

Parámetros volumétricos y de biomasa en una hectárea de sabana en planaltina de Goiás, Brasil

Volume and biomass parameters in one hectare of savannah in Planaltina, Goiás, Brazil

José Imaña-Encinas¹ • Guillermo Riesco Muñoz²

Recibido: 30/10/2024

Aceptado: 19/12/2024

Abstract

The tree vegetation was studied over a representative hectare of the savanna in the sensu stricto, located in Planaltina, State of Goiás (Brazil). In the study area, 490 trees with a diameter at breast height (DBH) of 5 cm or greater were measured. The average diameter, stand density (in number of trees per hectare and in basal area), the volume of green wood with bark, and the dry weight of the wood were measured for the entire forest stand as well as for each of the 51 tree species present. The stand density was found to be lower than that of analogous forest formations, with a notable presence of smaller diameter classes (DBH less than 13 cm), suggesting that the protected area studied had been subject to past logging activities. The obtained timber stocks were 16 m³/ha, corresponding to 11,927 kg/ha of dry woody biomass. Sixty-seven percent of the stock (by volume and weight) consisted of trunks, with the remainder being branches. The majority of the trunk volume (56 %) and biomass (61 %) came from seven species: *Hymenaea stigonocarpa*, *Qualea parviflora*, *Guapira nixia*, *Caryocar brasiliense*, *Sclerolobium paniculatum*, *Pouteria ramiflora*, and *Pterodon polygalaeflorus*.

Keywords: Basic density, diameter distribution, forest inventory.

1. Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Brasil. jose.imana@gmail.com †

2. Universidad de Santiago de Compostela, Campus de Lugo, España. guillermo.riesco@usc.es

Resumen

Se estudió la vegetación arbórea sobre una hectárea representativa de la sabana en sentido estricto y situada en Planaltina, Estado de Goiás (Brasil). En la zona de estudio se contabilizaron 490 árboles con diámetro normal igual o superior a 5 cm. Se obtuvo el diámetro medio, la espesura (en número de pies por hectárea y en área basimétrica), el volumen de madera en verde con corteza y el peso seco de la madera, para toda la masa forestal y para cada una de las 51 especies arbóreas presentes. La espesura resultó ser inferior a la existente en formaciones forestales análogas, con una presencia destacada de las clases diamétricas inferiores (diámetro normal inferior a 13 cm), lo que sugiere que el área protegida analizada fue objeto de aprovechamientos forestales. Las existencias maderables obtenidas fueron 16 m³/ha, correspondientes a 11.927 kg/ha de biomasa leñosa seca. El 67 % de las existencias (en volumen y en peso) correspondía a fustes y el resto a ramas. La mayor parte del volumen de fustes (56 %) y la mayor parte de la biomasa (61 %) procedía de siete especies: *Hymenaea stigonocarpa*, *Qualea parviflora*, *Guapira nixia*, *Caryocar brasiliense*, *Sclerolobium paniculatum*, *Pouteria ramiflora* y *Pterodon polygalaeflorus*.

Palabras clave: Densidad básica, distribución diamétrica, inventario forestal.

Introducción

En el Estado de Goiás (Brasil) aún existen áreas de vegetación natural, representadas por los bosques secos, los bosques de ribera y la sabana, denominada cerrado en Brasil. El estudio de estas áreas es relevante como contribución al conocimiento de su flora, con vistas a su mejor conservación y aprovechamiento.

La sabana brasileña es un tipo de cubierta vegetal específico en la clasificación internacional de ecosistemas. La sabana constituye uno de los cinco mayores biomas brasileños y se localiza principalmente en el Planalto Central de Brasil (estados de Minas Gerais, Mato Grosso y Goiás). Por su extensión constituye el segundo bioma del país, después del Bosque Amazónico. La sabana cubre casi dos millones de kilómetros cuadrados y representa el 22 % del territorio nacional [1].

Los levantamientos florísticos y fitosociológicos ya realizados [2], [3], [4], [5] han aportado información relevante para la comprensión de los patrones biogeográficos característicos de las sabanas, lo cual ha servido para fijar áreas prioritarias de conservación de biodiversidad.

El levantamiento florístico en las sabanas abre perspectivas para el desarrollo de investigaciones relacionadas con la fitosociología, la fenología y la dinámica de las poblaciones allí instaladas [6], [7]. Del mismo modo, un amplio conocimiento de la flora del bioma es una orientación importante para la elaboración e implementación de planes en áreas representativas de este ecosistema, que deben ser priorizadas para su conservación y manejo racional [3], [8], [9], [5], [10]. Por tanto, se hace necesario el estudio fitosociológico y las investigaciones que aporten conocimiento en relación a la estructura del bioma y al impacto que este viene sufriendo.

La sabana brasileña, el cerrado, se encuentra entre las más ricas sabanas del mundo en cuanto a especies vegetales: la flora de este bioma cuenta con 6.420 especies vasculares identificadas [8]. Una de las conclusiones comunes de los investigadores es que la flora de las sabanas presenta una gran diversidad debido a la variedad de climas y de tipos de suelos en los que se asienta [11]. Fisionómicamente, la sabana está constituida por un gran mosaico que incluye formaciones forestales con dosel más o menos cerrado, con árboles de hasta 12 m de altura o más; la sabana en sentido estricto, con un estrato arbóreo-arbustivo que generalmente alcanza los 6 o 7 m, con un estrato inferior rastrojero más o menos continuo; campo cerrado, que presenta una vegetación con el estrato arbóreo arbustivo más abierto; campo sucio, con un estrato dominante herbáceo formado por gramíneas y arbustos o pequeños árboles espaciados; y campo limpio, con un único estrato, dominado por gramíneas.

Un 70 % de la sabana brasileña corresponde a la sabana en sentido estricto, que presenta un estrato herbáceo constituido aproximadamente por 300 a 450 especies vasculares por hectárea, dominado principalmente por gramíneas, y un estrato de árboles y arbustos gruesos y tortuosos, con ramificaciones irregulares y retorcidas, variando la fracción de cubierta entre el 10 y el 60 % [12]. La frecuencia de los incendios, la profundidad del acuífero o nivel freático y los factores antrópicos tienen una clara influencia en la distribución de las especies arbóreas [13].

La vegetación de la sabana en sentido estricto se asienta en gran parte sobre latosoles rojo-oscuros, que son suelos muy representativos de las sabanas y que representan el 39 % de los suelos del Estado de Goiás. El clima predominante de la región es tropical de sabana y corresponde al tipo Cwa de la clasificación de Köppen [14]. La pluviosidad varía entre 1400 y 1450 mm/año, con una concentración de la precipitación en verano. La pendiente del terreno varía entre el 2 y el 5 %, y la altitud entre 1000 y 1050 m.

La sabana tiene un gran potencial maderero, que ha sido utilizado para la producción de carbón vegetal destinado al abastecimiento del sector siderúrgico. La utilización de madera procedente de las sabanas para la generación de energía en forma de calor, sea por combustión directa o sea por la producción de carbón vegetal, fue realizada de manera predatoria a lo largo de los años, sin ningún plan de manejo. Como consecuencia, las poblaciones en las que aún se utiliza la madera como fuente de energía difícilmente obtienen la cantidad mínima necesaria para cocinar sus alimentos.

La cubierta vegetal original de gran parte de las áreas de sabana ha desaparecido y ha sido sustituida por paisajes antrópicos. Se estima que el 67 % de las áreas de las sabanas está altamente modificado y solamente el 20 % se encuentra en su estado original [15]. Las áreas aún cubiertas por vegetación natural sufren los efectos de la contaminación de los recursos hídricos, el aporte de agrotóxicos al medio, la erosión, la presencia de plantas y animales invasores, la extracción de vegetación y otros impactos derivados de la industrialización desenfrenada y de la falta de conciencia y sensibilidad ambiental.

Los estudios fitosociológicos informan sobre la estructura de la comunidad de un área determinada, además de detectar posibles afinidades entre especies o grupos de especies, aportando información cuantitativa referente a la estructura de la vegetación.

El presente trabajo pretende analizar variables dendrométricas que permiten obtener existencias maderables en volumen y en peso (biomasa leñosa) de una hectárea de sabana en sentido estricto, contribuyendo así al conocimiento de la estructura de la vegetación leñosa nativa de las sabanas y aportando información de apoyo para la elaboración de futuros planes de manejo y conservación forestal de este ecosistema.

Materiales y métodos

El área de estudio fue una parcela de 100 × 100 m localizada en el Eco Museo del Cerrado, municipio de Planaltina, Estado de Goiás, Brasil. Dicha parcela forma parte de un área de especial protección representativa de la formación forestal “sabana en sentido estricto”. Sobre el área se habían realizado con anterioridad varios estudios, incluyendo algunos de larga duración, bajo la responsabilidad del Departamento de Ingeniería Forestal de la Universidad de Brasilia. De ahí la importancia de evaluar en el presente estudio los parámetros dendrométricos del área [16].

Todos los árboles de la parcela con diámetro a la altura del pecho igual o superior a 5 cm fueron considerados pies mayores y en ellos se midió:

- El diámetro a la altura que tendría el corte o tocón (aproximadamente a 10 cm del suelo), denominado diámetro inferior del fuste (D_i)
- El diámetro normal o diámetro a la altura del pecho (DAP)
- El diámetro superior del fuste a la altura de la base de la primera bifurcación (D_s)
- La altura del fuste entre el punto de corte y la base de la primera bifurcación (altura de cruz).

En las ramas fueron medidos el diámetro inferior (encima de cada bifurcación), el diámetro superior (debajo de la bifurcación siguiente) y la longitud existente entre ambos diámetros. Los diámetros mínimos considerados fueron 4 cm para el inferior y 3,5 cm para el superior. El volumen de madera con corteza de cada fuste o rama (V) fue determinado por la ecuación de Smalian [17] (ecuación 1).

$$V = (((D_i^2 \cdot \pi / 4) + (D_s^2 \cdot \pi / 4)) / 2) \cdot l \quad (1)$$

Donde: D_i es el diámetro con corteza de la sección inferior del fuste o rama; D_s es el diámetro con corteza de la sección superior del fuste o rama; l es la longitud del fuste o rama.

Para efectuar las mediciones anteriores se utilizó forcípula y cinta métrica.

Se recolectó material botánico fresco (ramas con hojas, flores y frutos) de todas las especies arbóreas inventariadas en la parcela. El material botánico muestreado para cada especie recibió un número de colecta y la identificación científica de las especies fue realizada a partir de ese material, que fue posteriormente secado en estufa. Se prepararon a continuación exsiccatas que fueron incorporadas al Herbario de la Universidad de Brasilia (UB) y a la colección de la Reserva Ecológica del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) en la ciudad de Brasilia.

Como muestras de madera se recolectaron bastoncillos con barrena de Pressler para cada especie, a 1,30 m de altura del tronco, conteniendo albura y duramen, destinados a la determinación de la densidad básica de la madera (PE). Esta fue determinada en cada muestra de madera como el cociente entre la masa seca en estufa a una temperatura de 105 °C, una vez que se alcanza peso constante, y el volumen de la madera en verde. Para determinar la densidad básica se emplearon tres probetas obtenidas de tres tramos diferentes del bastoncillo de madera extraído del fuste. De forma semejante fue determinada la densidad básica de tres ramas de la copa por especie. La media aritmética de las tres medidas de densidad fue usada para la estimación

de la biomasa leñosa, que fue calculada a partir de la densidad básica media y el volumen total de madera [17].

Resultados y discusión

Un total de 490 árboles con diámetro normal superior a 5 cm fueron inventariados. La población pertenecía a 51 especies, distribuidas en 27 familias (Cuadro 1).

El diámetro normal de la población estudiada fue de 10,3 cm en promedio y el área basimétrica fue de 4,92 m²/ha. Estos valores pueden ser interpretados como indicativos de escaso tamaño de los árboles y baja espesura para una masa forestal que supuestamente presenta alto grado de naturalidad, al encontrarse en un espacio protegido. A pesar de tratarse de una sola parcela de ensayo, cabe una comparación tentativa con referencias anteriores para ecosistemas similares, que ofrecen valores más altos de área basimétrica: se encontró en un inventario forestal realizado en Paraopeba, Estado de Minas Gerais (Brasil), englobando tres tipos de vegetación: campo

cerrado, cerradón y transición sabana/bosque seco, un área basimétrica de 7,7 m²/ha [18]. Se calculó un área basimétrica de 10,76 m²/ha en la Estación Ecológica de Aguas Emendadas, 10,64 m²/ha en el Área de Protección Ambiental Gama-Cabeza de Venado, ambas áreas próximas a la ciudad de Brasilia, y 8,32 m²/ha en el Parque Nacional de Brasilia [3]. Se informó de que en una región de Assis, Estado de Sao Paulo (Brasil), el área basimétrica de la vegetación de sabana inalterada era de 15,95 m²/ha [19].

La distribución diamétrica de los 490 ejemplares arbóreos (Cuadro 2) muestra que el 80,21 % de los individuos están localizados en las cuatro clases diamétricas inferiores (de 5 a 13 cm), con una gran concentración de individuos en la segunda y tercera clases diamétricas. Esta distribución, junto con la baja espesura, sugieren que el área en cuestión ya fue sometida a extracción de arbolado, principalmente en las clases diamétricas de 17 a 37 cm, conformando una formación de porte bajo aunque con alto potencial de crecimiento. Corroborando los valores encontrados para la parcela experimental

Cuadro 1. Relación de las 51 especies arbóreas encontradas en una hectárea de sabana en sentido estricto situada en el Eco Museo del Cerrado, Estado de Goiás (Brasil).

Table 1. Relationship of the 51 tree species found in a hectare of savanna in the sensu stricto, located in the Eco Museum of the Cerrado, State of Goiás (Brazil).

Especies en orden alfabético	Familia	Densidad del arborado		Densidad básica de la madera (kg/m ³)	
		nº pies/ha	%	tronco	ramas
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers.	Opiliaceae	2	0,41	820	686
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	Annonaceae	4	0,82	420	370
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Apocynaceae	10	2,04	610	460
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	Apocynaceae	17	3,47	580	300
<i>Austroplenkia populnea</i> (Reiss.) Lund	Celastraceae	3	0,61	750	660
<i>Bowdichia virgilioides</i> H.B.K.	Leguminosae	10	2,04	962	846
<i>Byrsonima correifolia</i> A. Juss.	Malpighiaceae	15	3,06	680	615
<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	Malpighiaceae	10	2,04	676	613
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H.B.K.	Malpighiaceae	3	0,61	590	500
<i>Connarus suberosus</i> Planch.	Connaraceae	4	0,82	520	410
<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	Caryocaraceae	14	2,86	800	714
<i>Chamaecrista geanssenii</i> (I. & B.) I. & B.	Leguminosae	9	1,84	720	660
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Leguminosae	2	0,41	811	722
<i>Didymopanax macrocarpa</i> (Aubl.) Decne & Planch	Araliaceae	5	1,02	551	485
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Leguminosae	10	2,04	890	783
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott. & Endl.	Malvaceae	1	0,20	380	320
<i>Erythroxylum amplifolium</i> O. E. Sch.	Erythroxylaceae	1	0,20	620	360
<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	Myrtaceae	9	1,84	972	870
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lund	Nyctaginaceae	18	3,67	722	709
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Leguminosae	45	9,18	780	769

(continúa en siguiente página)

Especies en orden alfabético	Familia	Densidad del arborado		Densidad básica de la madera (kg/m ³)	
		n° pies/ha	%	tronco	ramas
<i>Kielmeyera coriacea</i> (Spreng.) Mart.	Calophyllaceae	3	0,61	460	290
<i>Lafoensia pacari</i> St. Hil.	Lythraceae	1	0,20	732	693
<i>Machaerium opacum</i> Vog.	Leguminosae	32	6,53	862	792
<i>Miconia burchellii</i> Triana	Melastomataceae	7	1,43	793	715
<i>Miconia cuspidata</i> Naud.	Melastomataceae	3	0,61	755	712
<i>Miconia ferruginata</i> DC.	Melastomataceae	1	0,20	790	710
<i>Miconia ferruginea</i> DC. var. <i>latifolia</i> DC	Melastomataceae	3	0,61	798	719
<i>Miconia fallax</i> DC.	Melastomataceae	1	0,20	789	708
<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.	Myrtaceae	1	0,20	881	801
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	Myrsinaceae	4	0,82	520	420
<i>Neea theifera</i> Oerst.	Nyctaginaceae	24	4,90	724	711
<i>Ocotea spixiana</i> (Ness) Mez.	Lauraceae	1	0,20	830	730
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.	Ochnaceae	50	10,20	780	644
<i>Palicourea rigida</i> Kunth.	Rubiaceae	3	0,61	430	370
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	Asteraceae	5	1,02	420	330
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	Sapotaceae	33	6,73	929	696
<i>Pterodon polygalaeflorus</i> Benth.	Leguminosae	10	2,04	782	820
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	7	1,43	880	808
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Vochysiaceae	36	7,35	800	688
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Proteaceae	1	0,20	620	556
<i>Salacia crassifolia</i> (Mart.) G. Don	Celastraceae	8	1,63	804	734
<i>Salvertia convallariodora</i> A.St. Hil.	Vochysiaceae	2	0,41	850	717
<i>Sclerobium paniculatum</i> Vog.	Leguminosae	18	3,67	810	784
<i>Striphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Leguminosae	3	0,61	860	913
<i>Strychnos pseudoquina</i> St. Hil.	Loganiaceae	14	2,86	720	480
<i>Styrax camporum</i> Pohl.	Styracaceae	6	1,22	490	470
<i>Tabebuia ochracea</i> Cham.	Bignoniaceae	1	0,20	888	757
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Leguminosae	4	0,82	859	781,5
<i>Vochysia elliptica</i> Mart.	Vochysiaceae	3	0,61	635	612
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	Vochysiaceae	11	2,24	638	553
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl.	Vochysiaceae	2	0,41	490	540
Total		490	100,00		

analizada, cabe mencionar que otros estudios sobre la distribución diamétrica de la vegetación de áreas protegidas de sabana en sentido estricto en el Distrito Federal (Brasil) contabilizaron 2.000 árboles por hectárea (promediando 25 puntos de muestreo) [20] y 959 árboles por hectárea con diámetros en la base del tronco iguales o superiores a 5 cm [2]. La mayoría de los ejemplares en ambos trabajos se situaba en la clase diamétrica de 5 a 9 cm y el estudio de la distribución diamétrica indicó que se trataba de estructuras irregulares con tendencia a formar una distribución equilibrada.

Se identificó en áreas de sabana en sentido estricto, localizadas en el Distrito Federal, una densidad de 664 a 1396 pies/ha con diámetros superiores a 5 cm medidos a 0,30 m de altura [3]. La densidad poblacional en la zona analizada en el presente estudio, 490 árboles por hectárea, corresponde a una ocupación espacial de aproximadamente 20,4 m² por árbol. Se trata por tanto de una formación vegetal más abierta que las descritas en los estudios que se acaban de mencionar, aunque la densidad es mayor que la observada en otras sabanas del mismo tipo en el Distrito Federal (Brasil). Así, por el inventario forestal realizado en el Distrito Federal [21] la

Cuadro 2. Distribución diamétrica de la cubierta arbórea en una hectárea de sabana en sentido estricto situada en el Eco Museo del Cerrado, Estado de Goiás (Brasil).

Table 2. Diametric distribution of the tree stands in a hectare of savanna in the sensu stricto, located in the Eco Museum of the Cerrado, State of Goiás (Brazil).

Clase diamétrica (cm)	Diámetro marca de clase (cm)	Densidad del arbolado		Área basimétrica	
		pies/ha	porcentaje	m ² /ha	porcentaje acumulado
5 – 7	6	68	13,88	0,1741	3,54
7 – 9	8	151	30,82	0,6659	17,06
9 – 11	10	106	21,63	0,7534	32,36
11 – 13	12	68	13,88	0,6968	46,51
13 – 15	14	29	5,92	0,4018	54,67
15 – 17	16	29	5,92	0,5489	65,82
17 – 19	18	11	2,24	0,2634	71,17
19 – 21	20	8	1,63	0,2452	76,15
21 – 23	22	4	0,82	0,1419	79,03
23 – 25	24	4	0,82	0,1735	82,56
25 – 27	26	3	0,61	0,1552	85,71
27 – 29	28	1	0,20	0,0615	86,96
29 – 31	30	4	0,82	0,2781	92,61
31 – 33	32	1	0,20	0,0804	94,24
33 – 35	34	1	0,20	0,0855	95,98
35 - 37	36	2	0,41	0,1979	100,00
Total		490	100,00	4,9244	

sabana de esa región presentaba una densidad de 181 pies/ha, para un diámetro normal superior a 10 cm.

El volumen total calculado para los 490 árboles fue de 16,18 m³/ha, de los que 10,85 m³ de madera correspondían a los fustes y 5,33 m³ correspondían a las ramas. Las especies que presentaron mayor volumen de madera en el tronco fueron, en orden decreciente, *Hymenaea stigonocarpa* (1,25 m³/ha), *Qualea parviflora* (1,02 m³/ha), *Guapira nixia* (0,88 m³/ha), *Caryocar brasiliense* (0,81 m³/ha), *Sclerolobium paniculatum* (0,74 m³/ha), *Pouteria ramiflora* (0,72 m³/ha) y *Pterodon polygalaeflorus* (0,61 m³/ha) (Cuadro 3).

Destaca en la relación anterior la presencia de *Pterodon polygalaeflorus*, que no es una de las especies más numerosas en la zona de estudio (solo 10 pies contabilizados) en tanto que no aparece la especie más abundante (*Ouratea spectabilis*, con 50 pies registrados en la hectárea).

El volumen unitario medio de los fustes fue tan solo de 21 dm³ por árbol, lo cual es coherente con el escaso diámetro medio de la masa forestal analizada. El volumen unitario de ramas fue de 8 dm³ por árbol en promedio. Destacan por el gran volumen acumulado en ramas

Caryocar brasiliense, *Pterodon polygalaeflorus* y *Miconia ferruginea*, lo que apunta a estas especies como recurso de interés para el abastecimiento de leñas.

Se destaca que algunas especies en el área estudiada presentaron mayor volumen de madera en las ramas que en el fuste, como fue el caso de *Caryocar brasiliense* (con un volumen total de madera en ramas de 2,15 m³/ha), *Hymenaea stigonocarpa* (1,91 m³/ha), *Qualea parviflora* (1,59 m³/ha) y *Pterodon polygalaeflorus* (1,36 m³/ha) (Cuadro 3).

Se encontró que la madera de ramas era más liviana que la madera del fuste, como cabía esperar [22]. En concreto, la densidad básica de la madera de ramas era en promedio de 629 kg/m³, en tanto que la densidad básica de la madera del fuste era 715 kg/m³ de media, un 16 % mayor. No obstante, hubo tres especies (*Pterodon polygalaeflorus*, *Stripnodendron adstringens* y *Vochysia thyrsoidea*) que presentaron madera más densa en ramas que en el fuste.

La biomasa leñosa calculada para los 490 árboles fue de 8045,78 kg de madera en fustes y 3881,55 kg de madera en ramas, ambos valores expresados como kilogramos de madera seca. Las existencias de biomasa leñosa

Cuadro 3. Volumen de madera por especie de los 490 árboles de una hectárea de sabana en sentido estricto situada en el Eco Museo del Cerrado, Estado de Goiás (Brasil).

Table 3. Wood volume by species of the 490 trees in a hectare of savanna in the sensu stricto, located in the Eco Museum of the Cerrado, State of Goiás (Brazil).

Especie	volumen (m ³)		
	fuste	ramas	total
<i>Agonadra brasiliensis</i>	0,0148	0,0000	0,0148
<i>Annona crassiflora</i>	0,1178	0,0109	0,1287
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	0,0934	0,0155	0,1089
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	0,2362	0,0327	0,2689
<i>Austroplenckia populnea</i>	0,0692	0,0038	0,0730
<i>Bowdichia virgilioides</i>	0,5592	0,1701	0,7293
<i>Byrsonima correifolia</i>	0,2978	0,1059	0,4037
<i>Byrsonima crassa</i>	0,1062	0,0234	0,1296
<i>Byrsonima crassifolia</i>	0,0382	0,0136	0,0518
<i>Connarus suberosus</i>	0,1018	0,0051	0,1069
<i>Caryocar brasiliense</i>	0,8147	1,3319	2,1466
<i>Chamaecrista geanssenii</i>	0,0750	0,0081	0,0831
<i>Dalbergia miscolobium</i>	0,1730	0,0421	0,2151
<i>Didymopanax macrocarpa</i>	0,0736	0,0000	0,0736
<i>Dimorphandra mollis</i>	0,0894	0,0066	0,0960
<i>Eriotheca pubescens</i>	0,0083	0,0000	0,0083
<i>Erythroxylum amplifolium</i>	0,0043	0,0015	0,0058
<i>Eugenia dysenterica</i>	0,1689	0,0282	0,1971
<i>Guapira noxia</i>	0,6781	0,2778	0,9559
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	1,2524	0,6576	1,9100
<i>Kielmeyera coriacea</i>	0,0617	0,0000	0,0617
<i>Lafoensia pacari</i>	0,0179	0,0048	0,0227
<i>Machaerium opacum</i>	0,4449	0,1190	0,5639
<i>Miconia burchellii</i>	0,1955	0,0966	0,2921
<i>Miconia corrifolia</i>	0,0761	0,0442	0,1203
<i>Miconia ferruginata</i>	0,0105	0,0059	0,0164
<i>Miconia ferruginea</i>	0,0807	0,0866	0,1673
<i>Miconia guilleminiana</i>	0,0091	0,0000	0,0091
<i>Myrcia fallax</i>	0,0147	0,0036	0,0183
<i>Myrsine guianensis</i>	0,0393	0,0000	0,0393
<i>Neea theifera</i>	0,3532	0,1015	0,4547
<i>Ocotea spixiana</i>	0,0294	0,0000	0,0294
<i>Ouratea spectabilis</i>	0,3519	0,1167	0,4686
<i>Palicourea rigida</i>	0,0173	0,0000	0,0173
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	0,0566	0,0000	0,0566
<i>Pouteria ramiflora</i>	0,7173	0,2272	0,9445
<i>Pterodon polygalaeflorus</i>	0,6138	0,7465	1,3603
<i>Qualea grandiflora</i>	0,1323	0,0406	0,1729
<i>Qualea parviflora</i>	1,0203	0,5685	1,5888

(continúa en siguiente columna)

Especie	volumen (m ³)		
	fuste	ramas	total
<i>Roupala montana</i>	0,0078	0,0000	0,0078
<i>Salacia crassifolia</i>	0,0706	0,0154	0,0860
<i>Salvertia convallarioda</i>	0,0330	0,0076	0,0406
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	0,7419	0,2455	0,9874
<i>Striphnodendron adstringens</i>	0,0315	0,0051	0,0366
<i>Strychnos pseudoquina</i>	0,3454	0,0854	0,4308
<i>Styrax camporum</i>	0,0801	0,0041	0,0842
<i>Tabebuia ochracea</i>	0,0063	0,0000	0,0063
<i>Vatairea macrocarpa</i>	0,0716	0,0054	0,0770
<i>Vochysia elliptica</i>	0,0283	0,0096	0,0379
<i>Vochysia rufa</i>	0,1723	0,0383	0,2106
<i>Vochysia thyrsoidea</i>	0,0477	0,0223	0,0700
Total	10,8513	5,3352	16,1865

fueron, por tanto, de 11927,34 kg en total (22 kilogramos por árbol de media). Las especies que presentaron mayor biomasa de madera seca fueron: *Caryocar brasiliense* (1597 kg/ha), *Hymenaea stigonocarpa* (1428 kg/ha), *Qualea parviflora* (1.126 kg/ha), *Pterodon polygalaeflorus* (1089 kg/ha), *Sclerolobium paniculatum* (709 kg/ha), *Guapira noxia* (703 kg/ha), *Pouteria ramiflora* (618 kg/ha) y *Bowdichia virgilioides* (539 kg/ha) (Cuadro 4).

En cuanto a las existencias per capita, los árboles de las especies que presentaron rendimiento superior a 100 kg/ha e inferior a 400 kg/ha fueron: *Machaerium opacum* (398 kg/ha), *Ouratea spectabilis* (345), *Neea theifera* (332), *Strychnos pseudoquina* (326), *Byrsonima correifolia* (305), *Miconia burchellii* (223), *Dalbergia miscolobium* (161), *Eugenia dysenterica* (155), *Vochysia rufa* (147), *Miconia ferruginea* (134), *Qualea grandiflora* (128), *Aspidosperma tomentosum* (117) y *Dimorphandra mollis* (107).

Conclusiones

El estrato arbóreo del área estudiada estaba compuesto por 490 individuos con diámetro normal superior a 5 cm, que cubicaron 16 m³/ha de madera, lo que corresponde a 11.927 kg de biomasa leñosa seca por hectárea. Dentro del limitado análisis que puede alcanzarse a partir de una sola parcela de experimentación, hay que destacar que la especie *Caryocar brasiliense* destacó desde el punto de vista fitosociológico y en cuanto a existencias de biomasa leñosa. Por otra parte, las especies *Sclerolobium paniculatum*, *Salvertia convallariodora* y *Tabebuia ochracea* merecen especial atención para la producción

Cuadro 4. Biomasa leñosa por especie de los 490 árboles de una hectárea de sabana en sentido estricto situada en el Eco Museo del Cerrado, Estado de Goiás (Brasil).

Table 4. Woody biomass by species of the 490 trees in a hectare of savanna in the sensu stricto, located in the Eco Museum of the Cerrado, State of Goiás (Brazil).

Especie	volumen (m ³)		
	fuste	ramas	total
<i>Agonadra brasiliensis</i>	12,1343	0,0000	12,1343
<i>Annona crassiflora</i>	89,8873	4,0426	93,9299
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	54,4508	7,1245	61,5753
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	167,4088	9,8086	177,2173
<i>Austroplenckia populnea</i>	39,5897	2,5270	42,1167
<i>Bowdichia virgilioides</i>	408,2257	145,1176	546,5662
<i>Byrsonima correifolia</i>	240,9117	64,2273	305,1390
<i>Byrsonima crassa</i>	83,0240	14,3725	97,3965
<i>Byrsonima crassifolia</i>	32,3045	4,2790	44,5402
<i>Connarus suberosus</i>	84,7346	2,0931	86,8277
<i>Caryocar brasiliense</i>	646,1164	950,9759	1597,0923
<i>Chamaecrista geanssenii</i>	55,0141	5,3845	60,3986
<i>Dalbergia miscolobium</i>	131,5986	30,3801	161,9787
<i>Didymopanax macrocarpa</i>	60,0014	0,0000	60,0014
<i>Dimorphandra mollis</i>	72,3484	35,5228	107,8712
<i>Eriotheca pubescens</i>	6,7434	0,0000	6,7434
<i>Erythroxylum suberosum</i>	3,3999	0,5267	3,9266
<i>Eugenia dysenterica</i>	130,8876	24,5406	155,4282
<i>Guapira noxia</i>	506,4363	196,9928	703,4292
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	923,1011	505,6836	1428,7847
<i>Kielmeyera coriacea</i>	41,0799	0,0000	41,0799
<i>Lafoensia pacari</i>	14,3657	3,3215	17,6872
<i>Machaerium opacum</i>	304,2202	94,2883	398,5086
<i>Miconia burchellii</i>	154,0668	69,0846	223,1515
<i>Miconia corrifolia</i>	60,3935	31,4867	91,8802
<i>Miconia ferruginata</i>	8,3849	4,1767	12,5616
<i>Miconia ferruginea</i>	72,0944	62,3065	134,4009
<i>Miconia guillemianiana</i>	6,5552	0,0000	6,5552
<i>Myrcia fallax</i>	8,2467	2,9293	11,1760
<i>Myrsine guianensis</i>	33,8440	0,0000	33,8440
<i>Neea theifera</i>	266,9642	65,1724	332,1367
<i>Ocotea spixiana</i>	28,3333	0,0000	28,3333
<i>Ouratea spectabilis</i>	270,2362	75,1476	345,3839
<i>Palicourea rigida</i>	14,0002	0,0000	14,0002
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	39,6214	0,0000	39,6214
<i>Pouteria ramiflora</i>	460,7633	158,1575	618,9208
<i>Pterodon polygalaeflorus</i>	477,7886	611,8283	1089,6169
<i>Qualea grandiflora</i>	95,8506	32,83913	128,6898
<i>Qualea parviflora</i>	735,2423	391,1604	1126,4027

Especie	volumen (m ³)		
	fuste	ramas	total
<i>Roupala montana</i>	4,5303	0,0000	4,5303
<i>Salacia crassifolia</i>	54,1936	11,3005	65,4941
<i>Salvertia convallarioda</i>	24,4750	5,4586	29,9336
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	517,4514	192,4676	709,9190
<i>Stripnodendron adstringens</i>	23,5144	4,6699	28,1844
<i>Strychnos pseudoquina</i>	285,3014	41,0092	326,3106
<i>Styrax camporum</i>	64,9174	1,9195	66,8369
<i>Tabebuia ochracea</i>	4,9070	0,0000	4,9070
<i>Vatairea macrocarpa</i>	62,4607	4,2198	66,6805
<i>Vochysia elliptica</i>	20,8791	5,8641	26,7432
<i>Vochysia rufa</i>	126,7266	21,1929	147,9194
<i>Vochysia thyrsoidea</i>	22,1641	12,0237	34,1878
Total	8.045,7877	3.881,5514	11.927,3391

de carbón vegetal. Es necesario desarrollar acciones selvícolas que permitan mantener la sabana bajo un régimen de uso racional y sostenible, teniendo a la vista la existencia de varias especies de utilización múltiple.

Referencias

- [1] J. A. Ratter, and T. Dargie, "An analysis of the floristic composition of 26 Cerrado areas in Brazil", *Edinburgh Journal of Botany*, vol. 49, no. 2, pp.235-250, 1992.
- [2] J. M. Felfili, and M. C. da Silva Junior, "Distribuição dos diâmetros numa faixa de cerrado na Fazenda Água Limpa (FAL) em Brasília-DF", *Acta Botanica Brasilica*, vol. 2, no. 1/2, pp.85-104, 1988.
- [3] J. M. Felfili, M. C. da Silva Junior, A. V. Rezende, J. W. B. Machado, B. M. T. Walter, P.E.N. da Silva, and J. Hay, "Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do cerrado sensu stricto na chapada Pratinha, DF, Brasil", *Acta Botanica Brasilica*, vol. 6, no. 2, pp.27-46, 1993.
- [4] J. Imaña-Encinas, J. Jiménez-Péres, A. V. Rezende, C. R. Imaña, O. Antunes-Santana, and M. S. de Meira Júnior. *Conceptos dasométricos en los inventarios fitosociológicos*. Brasília: Universidade de Brasília, 2014.
- [5] J. E. de Paula, J. Imaña Encinas, and O. Antunes Santana, "Levantamento florístico e dendrométrico de um hectare em Planaltina, Distrito Federal", *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, vol. 2, no. 4, pp.292-296, 2007.
- [6] J. Imaña-Encinas, J. E. de Paula, and N. Sugimoto, "Análise fitossociológica do cerrado da fazenda Marflora", *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 30, no. 5, pp.577-582, 1995.
- [7] J. Imaña-Encinas, J. E. de Paula, and N. Sugimoto, "Levantamento qualitativo em três hectares de vegetação

- de cerrado”, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 33, no. 5, pp.613-620, 1998.
- [8] R. C. Mendonça, J. M. Felfili, B. T. M. Walter, M.C. Silva Júnior, A. V. Rezende, T.S. Filgueiras, and P. E. Nogueira, “Flora vascular do Cerrado” in *Cerrado ambiente e flora*, S. M. Sano and S. P. Almeida, Eds. Planaltina de Goiás: EMBRAPA-CPAC, 1998, pp.289-556.
- [9] R. Ajbilou, T. Marañón, and J. Arroyo, “Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos”, *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, vol. 12, no. 2, pp.111-123, 2003.
- [10] G. Quiñones-Barraza, H. M. de los Santos-Posada, F. Cruz-Cobos, A. Velázquez-Martinres, G. Ángeles-Pérez, and G. Ramírez-Valverde, “Modelación dinámica de distribuciones diamétricas en masas mezcladas de Pinus en Durango, México”, *Madera y Bosques*, vol. 21, no. 2, pp.59-71, 2015.
- [11] C. A. Klink, and R. B. Machado, “A conservação do cerrado brasileiro”, *Megadiversidad*, vol. 1, no. 1, pp.147-155, 2005.
- [12] G Eiten. *Vegetação natu Distrito Federal*. Brasília: SEBRAE/DF, 2001.
- [13] J. F. Ribeiro, and B. T. M. Walter, “Fitofisionomia do bioma Cerrado”, in *Cerrado, ambiente e flora*, S. M. Sano and S. P. Almeida, Eds. Planaltina de Goiás: EMBRAPA-CPAC, 1998, pp.89-152.
- [14] M. C. Peel, B. L. Finlayson, and T. A. McMahon, “Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification”, *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 11, no. 5, pp.1633-1644, 2007.
- [15] R. Mittermeier and A. Russel. *Hotspots: earth’s biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Boston: University of Chicago Press, 2000.
- [16] J. Imaña-Encinas, R. Campos da Nóbrega, N. Oliveira-Ramos, and O. Antunes-Santana, “Cobertura del suelo del área del Eco Museo del Cerrado, Brasil”, *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, vol. 45, no. 36, pp.59-64, 2018.
- [17] J. Imaña-Encinas. *Mensura dasométrica*. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 2011.
- [18] C. G. Thibau, D. H. Heiseke, V. P. Moura, J. M. Lamas, and R. L. César, “Inventário preliminar expedito da Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba (MG)”, *Brasil Florestal*, vol. 6, no. 21, pp.34-71, 1975.
- [19] G. Durigan, L. M. A. G. Garrido, and M. A. O. Garrido, “Manejo silvicultural do cerrado em Assis – SP”, In *Congresso Florestal Pan-americano e VII Congresso Florestal Brasileiro*, 1993, pp.374-377.
- [20] M. C. da Silva Junior, and A. F. da Silva, “Distribuição dos diâmetros dos troncos das espécies mais importantes do cerrado na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba (MG)”, *Acta Botanica Brasilica*, vol. 2, no.1/2, pp.107-126, 1988.
- [21] Centro de Pesquisas Florestais, *Inventário florestal do Distrito Federal*, Centro de Pesquisas Florestais, 1972.
- [22] H. Edlin and M. Nimmo, *Enciclopedia BLUME de los árboles, maderas y bosques del mundo*. Barcelona: Blume, 1987.