

Cárdenes Barrios SR, Pérez-Molas L. Composición florística de la formación forestal y sabánica en el Cerrado Aguará Ñu, Reserva Natural del Bosque Mbaracayú, Paraguay. Rev. Soc. cient. Parag. 2021;26(2):77-99.  
<https://doi.org/10.32480/rscp.2021.26.2.77>  
Recibido:19/07/2021. Aceptado: 1/10/2021.

ARTÍCULO ORIGINAL

ORIGINAL ARTICLE

## Composición florística de la formación forestal y sabánica en el Cerrado Aguará Ñu, Reserva Natural del Bosque Mbaracayú, Paraguay

Floristic composition of the forest and savanna formation in the Cerrado Aguará Ñu, Mbaracayú Forest Natural Reserve, Paraguay

Sergio Rafael Cárdenes Barrios<sup>1,2\*</sup> , Lidia Pérez-Molas<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Universidad de Los Lagos, Programa de Magíster en Ciencias, mención Producción, Manejo y Conservación de Recursos Naturales. Osorno, Los Lagos, Chile.

<sup>2</sup> Centro de Estudios y Formación para el Ecodesarrollo. Asunción, Paraguay.

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Bosques y Biodiversidad, San Lorenzo, Paraguay.

Autor correspondiente: cardenassergiorafael@gmail.com

**Resumen:** El objetivo de este estudio fue realizar una evaluación ecológica rápida de la flora nativa de la formación forestal y sabánica del Cerrado Aguará Ñu, Reserva Natural del Bosque Mbaracayú de Paraguay, determinando la riqueza de especies y las diferencias de composición entre las mismas, de manera a complementar los levantamientos florísticos ya existentes. Se registró *in situ* la flora vascular nativa del Cerrado mediante diez transectos de 50 m x 2 m (1000 m<sup>2</sup>) en cada formación vegetal (forestal y sabánica). Se obtuvo un total de 171 especies en 61 familias. La formación sabánica presentó la mayor riqueza de especies en relación a la formación forestal, con 106 especies en 40 familias y 81 especies en 40 familias, respectivamente. Las especies más frecuentes en la formación sabánica fueron *Axonopus cfr. siccus* (Nees) Kuhlm., *Butia paraguayensis* (Barb. Rodr.) L.H. Bailey, *Duguetia furfuracea* (A. St.-Hil.) Benth. & Hook. f., *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, y *Pradosia brevipes* (Pierre) T.D. Penn. En cuanto a la formación forestal, las especies más frecuentes fueron *Copaifera langsdorffii* Desf. var. *langsdorffii*, *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Decne. & Planch., *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand, y *Vochysia tucanorum* C. Mart. Ambas formaciones vegetales sólo



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo Licencia Creative Commons.

compartieron 14 especies de plantas. La familia Fabaceae registró el mayor número de especies. Por otro lado, se evidenció la disimilitud florística típica entre las formaciones forestales y sabánicas del Cerrado en el área de estudio, lo que sugiere un buen estado de conservación del área protegida. No obstante, dadas las características y limitaciones de la evaluación ecológica rápida, se recomienda seguir monitoreando el área de manera a avanzar hacia una mejor comprensión de la dinámica vegetacional local y una mejor valoración de su biodiversidad.

**Palabras clave:** evaluación ecológica rápida, plantas nativas, riqueza de especies, área protegida.

**Abstract:** The aim of this study was to carry out a rapid ecological assessment of the forest and savannah's native flora in the Cerrado Aguará Ñu of the Mbaracayú Forest Natural Reserve in Paraguay, to determine the species richness and the differences in composition among them, and to complement existing floristic surveys. The native vascular flora of the Cerrado was recorded *in situ* in ten 50 m x 2 m (1000 m<sup>2</sup>) transects within each plant community (forest and savannah). A total of 171 species in 61 families were recorded. The savannah showed the higher species richness in relation to the forest, with 106 species in 40 families and 81 species in 40 families, respectively. The most frequent species in the savannah were *Axonopus cfr. siccus* (Nees) Kuhlm., *Butia paraguayensis* (Barb. Rodr.) L.H. Bailey, *Duguetia furfuracea* (A. St.-Hil.) Benth. & Hook. f., *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, and *Pradosia brevipes* (Pierre) T.D. Penn. As for the forest, the most frequent species were *Copaifera langsdorffii* Desf. var. *langsdorffii*, *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Decne. & Planch., *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand, and *Vochysia tucanorum* C. Mart. Only 14 plant species were found to be common in both plant communities. The Fabaceae family had the highest number of species. On the other hand, the typical floristic dissimilarity was evidenced between the Cerrado forest and savannah in the study area, which suggests a good state of conservation of the protected area. However, given the traits and constraints of the rapid ecological assessment, we recommend to continue monitoring the area in order to advance towards a better understanding of the local vegetation dynamics and a better valuation of its biodiversity.

**Keywords:** rapid ecological assessment, native plants, species richness, protected area.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Cerrado es un gran bioma tropical que ocupa unos 2 millones de km<sup>2</sup> en el centro de Sudamérica, incluyendo gran parte del centro de Brasil, partes del

noreste de Paraguay y el este de Bolivia<sup>(1-3)</sup>. Comprende tres formaciones vegetales: las formaciones forestales, que se caracterizan por presentar mayormente árboles con un dosel continuo o discontinuo; las formaciones sabánicas, que contienen árboles y arbustos sin un dosel continuo, dispersos sobre un estrato de hierbas; y las formaciones campestres, que presentan predominancia de especies herbáceas y algunos arbustos<sup>(3)</sup>.

El Cerrado es el segundo bioma más grande de Sudamérica, después del Amazonas, y está clasificado entre los 25 hotspots terrestres más importantes para la conservación en el mundo<sup>(4-6)</sup>. No obstante, menos del 5% de su superficie se preserva en áreas protegidas<sup>(1,7,8)</sup>.

En el Paraguay, el Cerrado se encuentra distribuido en áreas discontinuas y de extensiones variables<sup>(9)</sup>, y es considerado de máxima prioridad para la conservación<sup>(10)</sup>. Las pocas áreas protegidas que conservan este bioma en la región Oriental son el Parque Nacional Cerro Corá del Departamento de Amambay<sup>(11)</sup>, la Reserva Natural de Tati Yupí y Yvyty Rokái en el Departamento de Alto Paraná<sup>(12,13)</sup>, la Serranía San Luis y el Parque Nacional Paso Bravo en el Departamento de Concepción<sup>(14,15)</sup>, y la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú en el Departamento de Canindeyú<sup>(11,16)</sup>. Esta última con dos zonas de Cerrado: Ñandurokái y Aguará Ñu<sup>(17)</sup>.

Considerando estos antecedentes, se resalta la importancia de la implementación de estudios florísticos periódicos que proporcionen información sobre la composición de especies de las diferentes formaciones vegetales, además de un análisis de sus similitudes o diferencias, como una parte importante de la evaluación del estado de conservación de estas áreas protegidas.

En este sentido, el objetivo de este estudio fue realizar una evaluación ecológica rápida de la flora nativa de la formación forestal y sabánica del Cerrado Aguará Ñu, Reserva Natural del Bosque Mbaracayú de Paraguay, determinando la riqueza de especies y las diferencias de composición entre las mismas, de manera a complementar los levantamientos florísticos ya existentes<sup>(11,16-19)</sup>.

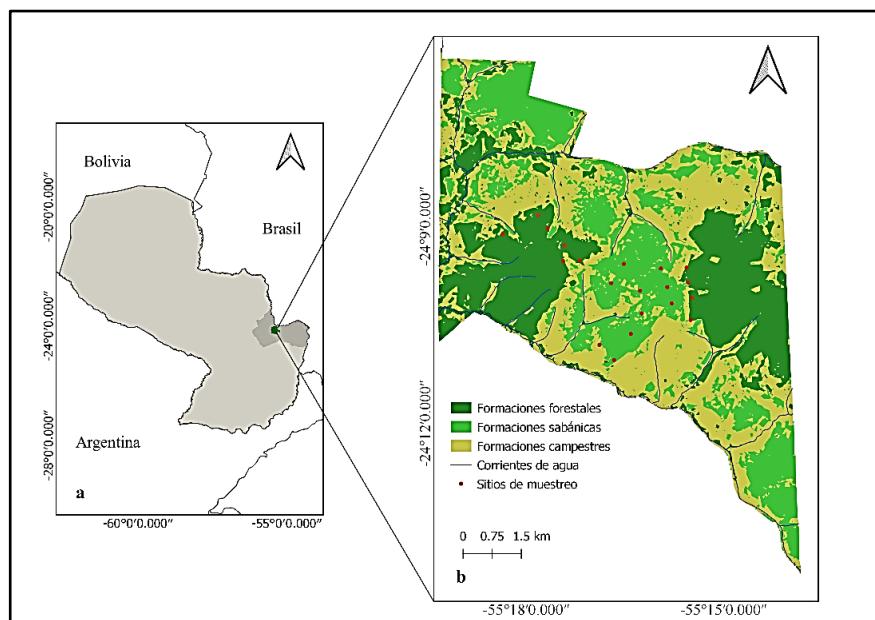
## **2. METODOLOGÍA**

### ***2.1. Área de estudio***

El estudio se llevó a cabo de enero a marzo de 2020, en el noreste del Paraguay, en la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú, en el Departamento de Canindeyú. Específicamente en el interior del Cerrado Aguará Ñu, un área ubicada en el límite oriental de esta Reserva, y que tiene aproximadamente

7000 hectáreas (Figura 1)<sup>(16,20)</sup>. La Reserva Natural del Bosque Mbaracayú es un área protegida privada, gestionada por la Fundación Moisés Bertoni, donde el acceso está restringido a personas extrañas<sup>(20)</sup>. Sin embargo, nuestra investigación se llevó a cabo mediante el permiso de acceso otorgado por del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Paraguay (Protocolo #004/2020).

Según la clasificación de Köppen, el Cerrado Aguará Ñu tiene un clima subtropical húmedo (Cfa), con una temperatura y una precipitación anual promedio de alrededor de 20°C y 1800 milímetros, respectivamente. Tiene dos estaciones bien definidas: una seca y fría (abril - septiembre), y otra húmeda y calurosa (octubre - marzo)<sup>(20,21)</sup>. Sus suelos se clasifican como ultisoles y alfisoles. Los suelos del tipo ultisol se originan en las areniscas y tienen un paisaje ondulado, sin rocas y con buen drenaje. Mientras que los suelos del tipo alfisol corresponden a llanuras de inundación de ríos y arroyos con un drenaje pobre y sin rocas<sup>(20,22)</sup>.



**Figura 1.** Área de estudio. (a) Reserva Natural del Bosque Mbaracayú (verde oscuro), dentro del departamento de Canindeyú (gris oscuro), Paraguay (gris claro). (b) Formaciones vegetales del Cerrado Aguará Ñu: forestales (verde oscuro), sabánicas (verde claro) y campesas (amarillo claro), corrientes de agua (azul), y sitios de muestreo (puntos rojos).

Como es típico, el Cerrado Aguará Ñu comprende tres tipos de formaciones vegetales: forestales, sabánicas y campesinas, que albergan una gran diversidad de plantas nativas y endémicas<sup>(16,17,19)</sup>. La Fundación Moisés Bertoni es pionera en el manejo bajo el régimen de fuego del Cerrado Aguará Ñu, desde su inclusión al área protegida entre el año 1992 y 1994, con una frecuencia anual y zonificada, cuyo criterio principal de incorporación es la acumulación de biomasa (Claudia Rolón, comunicación personal). Por esta razón, la mayor parte de la vegetación de las formaciones sabánicas presentan adaptaciones en forma de xilopodios, rizomas, bulbos y otros órganos subterráneos en las especies herbáceas, y cortezas suberificadas y tallos tortuosos en las especies leñosas y arbustivas<sup>(17)</sup>.

## 2.2. Muestreo

Fueron muestreadas dos formaciones vegetales del Cerrado: la forestal y la sabánica. Se utilizaron diez transectos de 50 m x 2 m, totalizando 1000 m<sup>2</sup> por cada formación<sup>(23,24)</sup>. La distribución de los transectos fue realizada en gabinete, teniendo en cuenta una distancia mínima de 100 m entre sí, y evitando las zonas de alteración antrópica como el camino interno y el puesto de control. La ubicación preseleccionada se registró con un geoposicionador satelital, y posteriormente se definió en campo en base a la accesibilidad y a situaciones particulares (como la presencia de enjambres de abejas en los transectos).

En cada transecto se realizó un inventario de la flora vascular nativa mediante una evaluación ecológica rápida con identificación *in situ* de las especies<sup>(25,26)</sup>. Solamente fueron colectadas muestras de las plantas cuya identificación no fue posible completar en el campo, a las que se asignó un código hasta completar el muestreo. Las plantas colectadas fueron herborizadas y posteriormente depositadas en el Museo Nacional de Historia Natural del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Paraguay.

## 2.3. Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron utilizados para construir una matriz de presencia/ausencia por transecto y por formación vegetal, en el que sólo se incorporaron los taxones detectados al menos al nivel de género. Se elaboró una curva de acumulación de especies<sup>(27)</sup>, con intervalos de confianza para cada formación vegetal utilizando el programa EStimates<sup>(28)</sup>, para evaluar la saturación de la misma en función del esfuerzo de muestreo. Se calculó la riqueza de especies esperada e intervalos de confianza para cada formación

vegetal, utilizando el estimador Chao II<sup>(29)</sup>. Esto permitió estimar la tasa de efectividad de la evaluación ecológica rápida (es decir, el porcentaje de la flora nativa detectada) según el esfuerzo de muestreo (de uno a diez transectos por formación).

La diferencia en la composición de especies entre las formaciones vegetales se evaluó calculando las distancias de Bray-Curtis. Luego, los valores de diferencia fueron ordenados usando una escala multidimensional no métrica (nMDS por sus siglas en inglés). Posteriormente, esta diferencia se probó estadísticamente mediante el análisis permutacional de las similitudes (ANOSIM). Esta herramienta de análisis permite comprobar la significación estadística de las diferencias entre grupos comparando a la disimilitud dentro de los grupos utilizando el rango de valores de disimilitud<sup>(30)</sup>. Todos los análisis estadísticos se realizaron en R 3.5.3<sup>(31)</sup>, usando el paquete Vegan versión 2.-04<sup>(32)</sup>.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registró un total de 171 especies de plantas vasculares nativas entre la formación forestal y sabánica del Cerrado Aguará Ñu, pertenecientes a 61 familias. En la formación forestal se identificaron 81 especies dentro de 40 familias, mientras que en la formación sabánica se identificaron 106 especies distribuidas en 40 familias (Tabla 1).

**Tabla 1.** Lista de especies de plantas nativas identificadas en el estudio y sus frecuencias en cada formación vegetal

Nº	Formación	Familia	Especie	Frecuencia
1	Forestal	Anacardiaceae	<i>Astronium</i> sp.	1
2	Forestal	Annonaceae	<i>Annona coriacea</i> C. Mart.	2
3	Forestal	Annonaceae	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	1
4	Forestal	Annonaceae	<i>Duguetia furfuracea</i> (A. St.-Hil.) Benth. & Hook. f.	2
5	Forestal	Annonaceae	<i>Xylopia aromatic</i> (Lam.) C. Mart.	2
6	Forestal	Apocynaceae	<i>Forsteronia glabrescens</i> Müll. Arg.	3
7	Forestal	Araceae	<i>Thaumatophyllum bipinnatifidum</i> (Schott ex Endl.) Sakur., Calazans & Mayo	1
8	Forestal	Araliaceae	<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	4

9	Forestal	Araliaceae	<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planch.	9
10	Forestal	Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	1
11	Forestal	Arecaceae	<i>Butia paraguayensis</i> (Barb. Rodr.) L.H. Bailey	1
12	Forestal	Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	1
13	Forestal	Bignoniaceae	<i>Fridericia florida</i> (DC.) L.G. Lohmann	2
14	Forestal	Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	1
15	Forestal	Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	1
16	Forestal	Bromeliaceae	<i>Aechmea bromeliifolia</i> (Rudge) Baker	1
17	Forestal	Bromeliaceae	<i>Bromelia balansae</i> Mez	4
18	Forestal	Bromeliaceae	<i>Pseudananas sagenarius</i> (Arruda) Camargo	4
19	Forestal	Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	7
20	Forestal	Clusiaceae	<i>Garcinia brasiliensis</i> Mart.	1
21	Forestal	Combretaceae	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	1
22	Forestal	Cyatheaceae	<i>Cyathea</i> sp.	1
23	Forestal	Cyperaceae	<i>Scleria</i> sp.	3
24	Forestal	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart.) O.E. Schulz	1
25	Forestal	Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.	1
26	Forestal	Fabaceae	<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenbr.) Yakovlev	2
27	Forestal	Fabaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	3
28	Forestal	Fabaceae	<i>Bauhinia</i> sp.	2
29	Forestal	Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. var. <i>langsdorffii</i>	9

<b>30</b>	Forestal	Fabaceae	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	1
<b>31</b>	Forestal	Fabaceae	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose ex Britton & Killip	1
<b>32</b>	Forestal	Fabaceae	<i>Senna</i> sp.	1
<b>33</b>	Forestal	Lacistemaceae	<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	4
<b>34</b>	Forestal	Lauraceae	<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F. Macbr.	1
<b>35</b>	Forestal	Lauraceae	<i>Nectandra angustifolia</i> (Schrad.) Nees & Mart.	1
<b>36</b>	Forestal	Lauraceae	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees & Mart.	3
<b>37</b>	Forestal	Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	1
<b>38</b>	Forestal	Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp.	2
<b>39</b>	Forestal	Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	2
<b>40</b>	Forestal	Meliaceae	<i>Guarea macrophylla</i> Vahl ssp. <i>spiciflora</i> (A. Juss.) T.D. Penn.	1
<b>41</b>	Forestal	Meliaceae	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	4
<b>42</b>	Forestal	Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Steud. ssp. <i>tinctoria</i>	1
<b>43</b>	Forestal	Moraceae	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger, Lanj. & Wess.Boer	2
<b>44</b>	Forestal	Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	2
<b>45</b>	Forestal	Myrtaceae	<i>Myrciaria cuspidata</i> O. Berg	3
<b>46</b>	Forestal	Myrtaceae	<i>Plinia rivularis</i> (Cambess.) Rotman	1
<b>47</b>	Forestal	Orchidaceae	<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl.	1
<b>48</b>	Forestal	Passifloraceae	<i>Passiflora</i> sp.	1
<b>49</b>	Forestal	Poaceae	<i>Lasiacis divaricata</i> (L.) Hitchc. var. <i>austroamericana</i> Davidse	1
<b>50</b>	Forestal	Poaceae	<i>Merostachys clausenii</i> Munro	5
<b>51</b>	Forestal	Poaceae	<i>Panicum</i> sp.	1
<b>52</b>	Forestal	Polypodiaceae	<i>Microgramma lindbergii</i> (Mett.) de la	1

Sota				
53	Forestal	Primulaceae	<i>Clavija nutans</i> (Vell.) B. Ståhl	1
54	Forestal	Primulaceae	<i>Myrsine</i> sp.	6
55	Forestal	Rosaceae	<i>Prunus</i> sp.	1
56	Forestal	Rubiaceae	<i>Coccocypselum lanceolatum</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	2
57	Forestal	Rubiaceae	<i>Coussarea platyphylla</i> Müll. Arg.	6
58	Forestal	Rubiaceae	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K. Schum.	1
59	Forestal	Rubiaceae	<i>Faramea porophylla</i> (Vell.) Müll. Arg.	5
60	Forestal	Rubiaceae	<i>Geophyla</i> sp.	1
61	Forestal	Rubiaceae	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltl.	2
62	Forestal	Rubiaceae	<i>Palicourea crocea</i> (Sw.) Roem. & Schult.	6
63	Forestal	Rutaceae	<i>Helietta apiculata</i> Benth.	2
64	Forestal	Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	1
65	Forestal	Salicaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	2
66	Forestal	Salicaceae	<i>Prockia crucis</i> P. Browne ex L.	1
67	Forestal	Sapindaceae	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk.	1
68	Forestal	Sapindaceae	<i>Magonia pubescens</i> A. St.-Hil.	1
69	Forestal	Sapindaceae	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	1
70	Forestal	Sapindaceae	<i>Serjania erecta</i> Radlk.	1
71	Forestal	Sapindaceae	<i>Serjania</i> sp.	1
72	Forestal	Sapindaceae	<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk.	1
73	Forestal	Sapotaceae	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	2
74	Forestal	Schizaeaceae	<i>Schizaea elegans</i> (Vahl) Sw.	1
75	Forestal	Smilacaceae	<i>Smilax</i> sp.	4
76	Forestal	Solanaceae	<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil.	1

77	Forestal	Symplocaceae	<i>Symplocos celastrinea</i> Mart. ex Miq.	2
78	Forestal	Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	3
79	Forestal	Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> C. Mart.	3
80	Forestal	Vochysiaceae	<i>Qualea</i> sp.	1
81	Forestal	Vochysiaceae	<i>Vochysia tucanorum</i> C. Mart.	8
82	Sabánica	Acanthaceae	<i>Ruellia</i> sp.	1
83	Sabánica	Amaranthaceae	<i>Froelichia procera</i> (Seub.) Pedersen	2
84	Sabánica	Anacardiaceae	<i>Anacardium humile</i> A. St.-Hil.	1
85	Sabánica	Anacardiaceae	<i>Schinus weinmannifolius</i> Endl. var. <i>hassleri</i> (F.A. Barkley) F.A. Barkley	2
86	Sabánica	Anemiaceae	<i>Anemia</i> sp.	2
87	Sabánica	Annonaceae	<i>Annona dioica</i> A. St.-Hil.	2
88	Sabánica	Annonaceae	<i>Duguetia furfuracea</i> (A. St.-Hil.) Benth. & Hook. f.	7
89	Sabánica	Apiaceae	<i>Eryngium elegans</i> Cham. & Schltl.	1
90	Sabánica	Apiaceae	<i>Eryngium juncifolium</i> (Urb.) Mathias & Constance	2
91	Sabánica	Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	2
92	Sabánica	Arecaceae	<i>Acrocomia hasslerii</i> (Barb. Rodr.) W.J. Hahn	3
93	Sabánica	Arecaceae	<i>Allagoptera campestris</i> (Mart.) Kuntze	5
94	Sabánica	Arecaceae	<i>Butia paraguayensis</i> (Barb. Rodr.) L.H. Bailey	7
95	Sabánica	Arecaceae	<i>Butia</i> sp.	1
96	Sabánica	Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	1
97	Sabánica	Asteraceae	<i>Aspilia</i> sp.	1
98	Sabánica	Asteraceae	<i>Baccharis</i> sp.	2

<b>99</b>	Sabánica	Asteraceae	<i>Eupatorium</i> sp.	1
<b>100</b>	Sabánica	Asteraceae	<i>Mikania</i> sp.	2
<b>101</b>	Sabánica	Asteraceae	<i>Orthopappus angustifolius</i> (Sw.) Gleason	1
<b>102</b>	Sabánica	Asteraceae	<i>Stenocephalum hystrix</i> (Chodat) H. Rob.	1
<b>103</b>	Sabánica	Bignoniaceae	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos ssp. <i>ochraceus</i>	1
<b>104</b>	Sabánica	Bignoniaceae	<i>Jacaranda decurrens</i> Cham.	1
<b>105</b>	Sabánica	Bixaceae	<i>Cochlospermum regium</i> (Schrank) Pilg.	1
<b>106</b>	Sabánica	Boraginaceae	<i>Heliotropium</i> sp.	1
<b>107</b>	Sabánica	Caryocariaceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess. ssp. <i>intermedium</i> (Wittm.) Prance & M.F. Silva	3
<b>108</b>	Sabánica	Celastraceae	<i>Tontelea micrantha</i> (Mart. ex Schult.) A.C. Sm.	3
<b>109</b>	Sabánica	Clusiaceae	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	1
<b>110</b>	Sabánica	Commelinaceae	<i>Commelina</i> sp.	1
<b>111</b>	Sabánica	Cucurbitaceae	<i>Cayaponia espelina</i> (Silva Manso) Cogn.	1
<b>112</b>	Sabánica	Cyperaceae	<i>Rhynchospora</i> sp.	1
<b>113</b>	Sabánica	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart.) O.E. Schulz	4
<b>114</b>	Sabánica	Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus maracayensis</i> (Chodat & Hassl.) Pax & K. Hoffm.	2
<b>115</b>	Sabánica	Euphorbiaceae	<i>Croton didrichsenii</i> G.L. Webster	3
<b>116</b>	Sabánica	Euphorbiaceae	<i>Croton serratifolius</i> Baill.	2
<b>117</b>	Sabánica	Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.	2
<b>118</b>	Sabánica	Euphorbiaceae	<i>Jatropha intermedia</i> (Chodat & Hassl.) Pax	1
<b>119</b>	Sabánica	Euphorbiaceae	<i>Jatropha</i> sp.	1

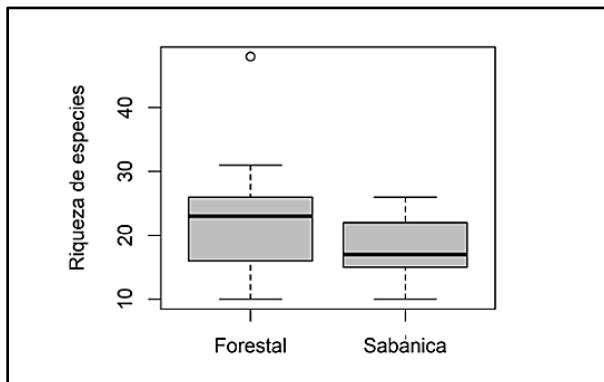
<b>120</b>	Sabánica	Euphorbiaceae	<i>Julocroton</i> sp.	1
<b>121</b>	Sabánica	Euphorbiaceae	<i>Microstachys hispida</i> (Mart.) Govaerts	2
<b>122</b>	Sabánica	Euphorbiaceae	<i>Sebastiania</i> sp.	1
<b>123</b>	Sabánica	Euphorbiaceae	<i>Stillingia salpingadenia</i> (Müll. Arg.) Huber	1
<b>124</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenbr.) Yakovlev	2
<b>125</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	3
<b>126</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Andira humilis</i> Mart. ex Benth.	2
<b>127</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Bauhinia</i> sp.	1
<b>128</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Calliandra brevicaulis</i> Micheli var. <i>brevicaulis</i>	1
<b>129</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Calliandra longipes</i> Benth.	1
<b>130</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.) Greene	1
<b>131</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Chamaecrista</i> sp.	4
<b>132</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Collaea stenophylla</i> (Hook. & Arn.) Benth.	5
<b>133</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Crotalaria</i> sp.1	1
<b>134</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Crotalaria</i> sp.2	1
<b>135</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Desmodium</i> sp.	1
<b>136</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Eriosema</i> sp.	3
<b>137</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Mimosa dolens</i> Vell.	5
<b>138</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Mimosa</i> sp.	3
<b>139</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Pomaria rubicunda</i> (Vogel) B.B. Simpson & G.P. Lewis var. <i>hauthalii</i>	1
<b>140</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw. var. <i>guianensis</i>	2
<b>141</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Stylosanthes</i> sp.	2
<b>142</b>	Sabánica	Fabaceae	<i>Zornia</i> sp.	1

<b>143</b>	Sabánica	Gesneriaceae	<i>Sinningia allagophylla</i> (Mart.) Wiehler	1
<b>144</b>	Sabánica	Iridaceae	<i>Trimezia spathata</i> (Klatt) Baker ssp. <i>martii</i> (Baker) Ravenna	2
<b>145</b>	Sabánica	Lamiaceae	<i>Hyptis</i> sp.	2
<b>146</b>	Sabánica	Lauraceae	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees & Mart.	1
<b>147</b>	Sabánica	Lythraceae	<i>Cuphea</i> sp.	1
<b>148</b>	Sabánica	Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i> sp.	1
<b>149</b>	Sabánica	Malvaceae	<i>Sida</i> sp.	4
<b>150</b>	Sabánica	Malvaceae	<i>Waltheria</i> sp.	1
<b>151</b>	Sabánica	Melastomataceae	<i>Tibouchina</i> sp.	1
<b>152</b>	Sabánica	Myrtaceae	<i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O. Berg	7
<b>153</b>	Sabánica	Myrtaceae	<i>Campomanesia sessiliflora</i> (O. Berg) Mattos	3
<b>154</b>	Sabánica	Oxalidaceae	<i>Oxalis</i> sp.	3
<b>155</b>	Sabánica	Plantaginaceae	<i>Scoparia</i> sp.	1
<b>156</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Andropogon</i> sp.	1
<b>157</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Aristida</i> sp.	5
<b>158</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Axonopus</i> cfr. <i>siccus</i> (Nees) Kuhlm.	9
<b>159</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Axonopus suffultus</i> (J.C. Mikan ex Trini.) Parodi	4
<b>160</b>	Sabánica	Poaceae	cfr. <i>Gouinia</i> sp.	2
<b>161</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Ctenium polystachium</i> Balansa	3
<b>162</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Digitaria sacchariflora</i> (Nees) Henrard	1
<b>163</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Eragrostis</i> sp.	1
<b>164</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Eustachys distichophylla</i>	2
<b>165</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Gouinia brasiliensis</i> (S. Moore) Swallen	2

<b>166</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Heteropogon contortus</i> (L.) P. Beauv. Ex Roem. & Schult.	5
<b>167</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Oedochloa procurrens</i> (Nees ex Trin.) C.Silva & R.P. Oliveira	1
<b>168</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Panicum bergii</i> Arechav.	4
<b>169</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Paspalum</i> cfr. <i>chacoense</i> Parodi	1
<b>170</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Paspalum plicatulum</i> Michx.	3
<b>171</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Schizachyrium</i> sp.	3
<b>172</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Setaria</i> sp.1	2
<b>173</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Setaria</i> sp.2	3
<b>174</b>	Sabánica	Poaceae	<i>Tristachya leiostachya</i> Nees	1
<b>175</b>	Sabánica	Polygalaceae	<i>Polygala</i> sp.	1
<b>176</b>	Sabánica	Primulaceae	<i>Myrsine</i> sp.	2
<b>177</b>	Sabánica	Rubiaceae	<i>Cordiera humilis</i> (K. Schum.) Kuntze	6
<b>178</b>	Sabánica	Rubiaceae	<i>Mitracarpus</i> sp.	2
<b>179</b>	Sabánica	Rubiaceae	<i>Richardia</i> sp.	1
<b>180</b>	Sabánica	Rubiaceae	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K. Schum.	4
<b>181</b>	Sabánica	Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	1
<b>182</b>	Sabánica	Rutaceae	<i>Zanthoxylum</i> sp.	3
<b>183</b>	Sabánica	Sapindaceae	<i>Cardiospermum pterocarpum</i> Radlk.	2
<b>184</b>	Sabánica	Sapindaceae	<i>Serjania erecta</i> Radlk.	2
<b>185</b>	Sabánica	Sapotaceae	<i>Pradosia brevipes</i> (Pierre) T.D. Penn.	7
<b>186</b>	Sabánica	Smilacaceae	<i>Smilax</i> sp.	1
<b>187</b>	Sabánica	Xyridaceae	<i>Xyris</i> sp.	1

Los transectos utilizados para el muestreo proporcionaron números variables en la riqueza de especies, como se muestra en los rangos intercuartiles (Figura 2). En la formación forestal, el promedio riqueza de

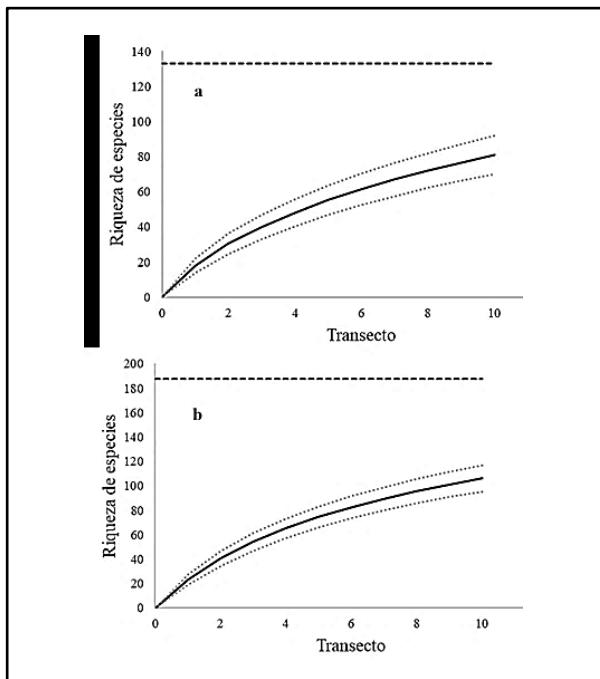
especies obtenida fue igual a 23,4, con una variación de 10 a 48 especies. No obstante, fue más consistente en los transectos de la formación sabánica, con un promedio de 18,1 especies, donde la riqueza de las especies no difería más de 15 especies entre los transectos.



**Figura 2.** Diagrama de cajas de la riqueza de especies encontrada en cada uno de los transectos en las formaciones vegetales.

Según las curvas de acumulaciones resultantes, la riqueza de especies de plantas nativas para ambas formaciones vegetales al final del muestreo no llegó a su asymptote, lo que sugiere que la riqueza de especies está subestimada (Figura 3). De hecho, la efectividad del muestreo, comparada con la riqueza de especies esperada según el estimador Chao II, fue sólo del 60,9% para la formación forestal y 56,55% para la formación sabánica.

A pesar de las limitaciones arriba mencionadas, la riqueza florística detectada en este estudio fue mayor a la descrita por Céspedes y Mereles<sup>(16)</sup> (150 plantas vasculares) en una evaluación previa en esta misma zona. Asimismo, estudios similares llevados a cabo en diferentes áreas de Cerrado del Brasil, se destacaron las formaciones sabánicas sobre las formaciones forestales<sup>(33-36)</sup>. En contrapartida, Pinheiro y Durigan<sup>(37)</sup> reportaron una mayor riqueza de especies de plantas en las formaciones forestales en relación a las formaciones sabánicas, con 71 y 50 especies, respectivamente.

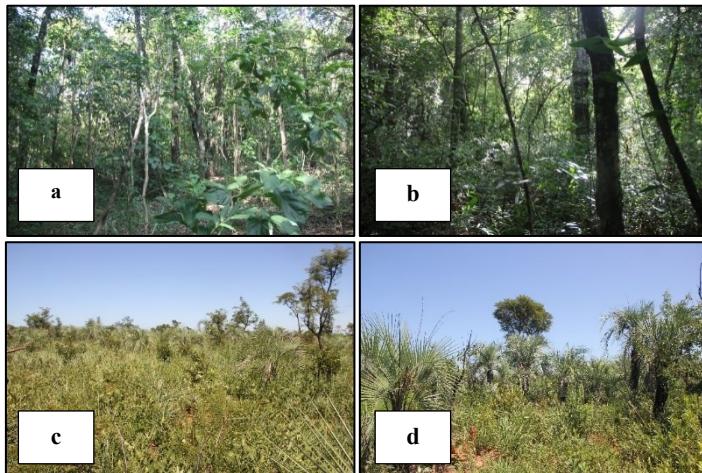


**Figura 3.** Curva de acumulación de especies (líneas sólidas) en función del número de transectos por cada formación vegetal: forestal (a) y sabánica (b). Los intervalos de confianza (95%) están representados por puntos discontinuos. La riqueza estimada de especies con el estimador Chao II se indican con una línea discontinua.

En las formaciones forestales (Figura 4 a, b), las familias mejor representadas fueron: Annonaceae (cuatro especies), Fabaceae (siete esp.), Rubiaceae (siete esp.), y Sapindaceae (seis esp.). Las especies más frecuentes fueron: *Copaifera langsdorffii* Desf. var. *langsdorffii* (nueve transectos) de la familia Fabaceae, *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Decne. & Planch. (nueve trans.) de la familia Araliaceae, *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand (siete trans.) de la familia Burseraceae, y *Vochysia tucanorum* C. Mart. (ocho trans.) de la familia Vochysiaceae.

Las familias mejor representadas en las formaciones sabánicas (Figura 4 c, d) fueron: Arecaceae (seis esp.), Asteraceae (seis esp.), Euphorbiaceae (10 esp.), Fabaceae (19 esp.), Poaceae (19 esp.) y Rubiaceae (cuatro esp.). En cuanto a la frecuencia de las especies, resaltaron: *Axonopus cfr. siccus* (Nees) Kuhlm. (nueve trans.) de la familia Poaceae, *Butia paraguayensis* (Barb. Rodr.) L.H. Bailey (siete trans.) de la familia Arecaceae, *Duguetia furfuracea* (A. St-Hil.) Benth. & Hook. f. (siete trans.) de la familia Annonaceae,

*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (siete trans.) de la familia Myrtaceae, y *Pradosia brevipes* (Pierre) T.D. Penn. (siete trans.) de la familia Sapotaceae.



**Figura 4.** Formaciones vegetales del Cerrado Aguará Ñu. (a) y (b) Formaciones forestales. (c) y (d) Formaciones sabánicas.

Solamente 14 especies de plantas fueron comunes en ambas formaciones vegetales muestreadas: Arecaceae (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart., *Butia paraguayensis* (Barb. Rodr.) L.H. Bailey, *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman), Annonaceae (*Duguetia furfuracea* (A. St.-Hil.) Benth. & Hook. f.), Euphorbiaceae (*Croton* sp.), Erythroxylaceae (*Erythroxylum cuneifolium* (Mart.) O.E. Schulz), Fabaceae (*Acosmum subelegans* (Mohlenbr.) Yakovlev, *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg., *Bauhinia* sp.), Lauraceae (*Nectandra lanceolata* Nees & Mart.) Primulaceae (*Myrsine* sp.), Rutaceae (*Zanthoxylum rhoifolium* Lam.), Sapindaceae (*Serjania erecta* Radlk.), Smilacaceae (*Smilax* sp.).

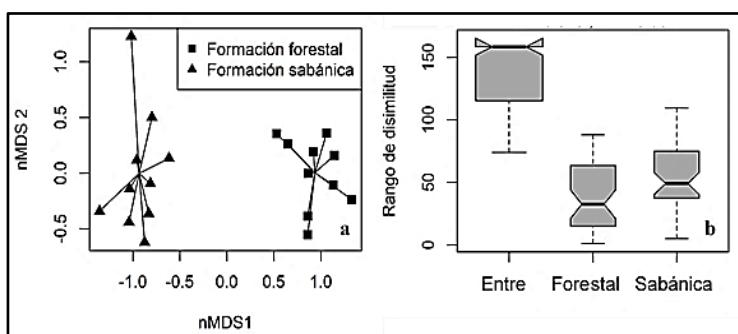
La familia botánica Fabaceae fue la más importante en ambas formaciones vegetales. Esto concuerda con los reportes de varios investigadores<sup>(34,36,38,39)</sup>. Se destaca también que *Vochysia tucanorum*<sup>(37)</sup>, *Caryocar brasiliense* y *Qualea grandiflora*<sup>(39,40)</sup> fueron algunas de las especies más comúnmente reportadas en el Cerrado de Brasil, y aunque también fueron encontradas en la presente investigación, la frecuencia de las mismas no fue significativa.

Comparando estos resultados con estudios florísticos anteriores realizados en las formaciones forestales y sabánicas del Cerrado Aguará Ñu se tiene

que, de las 15 plantas vasculares descritas por Marín et al.<sup>(17)</sup>, sólo siete de ellas (46,7 %) han sido registradas en esta investigación. De las 26 especies de plantas vasculares reportadas por Céspedes y Mereles<sup>(16)</sup>, 9 (34,6 %) son comunes a este estudio. Mientras tanto, de las 106 especies descritas por Rolón et al.<sup>(19)</sup>, 40 (37,7%) coinciden con las especies encontradas en esta investigación.

Con base en lo reportado por Peña-Chocarro et al.<sup>(18)</sup>, en esta evaluación se mencionan por primera vez para la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú y para el Departamento de Canindeyú, a *Magonia pubescens* A. St.-Hil., *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk., *Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk., *Kielmeyera coriacea* Mart. & Zucc., *Stillingia salpingadenia* (Müll. Arg.) Huber, *Digitaria sacchariflora* (Nees) Henrard, *Paspalum plicatulum* Michx., *Axonopus cfr. siccus*, *Gouinia brasiliensis* (S. Moore) Swallen, *Heteropogon contortus* (L.) P. Beauv. Ex Roem. & Schult., *Oedochloa procurrens* (Nees ex Trin.) C.Silva & R.P. Oliveira, *Panicum bergii* Arechav., y *Paspalum cfr. chacoense* Parodi.

La composición de especies de plantas nativas fue significativamente diferente entre ambas formaciones vegetales (ANOSIM,  $R = 0,997$ ;  $p = 0,001$ , Fig. 5a), ya que el stress de la figura de los ejes del nMDS proporcionaron una buena representación bidimensional de los transectos según su composición de especies y fue igual a 0,072. Además, no se evidenció superposición entre los transectos, a pesar de una dispersión más pronunciada de los transectos de la formación sabánica (ANOSIM,  $R = 0,997$ ;  $p = 0,001$ , Figura 5b). Esto implica que, aunque hubo una consistencia en la riqueza de especies en la formación sabánica, la composición de especies varió significativamente entre cada transecto.



**Figura 5.** Patrones de composición de especies. (a) Ejes de ordenación de la nMDS. El stress de la figura es de 0,072. Las líneas negras que unen los puntos representan la distancia entre cada transecto y el centroide de su respectiva formación vegetal en

el espacio bidimensional. (b) Diagramas de cajas que indican los rangos de disimilitud entre y dentro de cada formación vegetal.

A partir de la comparación de composición de especies hecha en este análisis, se corrobora la disimilitud florística típica entre las formaciones forestales y sabánicas del Cerrado en el área de estudio<sup>(3,36)</sup>, derivada de la combinación de la estacionalidad de las lluvias, las condiciones del suelo, el régimen del fuego y el factor de tolerancia a la sombra de las plantas<sup>(3,41-44)</sup>, lo que sugiere un buen estado de conservación del área protegida. No obstante, debido al tipo de evaluación que se realizó, y dado que los indicadores analizados no se contrastaron con factores como la frecuencia de la perturbación ocasionada por el fuego y la presencia de plantas exóticas con potencial de invasión observadas, se recomienda monitorear de forma continua el área, y establecer investigaciones que exploren estos elementos, de manera a avanzar hacia una mejor comprensión de la dinámica vegetacional local y una mejor valoración de su biodiversidad.

#### **4. CONCLUSIÓN**

Existe una clara diferenciación florística entre las formaciones forestal y sabánica del Cerrado Aguará Ñu; la riqueza de especies es mayor en esta última, y solamente comparten 14 especies de plantas nativas de las 171 encontradas en el estudio. No obstante, ambas formaciones vegetales tienen en común la importancia de la familia Fabaceae dentro de su composición florística.

Dadas las características y limitaciones de la evaluación ecológica rápida realizada, se recomienda seguir monitoreando el área desde diferentes aristas para una mejor valoración de su estado de conservación.

#### **AGRADECIMIENTOS**

A Claudia Rolón, Técnica de Investigaciones, Fundación Moisés Bertoni.

#### **FUENTE DE FINANCIACIÓN**

Este proyecto fue apoyado por un fondo de incentivo de la Fundación Moisés Bertoni, [www.mbertoni.org.py](http://www.mbertoni.org.py), y una beca de posgrado a S.R.C. de la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo, [www.agci.cl](http://www.agci.cl).

## PARTICIPACIÓN DE AUTORES

SRC: realizó el muestreo, analizó los resultados y redactó el manuscrito;  
LPM: participó en el muestreo e identificación de plantas, y colaboró en la redacción del manuscrito.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Da Silva JM, Bates JM. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: A tropical Savanna hotspot. *Bioscience*. 2002;52(3):225–34.
2. Damasco G, Fontes C, Françoso R, Haidar R. The Cerrado biome: a forgotten biodiversity hotspot. *Front Young Minds*. 2018 Jun 25;6.
3. Ribeiro JF, Walter BMT. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Cerrado: Ecologia e flora. 2008. p. 152–212.
4. Klink CA, Machado RB. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*. 2005;1:147–55.
5. Myers N, Mittermeler RA, Mittermeler CG, Da Fonseca GAB, Kent J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* [Internet]. 2000 Feb 24 [cited 2020 Jun 24];403(6772):853–8. Available from: <https://www.nature.com/articles/35002501>
6. Oliveira DA, Pietrafesa JP, da Silva Barbalho MG da. Manutenção da biodiversidade e o hotspots Cerrado. *Caminhos Geogr*. 2008;9(26):101–14.
7. Françoso RD, Brandão R, Nogueira CC, Salmona YB, Machado RB, Colli GR. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. *Nat e Conserv*. 2015 Jan 1;13(1):35–40.
8. Ratter JA, Ribeiro JF, Bridgewater S. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Ann Bot*. 1997;80(3):223–30.
9. Basualdo I, Soria N. 100 Especies del Cerrado en Paraguay. Asunción, Paraguay: Missouri Botanical Garden - Facultad de Ciencias Químicas/UNA; 2002. 220 p.
10. Dinerstein E, Olson D, Graham D, Webster A, Primm S, Bookbinder M, et al. Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. Washigton,USA: WWF, Banco Mundial; 1995. 135 p.
11. Echeverría CG. Afinidades florísticas del cerrado stricto sensu en la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú y el Parque Nacional Cerro Corá,

- Paraguay. [San Lorenzo, Paraguay]: Universidad Nacional de Asunción; 2017.
12. Itaipu Binacional. Plan de Manejo 2017-2021 de la Reserva Natural Tati Yupí. 2016.
  13. Itaipu Binacional. Plan de Manejo 2017-2021 de la Reserva Natural Yvyty Rokáí. 2016.
  14. Robbins MB, Faucett RC, Rice NH. Avifauna of a Paraguayan Cerrado locality: Parque Nacional Serranía San Luis, depto. Concepcion. Wilson Bull. 1999;111(2):216-28.
  15. SEAM. Plan de Manejo Parque Nacional Paso Bravo. 2006.
  16. Céspedes G, Mereles F. Estudio de la vegetación y la flora en el área de Aguara Ñú, Reserva de la Biosfera del Bosque Mbaracayú, Paraguay Oriental. I. Rojasiana. 2006;7(2):153-64.
  17. Marín G, Giménez B, Peña-Chocarro M, Knapp S. Plantas comunes de Mbaracayú. The Natural History Museum of London, Fundación Moisés Bertoni; 1998. 172 p.
  18. Peña-Chocarro MC, Espada-Mateos C, Vera M, Céspedes G, Knapp S. Updated checklist of vascular plants of the Mbaracayu Forest Nature Reserve (Reserva Natural del Bosque Mbaracayú), Paraguay. Vol. 12, Phytotaxa. 2010. 224 p.
  19. Rolón C, Vera M, Degen R. Plantas Nativas del Cerrado de Aguará Ñú, Reserva Natural del Bosque Mbaracayú, Paraguay. San Lorenzo, Paraguay: Rojasiana; 2017. 244 p.
  20. FMB, BM. Reserva Natural del Bosque Mbaracayú - Plan de Manejo 2005-2010. Asunción, Paraguay; 2005.
  21. Pastén M, González V, Espínola C. Clasificación climática del Paraguay utilizando los métodos de Köeppen y Thornthwaite. San Lorenzo, Paraguay; 2011.
  22. López O, González E, de Llamas PA, Molinas AS, Franco ES, García S, et al. Mapa de reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la Región Oriental del Paraguay. Asunción, Paraguay; 1995.
  23. Gentry AH. Patterns of Neotropical Plant Species Diversity. St. Louis, Missouri 63166; 1982.
  24. Cámara Artigas R, Díaz del Olmo F. Muestreo en transecto de formaciones vegetales de fanerófitos y caméfitos (I): fundamentos metodológicos. Estud Geográficos [Internet]. 2013 Jun 30;74(274):67-88. Available from: <http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeografics/article/view/392/392>
  25. TNC. Nature in Focus: Rapid Ecological Assessment. Conservancy TN, editor. Virginia, USA; 1999. 202 p.

26. Oliver I, Beattie AJ. A possible method for the rapid assessment of biodiversity. *Conserv Biol.* 1993 Sep 1;7(3):562–8.
27. Gotelli NJ, Colwell RK. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecol Lett.* 2001;4:379–91.
28. Colwell RK. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. [Internet]. 2013 [cited 2020 Mar 3]. Available from: <http://purl.oclc.org/estimates>
29. Chao A. Estimating population size for sparse data in capture-recapture experiments. *Biometrics* [Internet]. 1989 Jun;45(2):427. Available from: <https://www.jstor.org/stable/2531487?origin=crossref>
30. Clarke KR. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust J Ecol.* 1993;18:117–43.
31. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Viena, Austria; 2019.
32. Oksanen J, Blanchet FG, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGlinn D, et al. Package ‘vegan’—Community Ecology Package, version 2.0-4 [Internet]. 2016. Available from: <https://github.com/vegan>
33. Ferreira R, Rando J, Barreto K. Composição e diversidade no Cerrado do leste de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rev Árvore.* 2015;39(1):9–24.
34. Felfili JM, Silva MC, Rezende AV, Machado J, Wagner WBMT, Silva PEN da, Hay JD. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do cerrado sensu stricto na Chapada Pratinha, DF-Brasil. *Acta Botânica Bras.* 1992;6(2):27–46.
35. Gomes L, Lenza E, Maracahipes L, Marimon BS, de Oliveira EA. Comparações florísticas e estruturais entre duas comunidades lenhosas de cerrado típico e cerrado rupestre, Mato Grosso, Brasil. *Acta Bot Brasilica.* 2011;25(4):865–75.
36. Batalha MA, Mantovani W. Floristic composition of the cerrado in the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, southeastern Brazil). *Acta Bot Brasilica.* 2001;15(3):289–304.
37. Pinheiro E da S, Durigan G. Diferenças florísticas e estruturais entre fitofisionomias do cerrado em Assis, SP, Brasil. *Rev Arvore.* 2012;36(1):181–93.
38. Felfili JM, Nogueira PE, Silva Júnior MC da, Marimon BS, Delitti WBC. Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de água boa – MT. *Acta Bot Brasilica.* 2002;16(1):103–12.
39. Assunção SL, Felfili JM. Fitossociologia de um fragmento de cerrado sensu stricto na APA do Paranoá, DF, Brasil. *Acta Bot Brasilica.* 2004 Oct 1;18(4):903–9.
40. Andrade LAZ, Felfili JM, Violatti L. Fitossociologia de uma área de cerrado denso na RECOR-IBGE, Brasília-DF. *Acta Bot Brasilica.* 2002;16(2):225–40.

41. Bueno ML, Rafael D, Neves M, Fernandes Souza A, Oliveira Junior E, Alves G, et al. Influence of edaphic factors on the floristic composition of an area of cerradão in the Brazilian central-west. *Acta Bot Brasilica.* 2013;27(2):445–55.
42. Mistry J. Fire in the cerrado (savannas) of Brazil: an ecological review. *Prog Phys Geogr Earth Environ [Internet].* 1998 Dec 19 [cited 2020 Jul 2];22(4):425–48. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/030913339802200401>
43. Abreu RCR, Hoffmann WA, Vasconcelos HL, Pilon NA, Rossatto DR, Durigan G. The biodiversity cost of carbon sequestration in tropical savanna. *Sci Adv.* 2017;3(8):1–8.
44. Durigan G, Ratter JA. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. *J Appl Ecol.* 2016;53(1):11–5.