

# Análisis estructural de un bosque de la Ecorregión Alto Paraná, Paraguay

## Structural analysis of a forest in the Alto Paraná Ecoregion, Paraguay

Natalia Carolina Peralta Kulik<sup>1\*</sup>, Lidia Pérez de Molas<sup>1</sup>  
y Stella Mary Amarilla Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

**\*Autor para correspondencia:** RESUMEN

nataliakulik@gmail.com

**Conflicto de interés:**  
Los autores declaran no tener conflicto de interés.

**Licencia:**  
Creative Commons CC-BY

**Historial:**  
Recibido: 21/03/18;  
Aceptado: 10/11/18

El Bosque Atlántico del Alto Paraná ha sido incluido entre los más diversos del planeta, no solo se caracteriza por su biodiversidad sino también por su alto nivel de especies endémicas; sin embargo, por el rápido crecimiento de la deforestación, además es catalogado como uno de los bosques tropicales más amenazados en el mundo. En el Paraguay aún son necesarios esfuerzos en el conocimiento ecológico de esta ecorregión. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue analizar la estructura horizontal y vertical de un bosque de la Ecorregión Alto Paraná en una Parcela Permanente de Monitoreo de la Biodiversidad (PPMB) con coordenadas 25°30'35,41" S y 54°43'15,33" W. Fueron definidos los parámetros estructurales de: composición florística, abundancia, frecuencia, dominancia, índice de valor de importancia, y estructura vertical. En la PPMB de 1 ha (100 m x 100 m) se registró un total de 470 individuos con DAP  $\geq$  10 cm, pertenecientes a 24 familias botánicas, 53 géneros y 72 especies. Los resultados sugieren que el bosque estudiado está representado por *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engler con mayor abundancia, frecuencia e índice de valor de importancia. Además, se resalta la presencia de mayor número de individuos con alturas menores a 10,2 m (estrato inferior) y conformado principalmente por especies pioneras. Los parámetros ecológicos presentaron diferencias con los patrones registrados a nivel regional, lo que sugiere que, a pesar de compartir características biogeográficas, podrían existir diferencias climáticas, geológicas u otros factores ambientales y/o antrópicos que influyan en la composición florística y estructura del bosque.

**Palabras clave:** Bosque Atlántico del Alto Paraná, estructura forestal, parcela permanente de monitoreo.

### ABSTRACT

The Upper Parana Atlantic Forest has been included among the most diverse on the planet, not only characterized by its biodiversity but also by its high level of endemic species; however, due to the rapid growth of deforestation, it is also listed as one of the most threatened tropical forests in the world. In Paraguay, efforts are still needed in the ecological knowledge of this ecoregion. Therefore, the goal of this research was to analyze the horizontal and vertical structure of a forest of the Alto Paraná Ecoregion in a permanent plot (PPMB) with coordinates 25°30'35,41" S and 54°43'15,33" W. The structural parameters were: floristic composition, abundance, frequency, dominance, important value index, and vertical structure. In the permanent one-hectare plot (100 m x 100 m) were registered a total of 470 individuals belonging to 24 botanical families, 53 genera and 72 species. The results suggest that the forest studied is represented by *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engler with higher abundance, frequency and important value index. Furthermore, it is highlighted the presence of a greater number of individuals with heights less than 10,2 m (lower stratum) and mainly composed of pioneer species. The ecological parameters presented differences with the registered patterns at the regional level, which suggests that despite sharing biogeographic characteristics, there could be climatic, geological or other environmental and/or anthropic factors that influence the floristic composition and structure of the forest.

**Key words:** Upper Parana Atlantic Forest, forest structure, permanent plot for monitoring.

## INTRODUCCIÓN

La deforestación en los trópicos hoy continúa inexorablemente con graves implicaciones para la conservación de la biodiversidad, la regulación del clima y los servicios ecosistémicos. La rápida expansión de la frontera agrícola, la ganadería y la tala ilegal han convertido a los últimos remanentes de bosque tropical del mundo en parches aislados que ponen en peligro su continuidad (Da Ponte et al. 2017).

El Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA) es uno de los bosques tropicales más amenazados en el mundo, quedando en el Paraguay solo el 9% de la cobertura forestal original, en su mayoría, en un estado altamente fragmentado y degradado (WWF 2016, Da Ponte et al. 2017). Como mencionan Plací y Di Bitetti (2005), uno de los mayores impedimentos para revertir esta tendencia a la explotación no sustentable y la consecuente degradación de los bosques es que existe escasa información científica sobre el bosque y las mejores formas de manejarlo responsablemente.

A pesar de ser considerada una de las ecorregiones con mayores prioridades mundiales para conservación, existe escasa información científica disponible sobre la estructura forestal del BAAPA en el Paraguay; por tanto, se enfatiza la necesidad de estudios científicos disponibles realizados a partir de bases de datos comparables a nivel país; teniendo en cuenta que el manejo de los bienes y servicios asociados al bosque debe ir acompañado de mediciones y monitoreos de la composición, estructura y dinámica de las poblaciones vegetales, que permitan determinar la sostenibilidad del mismo.

Según De las Salas y Melo, citado por Alvis (2009), la estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque. Por otro lado, el análisis de la estructura vertical de un bosque puede dar un indicio del estado sucesional donde se encuentra cada especie o con qué especie se podrá componer la población futura (Schneider y Finger 2000). La evaluación de masas forestales mediante indicadores de diversidad como la abundancia, dominancia y frecuencia de las especies permiten describir la relación de las especies de una población (Hernández et al. 2013, López Hernández et al. 2017).

El objetivo de la presente investigación fue analizar la estructura horizontal y vertical de un bosque de la Ecorregión Alto Paraná, con el fin de robustecer la base de datos existente y el fundamento científico para el manejo sostenible de bosque nativo en el Paraguay.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La superficie total del bosque estudiado fue de aproximadamente 104 ha. El área de muestreo corresponde a una PPMB de 100 m x 100 m ubicada en el Centro de Formación de Técnico Superior Forestal del Departamento Alto Paraná (CEFOTESFOR-AP) con coordenadas 25°30'35,41" S y 54°43'15,33" W y una altitud de 252 msnm. Según Dinerstein et al. (1995) el sitio corresponde a la ecorregión Bosque Atlántico de Alto Paraná y de acuerdo con la clasificación de la SEAM (2013), corresponde a la Ecorregión Alto Paraná. El clima se caracteriza por lluvias frecuentes que fluctúan entre 1300 y 1800 mm por año; la temperatura puede aumentar hasta 42°C en los meses de verano (diciembre-marzo), mientras que durante el invierno (mayo-agosto) puede disminuir hasta 0°C (Da Ponte et al. 2017). De acuerdo con Spichiger et al. (1992) el bosque corresponde a la clasificación bosques con suelos bien drenados de Lauraceae, *Cedrela fissilis*, *Chrysophyllum gonocarpum*.

La parcela bajo estudio responde al diseño descrito por Contreras et al. (1999), la misma mide 100 m x 100 m totalizando 1 ha, dividida en 25 subparcelas de 20 m x 20 m (400 m<sup>2</sup>) cada una. El levantamiento de datos fue realizado por medio de un inventario de todos los individuos arbóreos con DAP  $\geq$  10 cm en cada subparcela. Los datos de campo en el presente análisis fueron los siguientes: (a) diámetro a la altura del pecho (DAP), tomados a 1,30 m sobre el terreno, (b) altura total, de acuerdo a estimación por observación directa, y (c) especie, identificada conforme a la base de datos del Instituto Darwinion, Flora del Cono Sur.

Los parámetros estructurales analizados fueron:

a) Composición florística: mediante listado de especies registradas en la PPMB, ordenado por familia, nombre científico, nombre común y dividido en clases: Dicotyledonae y Monocotyledonae. Los individuos reclutados se identificaron por observación directa de sus caracteres macromorfológicos, con ayuda de binoculares, descortezador y guías de campo.

b) Abundancia: mediante listado completo de las especies, indicando la cantidad de veces que se registró cada especie. La abundancia relativa de cada especie constituye el porcentaje de la abundancia en comparación del total de los árboles medidos. Se aplicaron procedimientos de Melo y Vargas (2003).

$$A_i = \sum i \quad (1)$$

$$A_i\% = A_i/A_t \times 100 \quad (2)$$

Donde:

$A_i$  = abundancia absoluta de la especie  $i$ .

$A_i\%$  = abundancia relativa de la especie  $i$ .

$A_t$  = abundancia total.

$\sum i$  = cantidad de individuos de la especie.

c) Frecuencia: se obtuvo como un porcentaje del número de subparcelas en las cuales se registró la presencia de cada especie. La frecuencia relativa corresponde a la frecuencia absoluta expresada como porcentaje de la sumatoria de las frecuencias absolutas (Melo y Vargas 2003).

$$F_i = \sum \text{subparcelas con presencia de } i / 25 \times 100 \quad (3)$$

$$F_i\% = F_i/F_t \times 100 \quad (4)$$

Donde:

$F_i$  = frecuencia absoluta de la especie  $i$ .

$F_i\%$  = frecuencia relativa de la especie  $i$ .

$F_t$  = frecuencia total.

d) Dominancia: de acuerdo con Lamprecht (1990), los datos de dominancia absoluta de las especies son obtenidos sumando las áreas basales de todos los individuos por especie, la dominancia relativa es calculada como el porcentaje del área basal de cada especie respecto al total de área basal de todos los individuos en la PPMB.

$$D_i = \sum AB_i \quad (5)$$

$$D_i\% = D_i/AB_t \times 100 \quad (6)$$

$$AB = \pi/4 \times d^2 \quad (7)$$

Donde:

$D_i$  = dominancia absoluta de la especie  $i$ .

$D_i\%$  = dominancia relativa de la especie  $i$ .

$AB$  = área basal.

$AB_i$  = área basal de la especie  $i$ .

$AB_t$  = área basal total.

$d$  = diámetro a la altura del pecho (1,30 m sobre el terreno).

e) Índice de Valor de Importancia (IVI): mediante la sumatoria de los valores relativos de abundancia, frecuencia y dominancia de cada especie (Melo y Vargas 2003).

$$IVI = \sum A_i\% + F_i\% + D_i\% \quad (8)$$

Donde:

IVI = índice de valor de importancia.

$A_i$  = abundancia relativa de la especie  $i$ .

$F_i$  = frecuencia relativa de la especie  $i$ .

$D_i$  = dominancia relativa de la especie  $i$ .

f) Estructura vertical: considerando las directrices de Lamprecht (1990), a través de una clasificación simple de la estructura vertical, en la que se distingue: estrato superior (altura > 2/3 de la altura superior), estrato medio (< 2/3 > 1/3) y estrato inferior (< 1/3 de la altura superior).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la PPMB estudiada se registró un total de 470 individuos, pertenecientes a 24 familias botánicas, 53 géneros y 68 especies; además de 4 especies indeterminadas, de las cuales tres fueron identificadas a nivel de familia (Tabla 1).

El bosque bajo estudio registró un menor número de especies, en comparación con varios estudios realizados en el Bosque Atlántico del Brasil. De acuerdo con Cysneiros et al. (2015), se obtuvo 83 especies  $ha^{-1}$  a través del método de parcelas ( $DAP \geq 10$  cm) y 174 especies  $ha^{-1}$  con el criterio de inclusión de individuos a partir de 5 cm de DAP. França y Stehmann (2013) a través del método de cuadrantes ( $DAP \geq 15$  cm) han registrado 373 especies arbóreas. Por otro lado, Lima et al. (2017) han registrado 81 especies en tan solo 0,1 ha ( $DAP \geq 15$  cm).

Estas diferencias observadas pueden ser consecuencia de diversos procesos históricos y ecológicos, que actuaron en diferentes escalas de espacio y tiempo. La menor riqueza de especies observada en el bosque estudiado podría estar influenciada por los disturbios ocurridos en el pasado, como fue la extracción selectiva e intensa de individuos arbóreas para fines maderables.

De acuerdo con França y Stehmann (2013), la reducción de la riqueza de especies también es influenciada por la dominación de algunas pioneras en la composición florística del bosque. Cabe mencionar que algunas de las especies mejor representadas en el bosque estudiado, en términos de número de individuos, fueron *Cecropia pachystachya* (Amba'y) y *Solanum granuloso-leprosum* (Hu'í moneha), típicas de vegetación secundaria.

**Tabla 1.** Composición florística de un bosque de la Ecorregión Alto Paraná, Paraguay.

Clase Dicotyledoneae			
Nº	Familia	Especie	Nombre común
1	Annonaceae	<i>Rollinia salicifolia</i> Schlttdl.	Aratiku
2	Araliaceae	<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	Ombura
3	Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguirre, Steyererm. & Frodin	Amba'y guasu
4	Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Lapacho
5	Bignoniaceae	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	Karova guasu
6	Bignoniaceae	Indeterminado (liana)	Desconocido
7	Boraginaceae	<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S. Mill.	Guajayvi
8	Boraginaceae	<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	Colita
9	Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Peterevy
10	Cannabaceae	<i>Celtis</i> sp.	Juasy'y
11	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Kurundi'y
12	Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	Mamón
13	Caricaceae	<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	Jacarati'a
14	Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Tapi'a guasu'i
15	Euphorbiaceae	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Chipa rupa
16	Fabaceae	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) Macbr.	Yvyra pere
17	Fabaceae	<i>Bauhinia forficata</i> Link. ssp. <i>pruinosa</i> (Vogel) Fortunato & Wunderlin	Pata de buey
18	Fabaceae	<i>Bauhinia microstachya</i> (Raddi) F. Macbr.	Ka'i escalera
19	Fabaceae	<i>Dahlstedtia muehlbergiana</i> (Hassl.) M. J. Silva & A. M. Azevedo	Ka'a vusu
20	Fabaceae	<i>Erythrina falcata</i> Benth.	Sui'yva
21	Fabaceae	<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	Yvyra pepe
22	Fabaceae	<i>Inga uraguensis</i> Hook. & Arn.	Inga guasu
23	Fabaceae	<i>Muelleria campestris</i> (Mart. ex Benth.) M. J. Silva & A. M. Azevedo	Yvyra ita
24	Fabaceae	<i>Machaerium paraguariense</i> Hassler	Ysapy'y guasu
25	Fabaceae	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	Ysapy'y moroti
26	Fabaceae	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão	Yvyra paje
27	Fabaceae	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Kurupa'y ra
28	Fabaceae	<i>Peltophorum dubium</i> (Sprengel) Taub.	Yvyra pyta
29	Fabaceae	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Jukeri guasu
30	Lauraceae	<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J. F. Macbr.	Laurel aguacate
31	Lauraceae	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees & Mart. ex Nees	Aju'y moroti
32	Lauraceae	<i>Nectandra megapotamica</i> (Sprengel) Mez	Laurel hu
33	Lauraceae	<i>Nectandra</i> sp.	Laurel
34	Lauraceae	<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meissner) Mez	Aju'y sayju
35	Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Laurel guaika
36	Lauraceae	Indeterminado	Laurel
37	Malvaceae	<i>Bastardiopsis densiflora</i> (Hook. & Arn.) Hassler	Loro blanco
38	Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravena	Samu'u
39	Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Cancharana
40	Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro
41	Meliaceae	<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	Karaja bola
42	Meliaceae	<i>Trichillia catigua</i> A. Juss.	Katigua pyta
43	Meliaceae	<i>Trichillia claussennii</i> C. DC.	Katigua guasu
44	Moraceae	<i>Ficus</i> sp.	Guapo'y
45	Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Steud. ssp. <i>tinctoria</i>	Tata jyva
46	Moraceae	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C. Burger, Lanj. & Wess. Boer	Ñandypa mi
47	Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg	Guavira pyta
48	Myrtaceae	<i>Plinia rivularis</i> (Cambess.) Rotman	Yvaporoit
49	Myrtaceae	Indeterminado	Desconocido
50	Nyctaginaceae	<i>Pisonia aculeata</i> L.	Jagua pinda
51	Nyctaginaceae	<i>Pisonia zapallo</i> Griseb. var. <i>zapallo</i>	Jukyry vusu
52	Primulaceae	<i>Myrsine</i> sp. 1	Kanelon
53	Primulaceae	<i>Myrsine</i> sp. 2	Kanelon pyta
54	Primulaceae	<i>Myrsine</i> sp. 3	Kanelon guasu
55	Rosaceae	<i>Prunus</i> sp.	Yvaro
56	Rutaceae	<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	Guatambú
57	Rutaceae	<i>Helietta apiculata</i> Benth.	Yvyra ovi
58	Rutaceae	<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam.	Tembetary hu
59	Rutaceae	<i>Zanthoxylum petiolare</i> A. St. - Hil. & Tul.	Tembetary moroti
60	Rutaceae	<i>Zanthoxylum</i> sp.	Tembetary
61	Salicaceae	<i>Banara tomentosa</i> Clos	Mbavy ra
62	Salicaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	Mbavy guasu
63	Sapindaceae	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk.	María preta
64	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engler	Agua'i
65	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk. ssp. <i>marginatum</i>	Pykasu rembi'u

**Tabla 1.** Composición florística de un bosque de la Ecorregión Alto Paraná, Paraguay (continuación).

<b>Clase Dicotyledoneae</b>			
<b>Nº</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>
66	Simaroubaceae	<i>Picrasma crenata</i> (Vell.) Engl.	Pirero
67	Solanaceae	<i>Cestrum</i> sp.	Ka'a ne
68	Solanaceae	<i>Solanum granuloso-leprosum</i> Dunal	Hu'i moneha
69	Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Amba'y
70	Indeterminado	Indeterminado (liana)	Desconocido
<b>Clase Monocotyledoneae</b>			
<b>Nº</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>
1	Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Palmito
2	Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Pindó

Las familias botánicas con mayor número de géneros y especies registradas en este estudio fueron Fabaceae (12 géneros y 14 especies), Lauraceae (3 géneros y 7 especies), Meliaceae (4 géneros y 5 especies), y Rutaceae (3 géneros y 5 especies). En conjunto, estas 4 familias fueron responsables del 43,06% del total de las especies.

En el estudio realizado por Lima et al. (2017), la familia que obtuvo mayor número de especies también fue Fabaceae. Por otro lado, Deziderio et al. (2018) encontraron que las familias mejor representadas fueron Myrtaceae (12 especies), Primulaceae (4 especies) y Asteraceae (3 especies), las cuales sumaron el 46,3% de la riqueza total del área. França y Stehmann (2013) mencionan que las familias Fabaceae (67), Lauraceae (27), Myrtaceae (26), Rubiaceae (19), Euphorbiaceae, Meliaceae y Salicaceae (16), Sapotaceae (15), Moraceae (13), Annonaceae y Malvaceae (12), Bignoniaceae, Rutaceae y Sapindaceae (10); representaron el 60% del total de especies inventariadas. Machado Lins (2017) menciona a las familias Fabaceae, Lauraceae, Sapotaceae, Euphorbiaceae, Chrysobalanaceae y Lecythidaceae como las de mayor número de especies.

Con excepción de las familias Fabaceae y Lauraceae como las mejores representadas, las diferencias cualitativas encontradas concuerdan con Cartes citado por Degen de Arrúa et al. (2017), quien menciona que en el Bosque Atlántico del Alto Paraná la composición florística es variable y se encuentra en dependencia de factores edáficos y climáticos.

Las especies más abundantes, de acuerdo con los valores de abundancia relativa, fueron *Chrysophyllum gonocarpum* (Agua'i), *Cecropia pachystachya* (Amba'y) y *Cabralea canjerana* (Cancharana), con 11,49%, 7,45% y 7,02%, respectivamente.

*Chrysophyllum gonocarpum* (Agua'i), *Cabralea canjerana* (Cancharana), y *Jacaratia spinosa* (Jacarati'a) fueron las que presentaron mayor frecuencia relativa con 7,05%, 7,05% y 5,77%, respectivamente. Ninguna de las especies presentó 100% de frecuencia absoluta, es decir, no se registraron especies que tengan presencia en todas las subparcelas.

Las especies que presentaron mayor dominancia relativa fueron *Cabralea canjerana* (Cancharana) con 12,21%, *Chrysophyllum gonocarpum* (Agua'i) con 10,29%, *Jacaratia spinosa* (Jacarati'a) con 6,87% y *Peltophorum dubium* (Yvyra pyta) con 6,47%.

Las especies que presentaron mayor peso ecológico, según los cálculos obtenidos del IVI, fueron *Chrysophyllum gonocarpum* (Agua'i) con 28,83%, *Cabralea canjerana* (Cancharana) con 26,28% y *Jacaratia spinosa* (Jacarati'a) con 19,45%.

Lima et al. (2017) destacaron a la especie *Protium heptaphyllum* con mayor valor de importancia, representando el 14,65% del total del IVI. Deziderio et al. (2018) encontraron una concentración de los valores del IVI en *Podocarpus lambertii*, *Araucaria angustifolia* y *Myrceugenia bracteosa*, las cuales representaron el 52,74% del total del IVI. En el estudio realizado por França y Stehmann (2013), las especies que se destacaron en cuanto a los valores del IVI fueron *Joannesia princeps* y *Virola gardneri*. Nótese que ninguna de las especies mencionadas tuvo presencia en el bosque estudiado. A pesar de que todas las áreas están localizadas en el Bosque Atlántico, ellas presentan diferencias en la altitud y orientación geográfica, además de estar sometidas a diferentes regímenes pluviométricos, que de acuerdo con Cruz et al. (2013), constituyen factores importantes para determinar la ocurrencia de especies arbóreas.

Los valores absolutos y relativos de la abundancia, frecuencia, dominancia de las especies con mayor peso ecológico de acuerdo con los valores del IVI, se observan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Valores absolutos y relativos de abundancia, frecuencia, dominancia de las especies con mayor peso ecológico según los valores del IVI, de un bosque de la Ecorregión Alto Paraná, Paraguay.

Especie	Valores absolutos			Valores relativos (%)			IVI
	AB	FR	DM	AB	FR	DM	
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engler	54	88	2,96	11,49	7,05	10,29	28,83
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	33	88	3,51	7,02	7,05	12,21	26,28
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	32	72	1,98	6,81	5,77	6,87	19,45
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	35	68	0,67	7,45	5,45	2,32	15,21
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	18	52	1,85	3,83	4,17	6,42	14,42
<i>Muelleria campestris</i> (Mart. ex Benth.) M. J. Silva & A. M. Azevedo	13	44	1,41	2,77	3,53	4,89	11,18
<i>Solanum granuloso-leprosum</i> Dunal	25	44	0,49	5,32	3,53	1,69	10,53
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meissner) Mez	12	40	1,24	2,55	3,21	4,32	10,08

AB: abundancia (número de individuos ha<sup>-1</sup>); FR: frecuencia (número de subparcelas ocupadas en %); DM: dominancia (área basal en m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>); IVI: índice de valor de importancia (%).

La sumatoria de las áreas basales dio como resultado un valor de 28,77 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. En estudios realizados en el Bosque Atlántico del Brasil, Machado Lins (2017) menciona un rango de 24 a 30 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> de área basal (DAP ≥ 10 cm). Deziderio et al. (2018) y Cruz et al. (2013) obtuvieron mayores valores, los cuales fueron 61,65 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (DAP ≥ 4,8 cm) y 62,2 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (DAP ≥ 5 cm) respectivamente. França y Stehmann (2013) obtuvieron en una zona altitudinal similar al bosque estudiado (248 msnm) 20,90 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (DAP ≥ 15 cm).

Estas diferencias encontradas pueden ser explicadas, en parte, debido a diferentes sucesos históricos, al impacto de la fragmentación y de la intensidad del efecto de borde (Tanus et al. 2012). Cysneiros et al. (2015) mencionan que bajos valores de área basal se han asociado con la ocurrencia de perturbaciones como la extracción selectiva de madera.

De acuerdo con la metodología mencionada, el bosque se dividió en tres estratos, en donde la altura del estrato superior fue de 20,8 a 31 m, seguido del estrato medio con una altura entre 10,3 a 20,7 m y el estrato inferior con alturas menores a 10,2 m, siendo la altura máxima del bosque 31 m.

De los 470 individuos registrados, el estrato con mayor densidad fue el inferior con 263 individuos (56%), seguido por el estrato medio con 185 individuos (39,3%), y el estrato superior con 22 individuos (4,7%) (Figura 1).

El estrato superior estuvo constituido por las especies *Balfourodendron riedelianum* (Guatambú), *Muelleria campestris* (Yvyra ita), *Handroanthus*

*heptaphyllus* (Lapacho), *Holocalyx balansae* (Yvyra pepe), *Alchornea triplinervia* (Chipa rupa), *Cabralea canjerana* (Cancharana), *Cordia americana* (Guajayvi), *Ocotea diospyrifolia* (Aju'y sayju), *Parapiptadenia rigida* (Kurupa'y ra), *Peltophorum dubium* (Yvyra pyta), *Pisonia aculeata* (Jagua pinda) y una especie indeterminada de la familia Bignoniaceae. Cabe mencionar que las dos últimas son lianas cuyas alturas corresponden a la de los hospederos.

El estrato medio estuvo mayormente conformado por las especies *Chrysophyllum gonocarpum* (Agua'i), *Cabralea canjerana* (Cancharana), *Syagrus romanzoffiana* (Pindó), *Balfourodendron riedelianum* (Guatambú), *Chrysophyllum marginatum* (Pykasu rembi'u) y *Ocotea diospyrifolia* (Aju'y sayju).

Por otro lado, el estrato inferior estuvo mejor representado por especies pioneras como *Cecropia pachystachya* (Amba'y), *Solanum granuloso-leprosum* (Hu'i moneha) y *Sorocea bonplandii* (Ñandypa mi), además de las especies *Jacaratia spinosa* (Jacarati'a) y *Chrysophyllum gonocarpum* (Agua'i).

Cabe mencionar que las especies *Alchornea triplinervia* (Chipa rupa), *Balfourodendron riedelianum* (Guatambú), *Cabralea canjerana* (Cancharana), *Handroanthus heptaphyllus* (Lapacho), *Holocalyx balansae* (Yvyra pepe), *Muelleria campestris* (Yvyra ita), *Ocotea diospyrifolia* (Aju'y sayju) y *Pisonia aculeata* (Jagua pinda) fueron registradas en los tres estratos. Según Schneider y Finger (2000) la presencia de una especie en los tres estratos es un indicio de su

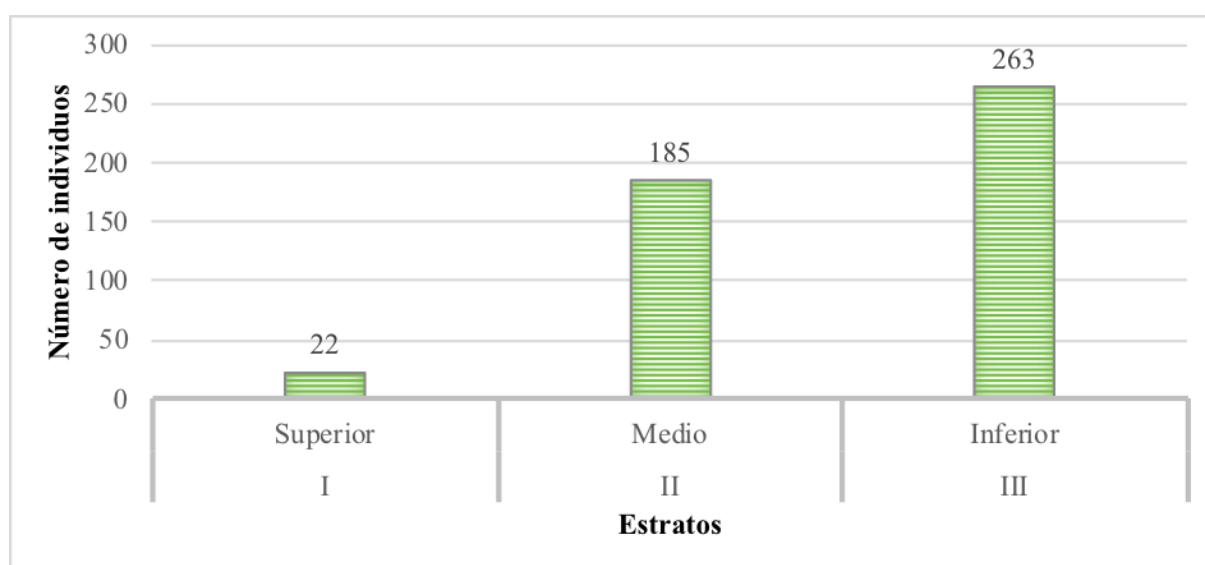
participación en la estructura del bosque, durante la fase de su desarrollo hasta llegar al clímax.

En un estudio realizado en un fragmento del Bosque Atlántico del Brasil, la altura de los individuos registrados varió de 2 a 15 m. Las especies encontradas en el estrato inferior fueron *Aegiphila* sp., *Swartzia pickelii* y *Talisia esculenta*. Alrededor del 50% de los individuos muestreados se encontró en el estrato inferior. En el estrato medio, la mayor representatividad se dio por los individuos *Cecropia pachystachya*, *Byrsonima sericea* y *Schefflera morototoni*. Entre las especies que se concentraron en el estrato superior se destacó *Bowdichia virgilioides* con 15 m (Freitas et al. 2018).

La altura de los árboles es un parámetro influenciado por diversos factores tales como: la intensidad luminosa y la correlación con especies dominantes; además puede indicar el estadio sucesional en que se encuentra el bosque (Silva y

Carvalho 2017). De esta forma, la presencia de mayor número de individuos con alturas menores a 10,2 m (estrato inferior) y conformado principalmente por especies pioneras, sugiere que el bosque estudiado corresponde a una vegetación secundaria.

Los resultados obtenidos con relación a la composición florística y la estructura horizontal y vertical del bosque, sugieren que las diferencias encontradas pueden explicarse por lo mencionado por Machado Lins (2017): los cambios en el clima y en las condiciones del suelo, junto con las variaciones altitudinales, determinan una gran heterogeneidad en la estructura y la composición florística del Bosque Atlántico; así también, menciona que las perturbaciones humanas pasadas y presentes constituyen factores comunes e importantes que interfieren en la estructura y biomasa del Bosque Atlántico.



**Figura 1.** Distribución de los individuos según estrato arbóreo de un bosque de la Ecorregión Alto Paraná, Paraguay. I: estrato superior (20,8 a 31 m); II: estrato medio (10,3 a 20,7 m); III: estrato inferior ( $\leq 10,2$  m).

## CONCLUSIONES

Los resultados del análisis estructural sugieren que el bosque estudiado está representado por *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engler con mayor abundancia, frecuencia e índice de valor de importancia. Además, se resalta la presencia de mayor número de individuos con alturas menores a

10,2 m (estrato inferior) y conformado principalmente por especies pioneras.

El bosque no presenta igualdades estructurales con los patrones registrados a nivel regional y, a excepción de las familias Fabaceae y Lauraceae como mejores representadas, también existen diferencias en aspectos cualitativos en comparación con la composición florística del Bosque Atlántico del Brasil; lo que sugiere que a pesar de compartir

características biogeográficas, podrían existir diferencias climáticas, geológicas u otros factores ambientales y/o antrópicos que influyan en la composición y estructura del bosque.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a las siguientes entidades y personas: Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Instituto Forestal Nacional, equipo de trabajo del CEFOTESFOR-AP.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvis, J. 2009. Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. Facultad de Ciencias Agropecuarias 7(1):155-122.
- Contreras, F; Leaño, C; Licona, J; Dauber, E; Gunnar, L; Hager, N; Caba, C. 1999. Guía para la instalación y evaluación de parcelas permanentes de muestreo. Santa Cruz, Bolivia: BOLFOR, PROMABOSQUE. 59 p.
- Cruz, A; Silva-Gonçalves, K; Nunes-Freitas, A. 2013. Estrutura e florística de comunidade arbórea em duas áreas de Floresta Ombrófila Densa em Macaé, RJ. Rodriguésia 64(4):791-805.
- Cysneiros, V; Mendonça-Junior, J; Gaudi, T; Braz, D. 2015. Diversity, community structure and conservation status of an Atlantic Forest fragment in Rio de Janeiro State. Brazil. Biota Neotropica 15(2):e20140132.
- Da Ponte, E; Mack, B; Wohlfart, C; Rodas, O; Fleckenstein, M; Oppelt, N; Dech, S; Kuenzer, C. 2017. Assessing forest cover dynamics and forest perception in the Atlantic Forest of Paraguay, combining remote sensing and household level data. Forests 8(10):1-21.
- Degen de Arrúa, R; Britos, L; Delmás de Rojas, G; González, Y; González, G. 2017. Estudio florístico del Cerro Acatí-2, Colonia Independencia, Departamento Guairá, Paraguay. Polibotánica (43):37-65.
- Deziderio, L; Campos, J; Macedo, N; Alvim, F. 2018. Estrutura, diversidade e heterogeneidade de uma floresta ombrófila mista altomontana em seu extremo norte de distribuição, Minas Gerais. Ciência Florestal 28(2):567-579.
- Dinerstein, E; Olson, D; Graham, A; Webster, S; Primm, M. 1995. A Conservation assessment of the terrestrial ecoregions of America and the Caribbean. Washington, DC: The International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank.
- França, G; Stehmann, J. 2013. Florística e estrutura do componente arbóreo de remanescentes de Mata Atlântica do médio rio Doce, Minas Gerais, Brasil. Rodriguésia 64(3):607-624.
- Freitas, A; Menezes, M; Lima, A; Medeiros, L; Borges, A; Nogueira, M. 2018. Floristic and structure of the arboreal community of a regenerating fragment of Atlantic Forest, Igarassu, Pernambuco, Brazil. Revista Agroambiente 12(2):145-155.
- Hernández, J; Aguirre, O; Alanís, E; Jiménez, J; González, M. 2013. Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. Revista Chapingo 19 (3):189-199.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. de Antonio Carrillo. Eschborn, Alemania. 335 p.
- López Hernández, J; Aguirre, O; Alanís, E; Monarrez, J; González, M; Jiménez, J. 2017. Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. Madera y Bosques 23(1):39-51.
- Lima, R; Marangon, L; Freire, F; Patriora, A. 2017. Potencial regenerativo de espécies arbóreas em fragmento de Mata Atlântica, Pernambuco, Brasil. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável 12(4):666-673.
- Machado Lins, S. 2017. Nutrients dynamics in tropical forest fragments located in an area of Atlantic Forest of the state of Alagoas. Tesis Ph.D. Piracicaba, Brasil, Universidade de São Paulo. 103 p.



- Melo, O; Vargas, R. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima. 235 p.
- Plací, G, Di Bitetti, M. 2005. Situación ambiental en la Ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná (en línea). Argentina. Consultado 4 jun. 2016. Disponible en <http://www.fvsa.org.ar/situacionambientalselva%20paranaense.pdf>
- Silva, B; Carvalho, D. 2017. Aspectos fitossociológicos dos fragmentos florestais da cidade de Manaus. Caderno de Geografia 27(51):806-823.
- Schneider, P; Finger, C. 2000. Manejo sustentado de florestas inequiâneas heterogêneas. Santa Maria, Brasil: Universidade Federal de Santa Maria. 195 p.
- SEAM (Secretaría del Ambiente, Paraguay). 2013. Resolución N° 614/2013 de ecorregiones del Paraguay. Secretaría del Ambiente. Asunción, Paraguay. 4 p.
- Spichiger, R; Bertoni, B; Loizeau, P. 1992. The forest of the paraguayan Alto Paraná. Candollea 47: 219-250.
- Tanus, M; Pastore, M; Bianchini, R; Gomes, E. 2012. Estrutura e composição de um trecho de mata atlântica no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. Hoehnea 39(1):157-168.
- WWF (World Wide Fund for Nature). 2016. Bosque Atlántico (en línea). Consultado 15 jun. 2016. Disponible en <https://goo.gl/qCT57g>