conservados de la región Madre Dios. De la Figura 4 presenta las siguientes características en los grupos de especies cercanas y lejanas por cada bloque: En el bloque 1, la especie *T. altissima* está relacionado a las especies *I. laevis*, *Siparuna decipiens*, *E. precatoria* y también cercana la relación con las especies *O. bofo*, *Jacaranda copaia*, *I. deltoidea*, *C. sciadophylla*, *Quiina Amazonica* e *Inga auristellae*. Sin embargo, las especies *T. vasquezii*, *Claricia racemosa*, *Virola sebifera*, *Aniba peruviana*, *Nectandra longifolia*, *Apeiba membranacea*, *Aspidosperma parvifolium*, pertenecen a otro grupo más distante de *T. altissima*. En el bloque 2, *T. altissima*, *S. decipiens*, *T. vasquezii*, *Pseudolmedia laevigata*, *Ocotea aciphylla*, *E. precatoria*, *I. deltoidea*, *Brosimum lactescens*, *Iryanthera juruensis*, *Qualea grandiflora*, *P. laevis*, *A. membranacea* están en el mismo grupo y un grupo cercano a este presenta las especies *O. bofo*, *J. copaia*, *Beilschmiedia tovarensis*, *B. excelsa*. Por otra parte, los grupos más distantes presentan las especies *Aspidosperma parvifolium*, *C. racemosa*,

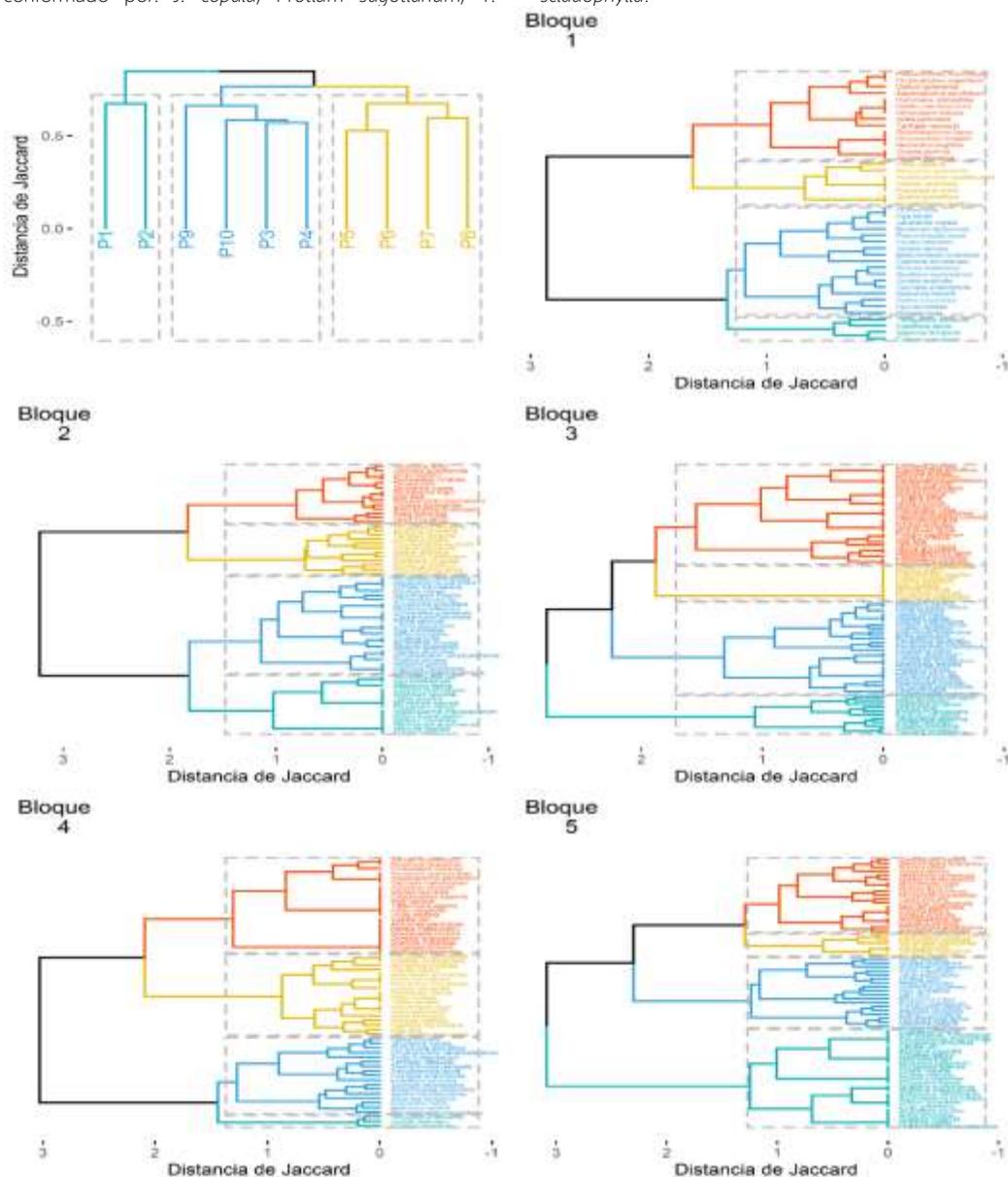
*Hymenaea oblongifolia*, *Capirona decorticans*, *Rinorea carpus*, *Inga heterophylla*, *Symphonia globulifera*, *Parkia pendula*, *Aspidosperma marcgravianum*, *Dipteryx micrantha* y *Xylopia sericea*.

En el bloque 3, las especies *P. laevigata*, *Neea floribunda*, *I. juruensis*, *Ocotea bofo*, *Brosimum lactescens*, *S. decipens*, *T. altissima*, *I. deltoidea*, *E. preclatoria*, *T. vasquezii*, *C. sciadophylla* son un grupo separado del resto por su elevada abundancia en las parcelas 5 y 6. Por otro lado, el resto de los grupos son más distantes y están conformados por: *Meliosma hebertii*, *Virola sebifera*, *C. racemosa*, *B. excelsa*, *B. tovarensis*, *Eschweilera coriácea*, *A. membranacea* y *J. copaia*.

En el bloque 4, el grupo de *T. altissima* incluye a *I. deltoidea* y *E. preclatoria*. El grupo más cercano está conformado por: *J. copaia*, *Protium sagotianum*, *T.*

*vasquezii*, *P. laevis*, *P. laevigata*, *C. sciadophylla*, *I. juruensis*, *Tachigali poeppigiana*, *A. membranacea*, *S. decipens* y *Meliosma hebertii*. Los grupos más lejanos a *T. altissima* se conforman por: *E. coriácea*, *Virola calophylla*, *V. sebifera*, *Nectandra longifolia*, *Clarisia biflora*, *Neea floribunda*, *Capirona decorticans* e *Inga alba*.

En el bloque 5, en función al grupo de *T. altissima*, están presentes las especies: *V. calophylla*, *J. copaia*, *Ocotea bofo*, *Neea floribunda*, *Pourouma minor*, *Virola sebifera*, *Qualea grandiflora*, *B. lactescens*, *S. decipens*, *E. preclatoria*, *P. laevis*, *Meliosma hebertii*, *I. deltoidea*, *I. juruensis*, *Inga auristellae*, *I. alba* y *P. sagotianum*. Los grupos más alejados están conformados por: *Aniba peruaviana*, *B. excelsa*, *Ficus gomelleira*, *A. parvifolium*, *Ocotea ovata*, *E. coriácea* y *Schefflera morototoni*, *A. membranacea* y *C. sciadophylla*.



**Figura 4.** Dendrograma de las parcelas con el análisis de agrupamiento jerárquico utilizando el índice de disimilaridad de Jaccard y el método de agrupamiento Ward (Bloque 1: P1 – Parcela 1 / P2 – Parcela 2, Bloque 2: P3 – Parcela 3 / P4 – Parcela 4, Bloque 3: P5 – Parcela 5 / P6 – Parcela 6, Bloque 4: P7 – parcela 7 / P8 – parcela 8, Bloque 5: P9 – parcela 9 / P10 – parcela 10).

La evidencia que las parcelas fueron taladas en la **Figura 4**, donde una baja presencia de *E. coriácea*, especialmente en los bloques 1 y 2 no se presenta, su presencia en los bloques 3, 4 y 5 es poco relevante, agrupándose con las especies raras de la parcela. El género *Eschweilera* es representativo de este tipo de bosque amazónico, debido tal vez a que *E. coriácea* puede habitar en zonas bajo estrés (Fernandes et al., 2020). Sin embargo, en la zona evaluada ya solo se encuentra una especie, que por la conservación de la zona empieza a dominar nuevamente el bosque (Bredin et al., 2020). También se observa en una alta frecuencia de *T. altissima*, *E. precatoria* e *I. deltoidea* en todos los bloques, esto se debe a una disposición suficiente de agua y nutrientes que, sumado a un incremento de luz, debido a talas modificaron el dosel y así promovieron el crecimiento y reclutamiento de individuos de palmeras y árboles rápido medianos (Sousa et al., 2020).

Por otra parte, la **Figura 4** muestra que la diversidad de árboles recupera su exuberancia, con especies impactadas por la tala como *B. lactescens* y *C. racemosa*, que vieron limitado el reclutamiento de nuevos individuos, esto modifica profundamente su abundancia y frecuencia en los bloques (Marimon et al., 2020). La presencia de una gran diversidad de géneros como *Aniba*, *Ocotea*, *Quiina*, *Aspidosperma*, *Dypterix*, *Clarisia* y *Virola*, distribuida de forma heterogénea. Estos patrones a escala global en la diversidad beta de los árboles se combinan con los cambios en la riqueza debido a la variación generada por el ensamblaje estocástico local (De Cáceres et al., 2012). Además, la abundancia y diversidad de especies pueden variar ampliamente en su fisonomía, composición de especies y ecología a pesar de que están bajo climas idénticos (Pennington et al., 2018), y probablemente, la elevada diversidad de estos bosques tropicales amazónicos, puede ser debido a su dinámica alta (Giacomotti & Reynel, 2018).

#### 4. Conclusiones

El área de estudio es un bosque de amazónico de terrazas, que fue impactado por la tala selectiva. Posteriormente fue destinada para investigaciones forestales de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, lo que permitió una recuperación de bosque y la mayor abundancia de especies pioneras. En total 4429 árboles se midieron, e identificaron 251 especies, 165 géneros y 55 familias.

La distribución de clases diamétricas y altura presenta patrones típicos de bosques intervenidos, en este caso por la extracción de madera décadas atrás. Las especies de mayor importancia ecológica fueron: *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swart, *Iriarte deltoidea* Ruiz & Pav, *Euterpe precatoria* Mart., *Tachigali vasquezii* Pipoly, y *Ocotea bofo* Kunth, *Bertholletia excelsa* Bonpl., *Eschweilera coriácea* (DC.) S.A. Mori.

El bosque inventariado tiene como promedio de los índices de biodiversidad son: Shannon-Wiener  $4,039 \pm 0,16$  y  $\alpha$ -Fisher  $39,90 \pm 9,23$ , por tanto, la información obtenida de los inventarios forestales es fundamental para el monitoreo, conservación y restauración de bosques amazónicos como medida de adaptación y mitigación al cambio climático.

#### ORCID

- C. Alvarez-Montalván  <https://orcid.org/0000-0002-1030-4257>  
 S. Manrique-León  <https://orcid.org/0000-0001-6548-1165>  
 M. Vela-Da Fonseca  <https://orcid.org/0000-0003-4257-4566>  
 J. Cardozo-Soarez  <https://orcid.org/0000-0002-8021-330X>  
 J. Callo-Ccorcca  <https://orcid.org/0000-0002-8021-330X>  
 P. Bravo-Camara  <https://orcid.org/0000-0002-8021-330X>  
 I. Castañeda-Tinco  <https://orcid.org/0000-0002-8021-330X>

#### Referencias bibliográficas

- Abbas, S., Nichol, J. E., Zhang, J., & Fischer, G. A. (2019). The accumulation of species and recovery of species composition along a 70 year succession in a tropical secondary forest. *Ecological Indicators*, 106, 105524.
- Araujo-Murakami, A., Parada, A. G., Terán, J. J., Baker, T. R., Feldpausch, T. R., et al. (2011). Necromasa de los bosques de Madre de Dios, Perú; una comparación entre bosques de tierra firme y de bajos. *Revista Peruana de Biología*, 18(1), 113-118.
- Baez, S., Dueñas, H., Mamani, J., & Garate, J. (2017). Flora y vegetación de la Microcuenca Chonta, distrito Tambopata y Laberinto, Departamento de Madre de Dios – Perú. *Mentor Forestal*, 1, 1-5.
- Beck, H. (2019). Tropical Ecology. *Encyclopedia of Ecology*, 2(November 2017), 671-678.
- Benjamin, M. A., Guimarães, I. C., Mangabeira, A. L. K., Lima, J. L., & Charles, A. (2015). Floristic impoverishment of Amazonian floodplain forests managed for açai fruit production. *Forest Ecology and Management*, 351, 20-27.
- Bernardi, R. E., Holmgren, M., Arim, M., & Scheffer, M. (2016). Why are forests so scarce in subtropical South America? The shaping roles of climate, fire and livestock. *Forest Ecology and Management*, 363(1), 212-217.
- Bredin, Y. K., Peres, C. A., & Haugaasen, T. (2020). Forest Ecology and Management Forest type affects the capacity of Amazonian tree species to store carbon as woody biomass. *Forest Ecology and Management*, 473(June), 118297.
- Butt, N., Malhi, Y., Phillips, O., & New, M. (2008). Floristic and functional affiliations of woody plants with climate in western Amazonia. *Journal of Biogeography*, 35(1), 939-950.
- Carmona, V., & Carmona, T. V. (2014). La diversidad de los análisis de diversidad. *Bioma*, 14, 20-28.
- Cueva-Altamirano, D. (2014). *Caracterización dendrológica en 1 Ha de bosque de terraza alta en el centro de investigación de la localidad de Fitzcarrald Km 21,5, distrito de Tambopata, Provincia de Tambopata - Madre de Dios*. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- Daza, R. (1998). *Caracterización dendrológica y ecológica de la familia Lauraceae en el bosque de la Montaña de Uyuca, Zamorano, Honduras*. Universidad de Zamorano.
- de Assis, R. L., Wittmann, F., Luiz, B. G., & Haugaasen, T. (2017). Patterns of floristic diversity and composition in floodplain forests across four Southern Amazon river tributaries, Brazil. *Flora*, 229(1), 124-140.
- De Cáceres, M., Legendre, P., Valencia, R., Cao, M., Chang, L., et al. (2012). The variation of tree beta diversity across a global network of forest plots. *Global Ecology and Biogeography*, 21, 1-12.
- Diewert, E. (2013). Irving Fisher And Index Number Theory. *Journal of the History of Economic Thought*, 35(2), 199-232.
- Dueñas, H., & Garate-Quispe, J. S. (2018). Diversidad, dominancia y distribución arbórea en Madre de Dios, Perú. *Revista Forestal del Perú*, 33(1), 4-23.
- Farneda, F. Z., Rocha, R., López-Baucells, A., Sampaio, E. M., Palmeirim, J. M., et al. (2018). Functional recovery of Amazonian bat assemblages following secondary forest succession. *Biological Conservation*, 218(October 2017), 192-199.
- Fernandes, A. M. M., Ruivo, M. de L. P., & Costa, A. C. L. (2020). Floristic Composition And Diversity In Terra Firme Forest Under Water Stress In The Amazon. *Cerne*, 26(4), 403-412.
- García-Quintana, Y., Arteaga-Crespo, Y., Torres-Navarrete, B., Robles-Morillo, M., Bravo-Medina, C., & Sarmiento-Rosero, A. (2020). Ecological quality of a forest in a state of succession based on structural parameters: A case study in an evergreen Amazonian-Andean forest, Ecuador. *Heliyon*, 6(7), e04592.
- Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Missouri Botanical Garden*, 75(1), 1-34.
- Giacomotti, J., & Reynel, C. (2018). Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque secundario tardío del valle de Chanchamayo, Perú. *Revista Forestal del Perú*, 33(1), 42-51.
- Guitet, S., Sabatier, D., Brunaux, O., Héralut, B., Aubry-kientz, et al. (2014). Estimating tropical tree diversity indices from forestry surveys: A method to integrate taxonomic uncertainty. *Forest Ecology and Management*, 328, 270-281.

- Holdridge, L. R., & Tosi, J. A. (1967). *Life Zone Ecology* (Revised Ed). Tropical Science Center.
- Huamantupa, I., Lima, H., Cardoso, D., Angel, M., & Victorio, L. (2017). Sinopsis taxonómica, ecológica y etnobotánica del género *Tachigali* Aubl. (Leguminosae) en la región del Cusco, Perú. *Revista Q'ueña*, 7(March), 7-30.
- Janssen, T. A. J., Ametsitsi, G. K. D., Collins, M., Adu-bredu, S., Oliveras, I., et al. (2018). Extending the baseline of tropical dry forest loss in Ghana (1984 - 2015) reveals drivers of major deforestation inside a protected area. *Biological Conservation*, 218, 163-172.
- Jara Gavilán, J. C. (2018). *Análisis del uso de la reforestación y la regeneración natural en zonas degradadas de la Amazonia Peruana*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
- Kindt, R., & Coe, R. (2005). *Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies* (1). World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Lascrain-Rangel, M., Rodríguez-Rivas, G., Gómez-Díaz, J. A., Alvarez-Palacios, J. L., Benitez-Badillo, G., & López-Binnquist, C. (2019). Forest Ecology and Management Long-term enrichment with the camedor palm (*Chamaedorea elegans* Mart.) improved forest cover in an anthropogenic tropical landscape. *Forest Ecology and Management*, 450, 117499.
- Macedo-reis, L.-E., Quesada, M., & De Siqueira Neves, F. (2019). Forest cover drives insect guild diversity at different landscape scales in tropical dry forests. *Forest Ecology and Management*, 443, 36-42.
- Marimon, B. S., Oliveira-Santos, C., Marimon-Junior, B. H., Elias, F., de Oliveira, E. A., et al. (2020). Drought generates large, long-term changes in tree and liana regeneration in a monodominant Amazon forest. *Plant Ecology*, 221(8), 733-747.
- Marrero Mendoza, V. R. (2014). *Composición florística, estructura horizontal y volumen maderable de especies comerciales de un bosque natural de colina baja, distrito de Iberia, Madre de Dios-Perú*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos. Perú.
- Maua, J. O., MugatsiaTsingalia, H., Cheboiwo, J., & Odee, D. (2020). Population structure and regeneration status of woody species in a remnant tropical forest: A case study of South Nandi forest, Kenya. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00820.
- Mijares-Santana, F. J., & Pérez-Buitrago, N. (2018). Estudio florístico y estructural de un zural boscoso en el municipio de Arauca, Colombia. *Colombia forestal*, 22(1), 37-50.
- Monteagudo-Mendoza, A., Vásquez Martínez, R., Rojas Gonzales, R., Phillips, O. L., Baker, T. R., et al. (2020). *Primer Catálogo De Los Árboles De La Amazonia De Madre De Dios, Perú*.
- Niwattanakul, S., Singthongchai, J., Naenudorn, E., & Wanapu, S. (2013). Using of jaccard coefficient for keywords similarity. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2202, 380-384.
- Norris, K. (2016). Ecology: The Tropical Deforestation Debt. *Current Biology*, R756-R777.
- Oksanen, J. (2019). *Vegan: ecological diversity*. 1, 12.
- Pallqui, N. C. (2013). *Dinámica de un bosque tropical: Biomasa aérea y análisis de parcelas permanentes a largo plazo Reserva Nacional Tambopata - Madre de Dios*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Pardo-Molina, G., Pereira, L., Feldpausch, T. R., Rene Aramayo-Parada, V. A. V., Arancibia-Rocabado, I., et al. (2020). Composición florística del bosque amazónico de tierra firme del sector Alto Madera, Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 55(2), 111-126.
- Pennington, R. T., Lehmann, C. E. R., & Rowland, L. M. (2018). Tropical savannas and dry forests. *Current Biology Magazine*, R541-R545.
- Pitman, N., Terborgh, J. W., Silman, M. R., Nuñez V., P., Neill, D. A., et al. (2002). A comparison of tree species diversity in two upper amazonian forests. *Ecological Society of America*, 83(11), 3210-3224.
- Quinto Mosquera, H., & Moreno Hurtado, F. (2014). Diversidad florística arbórea y su relación con el suelo en un bosque pluvial de Chocó Biogeográfico. *Arvore*, 38(6), 1123-1132.
- Quispe Villafuerte, W. (2010). *Estructura horizontal y vertical de dos tipos de bosque concesionados en la Región Madre de Dios*. Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios. Perú.
- Reátegui Alván, J. C. (2015). *Estructura horizontal y diversidad florística de un bosque denso de terrazas en áreas de perforación del lote 174, Ucayali-Perú*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos. Perú.
- Rezende, V. L., Bueno, M. L., Eisenlohr, P. V., & Oliveira-Filho, A. T. (2018). Patterns of tree species variation across southern South America are shaped by environmental factors and historical processes. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 34, 10-16.
- Roberts, P., Boivin, N., & Kaplan, J. O. (2018). Finding the anthropocene in tropical forests. *Anthropocene*, 23(23), 5-16.
- Rosa, I. M. D., Smith, M. J., Wearn, O. R., Purves, D., & Ewers, R. M. (2016). The Environmental Legacy of Modern Tropical Deforestation. *Current Biology*, 26(16), 2161-2166.
- Sousa, T. R., Schiatti, J., Coelho de Souza, F., Esquivel-Muelbert, A., Ribeiro, I. O., Emilio, T., Pequeno, P. A. C. L., Phillips, O., & Costa, F. R. C. (2020). Palms and trees resist extreme drought in Amazon forests with shallow water tables. *Journal of Ecology*, 108(5), 2070-2082.
- Spellerberg, I. F., & Fedor, P. J. (2003). A tribute to Claude Shannon (1916-2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the 'Shannon-Wiener' Index. *Global Ecology and Biogeography*, 12(3), 177-179.
- Thukral, A. K. (2017). A review on measurement of Alpha diversity in biology. *Agricultural Research Journal*, 54(1), 1.
- Vallejo-Joyas, M. I., Londoño-Vega, A. C., López-Camacho, R., Galeano, G., Álvarez-Dávila, E., & Devia-Álvarez, W. (2005). *Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia - Volumen I* (Serie: Métodos para estudios ecológicos a largo plazo; No. 1 ed.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Villa, P. M., Martins, S. V., Nolasco De Oliveira Neto, S., Rodrigues, A. C., Hissa, N. V., et al. (2018). Woody species diversity as an indicator of the forest recovery after shifting cultivation disturbance in the northern Amazon. *Ecological Indicators*, 95, 687-694.
- Villacorta-Flores, A. (2013). *Análisis de la estructura horizontal y composición florística de dos bosques secundarios en la carretera Iquitos - Nauta, Loreto, Perú*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Walters, G., Fraser, J. A., Picard, N., Hymas, O., & Fairhead, J. (2019). Deciphering African tropical forest dynamics in the Anthropocene: How social and historical sciences can elucidate forest cover change and inform forest management. *Anthropocene*, 27(1), 100214.
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
- Wol, N. H., Masuda, Y. J., Meijaard, E., Wells, J. A., & Game, E. T. (2018). Impacts of tropical deforestation on local temperature and human well-being perceptions. *Global Environmental Change*, 52, 181-189.