

Artículo de investigación

ESTRUCTURA DIAMÉTRICA DE UN FRAGMENTO DEL BOSQUE TROPICAL SECO DE LA REGIÓN DEL ECO-MUSEO DEL CERRADO, BRASIL

Diametric structure in a tropical dry forest fragment in the Cerrado Eco-Museum region, Brazil.

Palabras clave: cociente de Liocourt, ecuaciones de Meyer y Gauss, levantamiento por muestreo.

Key words: de Liocourt quotient, Meyer and Gaussian equations, plot sampling.

*José Imaña Encinas*¹

*Otacílio Antunes Santana*²

*Christian Rainier Imaña*³

RESUMEN

En un fragmento del bosque tropical seco de la región central del Brasil se analizó la distribución diamétrica de 742 árboles con $DAP \geq 5$ cm en un área de 4000 m². Se encontraron 83 especies arbóreas y se analizaron las veinticinco especies que presentaron más de diez individuos. Los histogramas de frecuencia fueron analizados por las ecuaciones de Meyer y Gaussian. La distribución del total de la densidad poblacional mostró una curva exponencial negativa de la J invertida. De las veinticinco especies analizadas, catorce mostraron el mismo comportamiento. Otras ocho especies tuvieron una curva próxima a la distribución normal y tres presentaron una tendencia de curva completamente anormal. Se concluye que el fragmento observado está en estado de auto regeneración natural.

ABSTRACT

In a tropical dry forest area of the Brazilian central region, the DBH distribution of 742 trees ≥ 5 cm was analyzed in a 4000 m² area. Eighty three tree species were found, of which 25 species with more

than 10 individuals were analyzed for this study. The frequency histograms were obtained through the Meyer and Gaussian equations. The DBH distribution of the population showed a negative exponential inverse J curve. Of the 25 species selected, 14 exhibited the same pattern. Eight species presented a tendency near the normal distribution while three species had an abnormal pattern. We concluded that the observed fragment is in a natural auto regenerative status.

INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales secos se caracterizan por no tener relación directa con los cursos de agua, presentando diversos niveles de caducifolia durante la estación seca. Se puede afirmar que el nivel de pérdida de hojas de esos bosques está íntimamente relacionado con la conjunción de las propiedades químicas, físicas y profundidad del suelo (Nascimento *et al.* 2004, Silva *et al.* 2004, Pau *et al.* 2009, Valdez-Hernández *et al.* 2010). La fragilidad de los bosques estacionales semi-caducifolios y de los bosques secos deciduos, científicamente poco conocidos, ha contribuido a que estos ecosistemas estén hoy en día entre los

¹ Universidad de Brasilia, Departamento de Ingeniería Forestal, Caixa Postal 04357, CEP 70919-970 Brasilia, DF, Brasil. imana@unb.br. Autor para correspondencia.

² Universidad Federal de Pernambuco, Centro de Ciencias Biológicas, Recife, PE, Brasil. otacilio.santana@ufpe.br.

³ Secretaria de Hacienda del Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. christian_bsb@hotmail.com.

más amenazados del mundo (Dezseo *et al.* 2008, Madeira *et al.* 2009, Tarrasón *et al.* 2010); con un nivel de fragmentación bastante alto y una biodiversidad en peligro de extinción y bastante reducida (Carvajal-Cogollo & Urdina-Cardona 2008, D'Oliveira *et al.* 2011, Hernández-Stefanoni *et al.* 2011). Esto justifica la realización de diversos estudios para su comprensión ambiental.

Arruda *et al.* (2011), estudiando tres fragmentos de este tipo de bosque, concluyen que su diversidad vegetal arbórea está estrechamente asociada al histórico de la correspondiente intensidad de manejo inclusive antrópico que tuvieron. D'Oliveira *et al.* (2011) identificaron que la biomasa acumulada sobre el suelo es muy sensible a los efectos del fuego inclusive bastante mayor que en bosques de coníferas.

En el estado de Goiás, en la región central del Brasil, las acciones antrópicas realizadas en las últimas décadas sobre los ecosistemas forestales, incluyendo los bosques tropicales secos, han causado profundas alteraciones en sus coberturas naturales (Imaña-Encinas *et al.* 2008). El Eco-Museo del Cerrado, creado en 1997 con la filosofía de conciliar el crecimiento social y económico con la conservación ambiental de la cuenca hidrográfica de la cuenca alta del río Corumbá, abarca dentro de su perímetro una considerable superficie cubierta con bosques tropicales secos. El área geográfica del Eco-Museo del Cerrado, ubicada en la región central brasilera, ocupa una superficie de 8066 km² (Nóbrega & Imaña-Encinas 2006) y se localiza específicamente entre los paralelos 15° 21' y 16° 21' S y meridianos 48° 04' y 49° 14' W.

El total de las superficies territoriales de siete municipios del estado de Goiás (Pirenópolis, Corumbá de Goiás, Cocalzinho, Abadiânia, Alexânia, Santo Antônio do Descoberto y Águas Lindas) forman la bioregión Eco-Museo del Cerrado (sabanas brasileras). Actualmente, esta presenta un área antropizada superior al 58% del total de su superficie. Aquí, se encuentran naturalmente los ecosistemas de sabanas y forestales correspondientes a los bosques de

galería y bosques tropicales secos. Los ecosistemas forestales se encuentran entre los más antropizados (Nóbrega & Imaña-Encinas 2006).

El objetivo del presente trabajo fue realizar un levantamiento dendrométrico del componente arbóreo de un fragmento del bosque tropical seco del Eco-Museo del Cerrado, localizado en el municipio de Pirenópolis estado de Goiás, a fin de obtener información sobre el estado de la distribución diamétrica de las especies que componen esa comunidad vegetal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El bosque tropical seco analizado está localizado en el municipio de Pirenópolis (estado de Goiás) en la región noroeste del perímetro del Eco-Museo del Cerrado. El levantamiento dendrométrico se realizó en un fragmento de aproximadamente 10 ha, situado a 15°45'54" S y 49°04'03" W (SAD 69), a 810 m de altitud.

Contiguo al área de estudio está localizado un bosque de galería y un área típica de sabana, denominada de Cerrado *sensu stricto*. El clima del local, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen es del tipo AW, presenta dos estaciones bien definidas: una seca en el invierno y una húmeda en el verano. La temperatura promedio anual oscila entre 21,5 °C y 24,9 °C con precipitación media anual de 1500 mm (Nóbrega & Imaña-Encinas, 2006).

A lo largo de una pendiente se demarcaron dos franjas compuestas de cinco parcelas de 20 x 20 m cada una, distanciadas entre sí 80 m, tanto franjas y parcelas. Cada franja totalizó 2000 m² del área de estudio, correspondiendo a una área de muestreo de 0,4 ha. Todos los individuos arbóreos incluyendo palmas, con DAP igual o superior a 5 cm se identificaron y midieron con una forcípula. Del levantamiento se excluyeron todas las lianas e individuos muertos. La identificación botánica de las especies fue realizada *in situ* durante los trabajos de campo, por un especialista en dendrología. Para algunos individuos, se colectaron especímenes

Tabla 1. Especies con más de diez individuos de un fragmento de bosque tropical seco en la región del Eco-Museo del Cerrado y sus respectivos parámetros de densidad

| Especie | Densidad | | Área basal | | Utilización recomendada |
|--|----------|-------|-----------------------|--------------------|--|
| | n/0,4 ha | n/ha | m ² /0,4ha | m ² /ha | |
| <i>Alibertia macrophylla</i> K.Schum. | 22 | 55 | 0.1128 | 0.2820 | Bioindicadora ambiental. |
| <i>Amaioua guianensis</i> Aubl. | 30 | 75 | 0.1650 | 0.4126 | Producción de madera y alimento de fauna. |
| <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan | 10 | 25 | 0.3627 | 0.9067 | Producción de madera. |
| <i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. | 20 | 50 | 0.1856 | 0.4640 | Producción de madera. |
| <i>Astronium fraxinifolium</i> Schott | 10 | 25 | 0.1755 | 0.4388 | Madera, planta medicinal y alimento para la fauna. |
| <i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss. | 22 | 55 | 0.1161 | 0.2904 | Planta medicinal. |
| <i>Callisthene major</i> Mart. | 23 | 57 | 0.2973 | 0.7433 | Planta medicinal. |
| <i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers | 12 | 30 | 0.1948 | 0.4872 | Alimento para fauna. |
| <i>Erythroxylum daphnites</i> Mart. | 14 | 37 | 0.0628 | 0.1571 | Alimento para fauna. |
| <i>Guettarda pohliana</i> Müll. Arg. | 17 | 42 | 0.1217 | 0.3044 | Alimento para fauna. |
| <i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltld. | 25 | 62 | 0.0992 | 0.2481 | Alimento para fauna. |
| <i>Licania apetala</i> (E. Mey.) Fritsch | 21 | 52 | 0.0940 | 0.2350 | Producción de madera. |
| <i>Licania octandra</i> (Hoff. ex Roem. & Shult.) Kuntze | 27 | 67 | 0.2011 | 0.5029 | Producción de madera. |
| <i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc. | 18 | 45 | 0.2052 | 0.5131 | Fabricación de utensilios y planta medicinal. |
| <i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC. | 20 | 50 | 0.1278 | 0.3195 | Alimento para fauna. |
| <i>Pouteria gardneriana</i> (A. DC.) Radlk. | 12 | 30 | 0.0855 | 0.2139 | Producción de madera y alimento para fauna. |
| <i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand | 88 | 220 | 0.6343 | 1.5857 | Producción alimento para la fauna. |
| <i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm. | 16 | 40 | 0.1422 | 0.3556 | Producción de madera. |
| <i>Salacia amygdalina</i> Peyr. | 15 | 37 | 0.1194 | 0.2986 | Alimento para fauna. |
| <i>Sclerobium paniculatum</i> Vogel | 11 | 27 | 0.1693 | 0.4233 | Fabricación de colorante. |
| <i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl. | 15 | 37 | 0.1228 | 0.3070 | Planta medicinal y colorante. |
| <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. | 62 | 155 | 0.0991 | 0.2477 | Alimento para fauna. |
| <i>Tapura amazonica</i> Poepp. | 11 | 27 | 0.0566 | 0.1417 | Alimento para fauna. |
| <i>Virola sebifera</i> Aubl. | 15 | 37 | 0.0943 | 0.2358 | Madera, planta medicinal y alimento para fauna. |
| <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart. | 13 | 32 | 0.2478 | 0.6195 | Planta medicinal, alimento para la fauna. |
| Total parcial | 549 | 1.369 | 4.2940 | 10.7351 | |
| Especies excluidas, con menos de 10 individuos | 193 | 486 | 2.8030 | 7.0076 | |
| Total de la población observada | 742 | 1.855 | 7.097 | 17.7427 | |

para su posterior confirmación en el Herbario de la Universidad de Brasilia (UB). Fue adoptada la clasificación de W³ Trópicos, del Jardín Botánico de Missouri (Trópicos, 2010).

Para el análisis de la estructura diamétrica de la comunidad vegetal, se elaboraron histogramas de clases de diámetro con intervalos de 2,5 cm para el total de la población observada y para cada una de las especies que tuviesen más de diez individuos. Esos histogramas se ajustaron por medio de las ecuaciones de Meyer (Meyer 1952) y Gaussian (Zar 1996).

RESULTADOS

En el área estudiada se encontraron 742 individuos arbóreos, pertenecientes a 83 especies. De estas, 58 se excluyeron por no presentar más de diez individuos por especie. En ese sentido fueron analizadas veinticinco especies (Tabla 1). La curva de especies construida para la interpretación fitosociológica de este fragmento forestal mostró que el muestreo con 4000 m² fue plenamente aceptable para la representación de la correspondiente variabilidad florística.

En relación con la distribución diamétrica de la comunidad, los 742 individuos mostraron una tendencia de la curva en la forma típica de la J invertida, como se muestra en la figura 1. Para la distribución diamétrica de las veinticinco especies que presentaron más de diez individuos, se encontró que catorce de ellas (52%) mostraron el patrón típico de la curva de la J invertida (Figura 2). Estas correspondieron al 15% del total de la población: *Alibertia macrophylla*, *Amaioua guianensis*, *Aspidosperma subincanum*, *Byrsonima intermedia*, *Erythroxylum daphnites*, *Guettarda pohliana*, *Guettarda viburnoides*, *Licania apetala*, *Licania octandra*, *Myrcia multiflora*, *Protium heptaphyllum*, *Tapirira guianensis*, *Tapura amazonica* y *Virola sebifera*. Se presenta la figura 2 como demostración de una situación similar al restante de las especies citadas anteriormente.

El comportamiento de las distribuciones diamétricas de las especies *Anadenanthera macrocarpa*, *Astronium fraxinifolium*, *Callisthene mayor*, *Luehea divaricata*, *Salacia amygdalina*, *Pouteria gardneriana*, *Tabebuia ochracea* y *Xilopia aromatica* mostraron una curva de tendencia próxima a la de distribución normal (Figura 3). Esas ocho especies correspondieron al 10% del

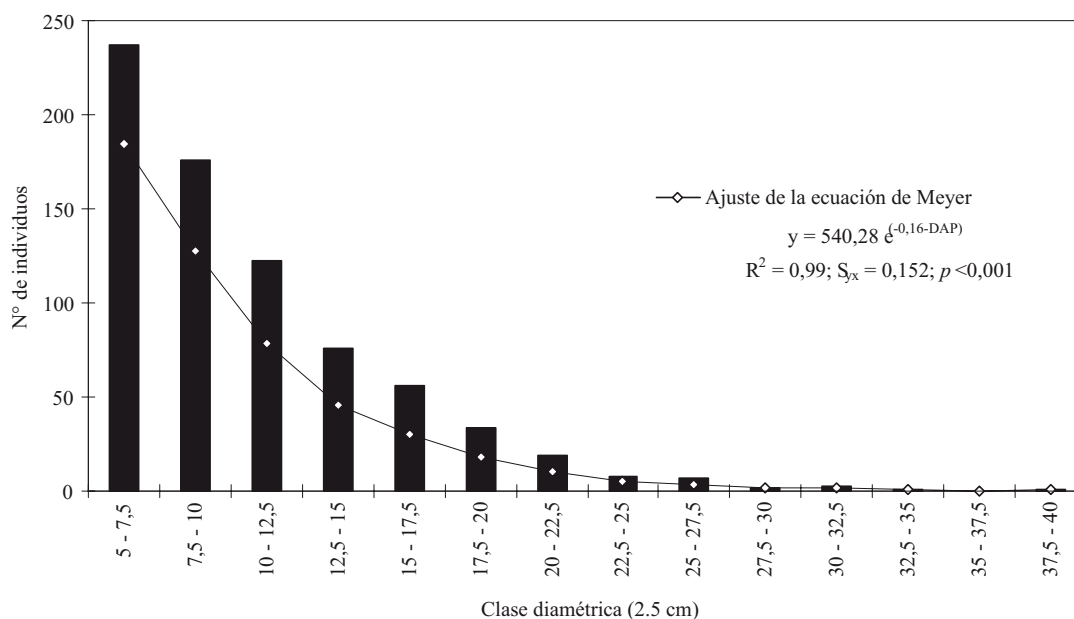


Figura 1. Distribución diamétrica del total de los individuos de un fragmento de bosque tropical seco en la región del Eco-Museo del Cerrado

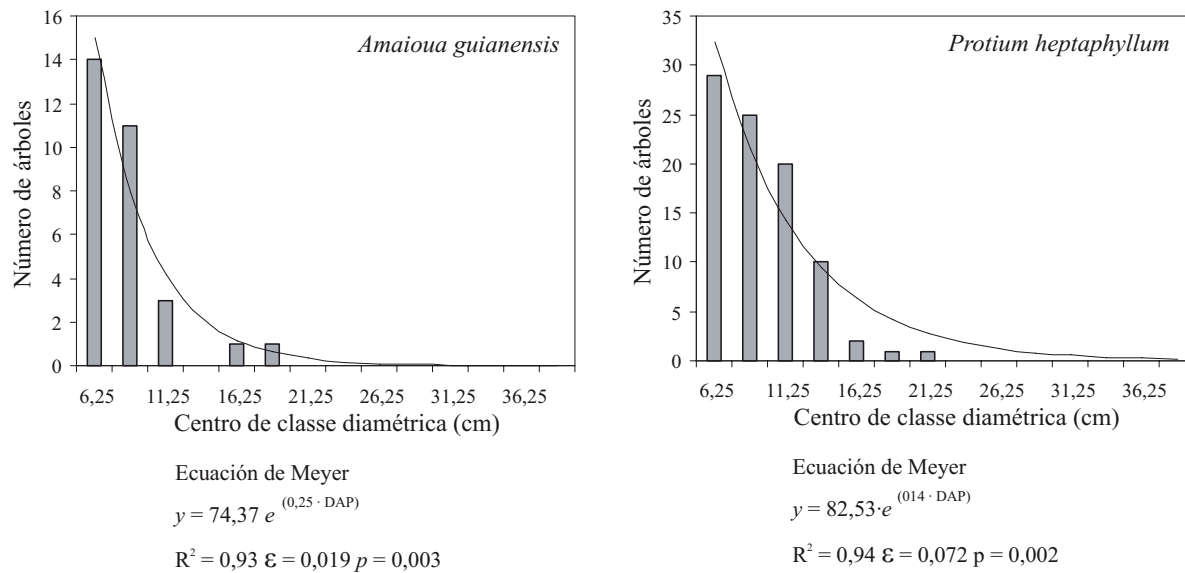


Figura 2. Curva de tendencia exponencial negativa (J invertida) para dos de las catorce especies con más de diez individuos que presentaron este patrón

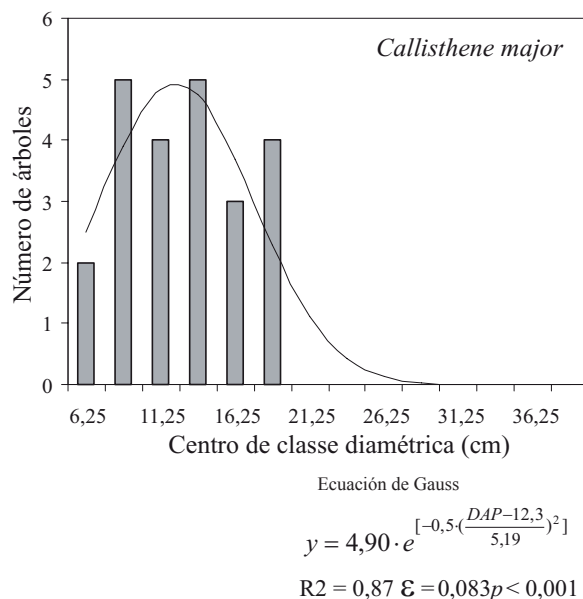


Figura 3. Curva de tendencia de distribución normal para una de las ocho especies con más de diez individuos que presentaron este patrón

total de las encontradas y al 32% de las especies con más de diez individuos. En forma similar a la figura 2, la figura 3 muestra la tendencia de la curva representativa de las ocho especies anteriormente mencionadas. Las especies *Emmotum nitens*, *Qualea dichotoma* y *Sclerolobium paniculatum*

presentaron una distribución diamétrica de forma completamente anormal (Figura 4).

El cociente de Liocourt “q” (Meyer 1952), calculado por la relación entre el número de individuos de una clase diamétrica con su anterior, mostró que para el total de la población existe correspondiente equilibrio entre las clases diamétricas, una vez que fue encontrada poca variación de los valores calculados de “q” que oscilaron entre 0.2 y 0.4.

Se observó que la mayoría de los individuos (55.66%) estaba concentrada en las dos primeras clases diamétricas, presentando DAP inferiores a 10 cm. Los individuos arbóreos que presentaron los mayores diámetros fueron de la especie *Tapirira guianensis* (37.7 cm) y *Aspidosperma subincanum* (33 cm). La distribución diamétrica mostró que la comunidad arbórea está compuesta principalmente por árboles de pequeño porte, con 99% de los individuos presentando un DAP inferior a 30 cm.

Los 742 árboles ocuparon un área basal de 8.032 m² en los 4000 m² del fragmento arbóreo estudiado, que podrá corresponder, extrapolado para la hectárea, a 20,070 m². Las especies *Tapirira guianensis* con menor número de individuos (62) que

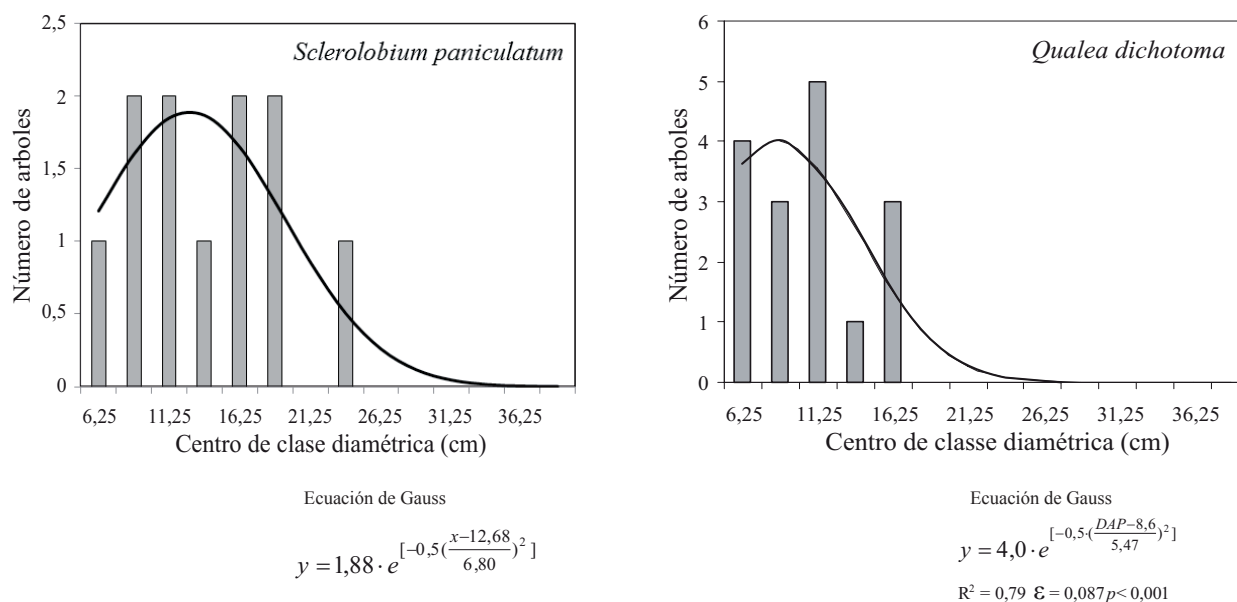


Figura 4. Distribución de tendencia anormal para dos de las tres especies con más de diez individuos que presentaron este patrón

la especie *Protium heptaphyllum* (88 individuos arbóreos), ocuparon respectivamente el 15 y 9% del total del área basal (Tabla 1). La especie *Anadenanthera macrocarpa*, con diez árboles, alcanzó a ocupar el 5% del total del área basal, verificándose que los mayores diámetros medidos correspondieron a los individuos de esta especie. En ese sentido, esas tres especies pueden ser consideradas las de mayor densidad ocupacional por hectárea. La especie *Hymenaea courbaril* que no figura en la tabla 1, con apenas tres individuos presentó considerable área basal, igual a 0.347 m²/ha.

DISCUSIÓN

Interpretando la curva de tendencia de la distribución diamétrica del total de la población observada (figura 1), corresponde indicar que la comunidad estudiada es auto regenerativa, una vez que existe una alta concentración de individuos en las clases menores con reducción acentuada para las clases mayores. La tendencia de la curva de la J invertida también señala que la comunidad vegetal se encuentra en coherente proceso de desarrollo en dirección a etapas de crecimiento y productividad vegetal más avanzadas, una vez que se confirma la existencia de abundantes individuos

jóvenes que irán a suceder individuos arbóreos que ya se encuentran posiblemente en la fase senil, pertenecientes a las clases diamétricas superiores (Arruda *et al.* 2011; Hernández-Stefanoni *et al.* 2011). A partir de la revisión de la literatura, se observa que los estudios realizados, considerando la distribución diamétrica de las especies, todas ellas muestran la tendencia de la curva de la J invertida para el total de la población observada, sin que se encuentren distribuciones diamétricas individualizadas por especies.

En relación con la curva anormal de la distribución diamétrica (Figura 4) para algunas especies, su resultado puede ser consecuencia de que estas tuvieron ciertamente en algún momento un proceso de extracción selectiva de sus diversas clases diamétricas. El polígono de frecuencias muestra la existencia de una insuficiente auto regeneración, lo cual compromete la capacidad potencial de la densidad y la estructura del bosque (Madeira *et al.* 2009, Tarrasón *et al.* 2010). Las diferencias entre los patrones de la distribución diamétrica (Figuras 1 a 4) pueden ser resultantes del suelo, del histórico de las perturbaciones en el fragmento arbóreo estudiado, corroborado con Arruda *et al.* (2011), como también de los aspectos de la propia

característica silvicultural de cada especie, como también se demostró en Hernández-Stefanoni *et al.* 2011.

Con los resultados del área basal, Lopes *et al.* (2002), en el estudio realizado en el Valle del Aço (estado de Minas Gerais), indican que el área basal por hectárea de un bosque similar al estudiado correspondería a 26,94 m². Por su parte, Silva *et al.* (2003) y Machado *et al.* (2004), en los bosques tropicales secos estudiados, encontraron que el área basal fue de 28.70 y 29.14 m²/ha respectivamente; estos valores también son superiores al encontrado en el bosque tropical seco del área del Eco-Museo. Por último, Nascimento *et al.* (2004) registraron 19.36 m²/ha para el remanente del bosque tropical seco de la región de Monte Alegre (estado de Goiás), área más próxima a la del Eco-Museo del Cerrado.

CONCLUSIONES

En el fragmento del bosque tropical seco estudiado, se encontraron 742 individuos arbóreos, distribuidos en 83 especies, de las cuales veinticinco presentaron más de diez individuos. El total de la población y catorce especies analizadas de forma independiente presentaron una tendencia de curva de J invertida, lo cual muestra que el total de la población está con una estructura bien conservada.

Ocho especies mostraron una curva de tendencia de distribución normal y otras tres presentaron curvas de distribución completamente anormal, probablemente por haber sufrido acciones de extracción selectiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arruda, D. M., D. O. Brandao, F. V. Costa, G. S. Tolentino, R. D. Brasil, S. N. D'ângeloneto & Y. R. Nunes-Ferreira.** 2011. Structural aspects and floristic similarity among tropical dry forest fragments with different management histories in Northern Minas Gerais, Brazil. *Revista Árvore* 35: 131-142.
- Carvajal-Cogollo, J. E. & J. N. Urbina-Cardona.** 2008. Patrones de diversidad y composición de reptiles en fragmentos de bosque seco tropical en Córdoba, Colombia. *Tropical Conservation Science* 1: 397-416.
- Dezseo, N., S. Flores, S. Zambrano-Martínez, L. Rodgers & E. Ochoa.** 2008. Estructura y composición florística de bosques secos y sabanas en los Llanos Orientales del Orinoco, Venezuela. *Interciencia* 33: 733-740.
- D'oliveira, M. V. N., E. C. Alvarado, J. C. Santos & J. A. Carvalho-Jr.** 2011. Forest natural regeneration and biomass production after slash and burn in a seasonally dry forest in the Southern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management* 261: 1490-1498.
- Hernández-Stefanoni, J. L., J. M. Dupuy, F. Tun-Dzul & F. May-Pat.** 2011. Influence of landscape structure and stand age on species density and biomass of a tropical dry forest across spatial scales. *Landscape Ecology* 26: 355-370.
- Imaña-Encinas, J., L. A. de Macedo & J.E. de Paula.** 2008. Florística e fitossociologia de um trecho de floresta estacional semidecidual na área do Ecomuseu do Cerrado, em Pirenópolis – Goiás. *Revista Cerne* 13: 308-320.
- Lopes, W. P., A. Paula, A. C. Sevilha & A. F. Silva.** 2002. Composição da flora arbórea de um trecho de floresta estacional no jardim botânico da Universidade Federal de Viçosa (face sudoeste), Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore* 26: 339-347.
- Machado, E. L. M., A. T. Oliveira-Filho, W. A. Carvalho, J. S. Souza, R. A. T. Borém & L. Bortezelli.** 2004. Análise comparativa da estrutura e flora do compartimento arbóreo-arbustivo de um remanescente florestal na fazenda Beira Lago, Lavras, MG. *Revista Árvore* 28: 499-516.
- Madeira, B. G., M. Espirito-Santo, S. D'angelo-Neto, Y. R. Nunes-Ferreira, G. Azofeifa, S.**

- Arturo, G. W. Fernandes & M. Quesada.** 2009. Changes in tree and liana communities along a successional gradient in a tropical dry forest in south-eastern Brazil. *Plant Ecology* 201: 291-304.
- Meyer, H. C.** 1952. Structure, growth and drain in balanced uneven-aged forests. *Journal of Forestry* 50: 85-92.
- Nascimento, A. R. T., J. M. Felfili & E. M. Meirelles.** 2004. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, município de Monte Alegre, GO, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18: 663-674.
- Nóbrega, R.C & J. Imaña-Encinas.** 2006. Uso do solo do projeto Ecomuseu do Cerrado. *Revista Árvore* 30: 117-122.
- Pau, S., T. W. Gillespie & J. P. Price.** 2009. Natural history, biogeography, and endangerment of Hawaiian dry forest trees. *Biodiversity and Conservation* 18: 3167-3182.
- Silva, N. R. S., S. V. Martins, J. A. A. Meira-Neto & A. L. Souza.** 2004. Composição florística e estrutura de uma floresta estacional semidecidual montana em Viçosa, MG. *Revista Árvore* 28: 397-405.
- Silva, V. F., N. Venturini, A. T. Oliveira-Filho, R. L. G. Macedo, W. A. C. Carvalho & E. Van den Berg.** 2003. Caracterização estrutural de um fragmento de floresta semidecídua no município de Ibituruna, MG. *Revista Cerne* 9: 92-106.
- Tarrasón, D., J. T. Urrutia, F. Ravera, E. Herrera, P. Andres & J. M. Espelta.** 2010. Conservation status of tropical dryforest remnants in Nicaragua: do ecological indicators and social perception tally? *Biodiversity and Conservation* 19: 813-827.
- Trópicos.** 2010. W³Trópicos: Jardín Botánico de Missouri. Version en línea: [www.tropicos.org]. Fecha de consulta: abril del 2010.
- Valdez-Hernández, M., J. L. Andrade, P. C. Jackson & M. Rebolledo-Vieyra.** 2010. Phenology of five tree species of a tropical dry forest in Yucatan, Mexico: effects of environmental and physiological factors. *Plant and Soil* 329: 155-171.
- Zar, J.H.** 1996. Bio-statistical analysis. Prentice Hall. Upper Saddle River. 662 p.