

**EL BOSQUE DEL PARQUE CENTRAL DE LA URBANIZACIÓN EL PARAÍSO:
ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN DE ESPECIES Y CRECIMIENTO DE ÁRBOLES**

Elena Román Nunci¹, Humfredo Marcano Vega², Iván Vicéns³, Gabriela Bortolamedi³ y Ariel E. Lugo³

¹Departamento de Ciencias Generales
Universidad de Puerto Rico
PO Box 23360
Río Piedras, Puerto Rico 00931-3360

²USDA Forest Service, Southern Research Station
1201 Ceiba Street, Jardín Botánico Sur
Río Piedras, Puerto Rico 00926-1115

³Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América
1201 Calle Ceiba, Jardín Botánico Sur, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1119

ABSTRACT

We studied an urban forest established in 1988 by residents of the El Paraíso urbanization. In 2007 the forest had 37 forest species (9 native and 28 introduced) with diameter at breast height (dbh) ≥ 4 cm in a 1.0785 ha area. The most common species was the hybrid mahogany (*Swietenia macrophylla x mahagony*) with an Importance Value of 24.3 percent. The forest had two species endemic to Puerto Rico (maga or *Thespesia grandiflora* and the royal palm or *Roystonea borinquena*) as well as native primary forest species such as bulletwood or ausubo (*Manilkara bidentata*) and lignum vitae or guayacán (*Guaiacum officinale*) and native pioneer species such as pumpwood or female yagrumo (*Cecropia schreberiana*), among others. Pumpwood was the only species that propagated naturally after an adult tree planted by residents flowered. The forest's basal area was 17.3 m²/ha and the tree density was 127/ha. Because many of the trees were multi-stemmed density was 215/ha. The forest was distinguished by an absence of natural understory, little accumulation of litterfall, trees with mean dbh and height of 26.8 m and 9.8 m respectively, and rapid growth in the majority of the trees. Approximately half of the trees did not grow or grew very slowly with the remainder growing at rates greater than 20 cm²/year, including 15 percent that grew at rates greater than 100 cm²/year. Annual tree mortality was 1.4 to 1.5 percent. This forest's trees have grown at elevated rates and have developed a high and closed canopy in spite of the intensive use that the area receives. However, human activity impedes forest regeneration, which suggests that its regeneration and species composition are dependent upon the planting and care of the trees by the residents.

ABSTRACTO

Se estudió un bosque urbano establecido en el 1988 por residentes de la urbanización El Paraíso. En el 2007 el bosque contenía 37 especies arbóreas (9 nativas y 28 introducidas) con diámetro a la altura del pecho (dap) ≥ 4 cm en un área de 1.0785 ha. La especie más común fue la caoba híbrida (*Swietenia macrophylla x mahagony*) con un Valor de Importancia de

24.3 por ciento. Las especies introducidas tenían un Valor de Importancia agregado de 86.1 por ciento. El bosque contenía dos especies endémicas a Puerto Rico (maga o *Thespesia grandifolia* y la palma real o *Roystonea borinquena*), al igual que especies de bosque primario nativo como el ausubo (*Manilkara bidentata*) y el guayacán (*Guaiacum officinale*) y especies nativas pioneras como el yagrumo hembra (*Cecropia schreberiana*), entre otras. El yagrumo fue la única especie que se propagó naturalmente luego de la floración de un árbol adulto sembrado por los residentes. El área basal del bosque fue de 17.3 m²/ha y la densidad de árboles fue de 127/ha. Muchos de los árboles tenían tallos múltiples por lo que la densidad de tallos fue de 215/ha. El bosque se caracterizó por la ausencia de un sotobosque natural, poca acumulación de hojarasca, árboles con dap y altura promedio de 26.8 cm y 9.8m respectivamente y por el rápido crecimiento de la mayoría de los árboles. Aproximadamente la mitad de los árboles no crecieron o crecieron muy lentamente y el resto creció a tasas mayores de 20 cm²/año, incluso un 15 por ciento que creció a tasas mayores de 100 cm²/año. La mortalidad anual de árboles fue de 1.4 a 1.5 por ciento. Los árboles de este bosque han crecido a tasas altas y han desarrollado un dosel alto y cerrado a pesar del uso intensivo que recibe el lugar. Sin embargo, la actividad humana impide la regeneración del bosque lo que implica que su regeneración y composición de especies depende de la siembra y cuidado de árboles de parte de los residentes.

INTRODUCCIÓN

En Puerto Rico un 94 por ciento de la población vive en zonas urbanas donde el contacto con la naturaleza es menos directo (López Marrero y Villanueva Colón 2006). Los bosques urbanos permiten ampliar ese contacto. Un bosque urbano se define como “toda la vegetación arbórea asociada en y alrededor de la ciudad desde comunidades pequeñas rurales hasta la gran metrópolis” (Harris *et al.* 1999, Lugo 2002). Los bosques urbanos tienen orígenes variados. Por ejemplo, un bosque urbano puede ser un remanente de bosque natural en la ciudad (e.g., el Bosque Estatal San Patricio, Suárez *et al.* 2005), puede surgir luego del abandono de terrenos agrícolas (e.g., el Bosque Estatal del Nuevo Milenio, Lugo *et al.* 2005a) o en terrenos baldíos (e.g., a lo largo de zonas riparias, Lugo *et al.* 2001) o puede surgir como resultado de la siembra de parte de los residentes de la ciudad (e.g., el bosque del Parque Central de la Urbanización El Paraíso en Río Piedras). Los bosques urbanos le permiten a los habitantes de la ciudad mejorar el aspecto del paisaje además que proveen un sinnúmero de servicios directos e indirectos. Por ejemplo, los bosques urbanos reducen la contaminación del aire y el ruido, moderan la temperatura de la atmósfera

y mitigan el calentamiento, conservan agua, reducen la erosión del suelo, proveen recreación y sostienen la vida silvestre. Sin embargo, se conoce muy poco de la estructura del bosque urbano, su composición de especies o del crecimiento de sus árboles. Nuestro objetivo es proveer esa información para el bosque en El Parque Central de la Urbanización El Paraíso. Este estudio pretende contribuir al entendimiento básico de la ecología de los bosques urbanos tropicales los cuales han sido poco estudiados, particularmente en Puerto Rico.

MÉTODOS

El estudio se realizó en tres etapas. Comenzó en abril y mayo de 2001 cuando se identificaron y midieron 108 individuos de 33 especies arbóreas que crecían en El Parque Central. Luego en noviembre de 2005 se volvieron a medir todos los árboles marcados en el 2001 además de tallos nuevos que se encontraron. Finalmente, en junio de 2007, se midieron todos los árboles en el parque ya que durante las medidas del 2001 y 2005 no se incluyeron todos los árboles presentes. Los datos del 2007 se utilizan para describir la estructura y composición de especies del bosque en El Parque Central. Los datos del 2001, 2005 y 2007 se utilizan

para estimar tasas de crecimiento para los intervalos de tiempo 2001-2005 y 2005-2007.

Se identificaron los árboles con diámetro a la altura del pecho (dap; 1.37 m) \geq 4.0 cm por especies, se les midió el dap y la altura y se marcaron con etiquetas numeradas. El dap se midió con una cinta de tela calibrada para leer el diámetro a base de la circunferencia del árbol y la altura del árbol se midió desde la base hasta la punta más alta de la copa con un clinómetro o se estimó. La posición del parque (18°38'20.31" de latitud y 66°06'24.3" de longitud) se obtuvo de Google Earth (<http://w.w.w.flashearth.com>). El área del parque (10,785 m²) se determinó delimitando los bordes del parque mediante el uso del Sistema de Posicionamiento Global. Durante cada etapa del estudio se re-emplazaron etiquetas deterioradas en algunos árboles.

Se calculó el área basal de cada árbol con la fórmula: Área Basal = π (dap/2)². El área basal del bosque se estimó con la fórmula: Σ área basal de todos los árboles en m²/área del parque en ha. El origen de cada especie fue identificada de acuerdo a Molina y Alemañy (1997). La densidad de los árboles se estimó dividiendo el número de árboles por el área basal de todos los árboles de esa especie y su densidad por el área basal total y la densidad total (respectivamente) del bosque. El Valor de Importancia de cada especie fue estimado como la suma de la densidad relativa y el área basal relativa dividida entre dos y el valor se expresó en porcentaje.

Estimamos la tasa de crecimiento en diámetro y área basal de cada individuo restando la dimensión inicial de la final y dividiendo el resultado por el tiempo transcurrido entre medidas expresado en años. Utilizamos dos intervalos de tiempo para estos cálculos: 2001-2005 y 2005-2007. También estimamos la mortalidad de los árboles dividiendo el número de árboles que murieron durante el intervalo de medición por el tiempo transcurrido entre mediciones. El resultado se expresó en porcentaje basado en el número de árboles vivos al principio del intervalo de medición.

RESULTADOS

Composición de Especies y Valor de Importancia

En el bosque de El Parque Central se encontraron 137 árboles de 37 especies (Tabla 1). De éstas 37 especies, 9 son nativas y 28 son introducidas. Encontramos dos especies endémicas a Puerto Rico, la maga (*Thespesia grandiflora*) y la palma real (*Roystonea borinquena*). La especie dominante fue la caoba híbrida (*Swietenia macrophylla x mahagani*) con un Valor de Importancia de 24.3 por ciento, seguida por el flamboyán amarillo (*Peltophorum pterocarpum*; 7.7 por ciento) y laurel benjamín (*Ficus benjamina*; 7.4 por ciento; Tabla 1), todas éstas especies introducidas. El Valor de Importancia del laurel benjamín fue alto debido a su área basal y no a su densidad, ya que tenía tres tallos grandes. Para todas las especies nativas el Valor de Importancia acumulativo fue menor (13.9 por ciento) que el Valor de Importancia acumulativo de las especies introducidas (86.1 por ciento).

Estructura

El árbol promedio en el bosque tenía un dap de 26.8 + 1.1 cm (n = 232) y una altura de 9.8 + 0.2 m (n = 232). La amplitud de las dimensiones de los árboles medidos fue de 6.1 a 151 cm en diámetro (Fig. 1) y de 3 a 16 m en altura (Fig. 2). Las clases de diámetro más frecuentes fueron las de > 10 a 30 cm y las clases de altura más frecuentes la de > 7 a 8 m y la de >10 a 12m.

El bosque se caracterizó por la presencia de tallos múltiples en muchos de sus árboles por lo que la densidad de tallos (215/ha) fue mayor a la densidad de árboles (127/ha). El área basal del bosque fue de 17.3 m²/ha. Debido a los usos múltiples y manejo periódico de El Parque Central, no observamos un sotobosque con árboles o plántulas de los árboles del dosel. Ocasionalmente se observaron plántulas de árboles adultos, pero éstas no prosperan debido a la poda periódica del suelo del bosque. Solamente un individuo del yagrumo hembra se estableció naturalmente en un humedal dentro del parque. Cerca de ese árbol había un individuo adulto de esa especie plantado por los residentes. En algunos

TABLA 1. Especies arbóreas en el bosque del Parque Central de la Urbanización El Paraíso en orden de su Valor de Importancia (VI). Los datos son para tallos con diámetro a la altura del pecho (dap) \geq 4 cm. El área basal es AB. Las especies con asterisco (*) son nativas, el resto son introducidas.

Especie	DAP (cm)	Altura (m)	Densidad		AB (m ² /ha)	VI (%)
			(tallos/ha)	(árboles/ha)		
<i>Swietenia macrophylla x mahagoni</i>	46.1	11.8	27	24	5.1	24.3
<i>Peltophorum pterocarpum</i> ^a	31.6	12.6	19	6	1.9	7.7
<i>Ficus benjamina</i>	91.6	10.3	3	2	2.3	7.4
<i>Melaleuca quinquenervia</i>	17.2	8.7	24	12	0.7	6.7
<i>Tabebuia heterophylla</i> *	21.1	9.2	19	11	0.7	6.4
<i>Lagerstroemia speciosa</i>	25.0	8.4	19	6	1.1	5.3
<i>Cordia sebestens</i>	16.2	5.8	9	9	0.2	4.2
<i>Terminalia catappa</i>	23.1	8.4	7	7	0.3	3.9
<i>Swietenia mahagoni</i>	37.0	12.2	6	5	0.6	3.6
<i>Tabebuia rosea</i>	35.3	13.0	6	5	0.6	3.6
<i>Roystonea borinquena</i> *	4.5	10.3	4	4	0.5	3.0
<i>Callistemon citrinus</i>	17.0	7.5	11	5	0.3	2.7
<i>Swietenia macrophylla</i>	31.1	11.9	5	4	0.4	2.6
<i>Delonix regia</i>	36.1	10.5	6	2	0.6	2.5
<i>Eucalyptus robusta</i>	28.5	14.1	5	3	0.3	2.1
<i>Pterocarpus indicus</i>	70.0	12.0	1	1	0.4	1.4
<i>Cassia fistula</i>	18.5	12.7	6	2	0.2	1.2
<i>Thespesia grandiflora</i> *	18.5	11.6	5	2	0.1	1.1
<i>Ceiba pentandra</i> *	48.0	10.0	1	1	0.2	0.9
<i>Cecropia schreberiana</i> *	13.5	8.0	2	2	0.0	0.8
<i>Schefflera actinophylla</i>	12.4	6.5	2	2	0.0	0.8
<i>Tamarindus indica</i>	16.8	8.5	5	1	0.1	0.7
<i>Cassia javanica</i>	18.2	11.6	4	1	0.1	0.6
<i>Cananga odorata</i>	29.2	10.5	1	1	0.1	0.5
<i>Chrysophyllum cainito</i>	12.9	7.0	4	1	0.1	0.5
<i>Tabebuia capitata</i>	11.6	7.5	5	1	0.1	0.5
<i>Syzygium malaccense</i>	25.5	11.0	1	1	0.0	0.5
<i>Mangifera indica</i>	25.2	8.0	1	1	0.0	0.5
<i>Melicoccus bijugatus</i>	23.8	8.0	1	1	0.0	0.5
<i>Tabebuia aurea</i>	23.2	12.0	1	1	0.0	0.5
<i>Petitia domingensis</i> *	22.7	11.0	1	1	0.0	0.5
<i>Grevillea robusta</i>	19.8	7.5	1	1	0.0	0.4
<i>Pimenta racemosa</i> *	9.8	8.0	3	1	0.0	0.4
<i>Cocos nucifera</i>	16.5	5.0	1	1	0.0	0.4
<i>Crescentia cujete</i>	12.1	6.0	1	1	0.0	0.4
<i>Guaiacum officinale</i> *	7.3	3.0	2	1	0.0	0.4
<i>Manilkara bidentata</i> *	9.6	4.4	1	1	0.0	0.4

^aSinónimo con *P. inerme*

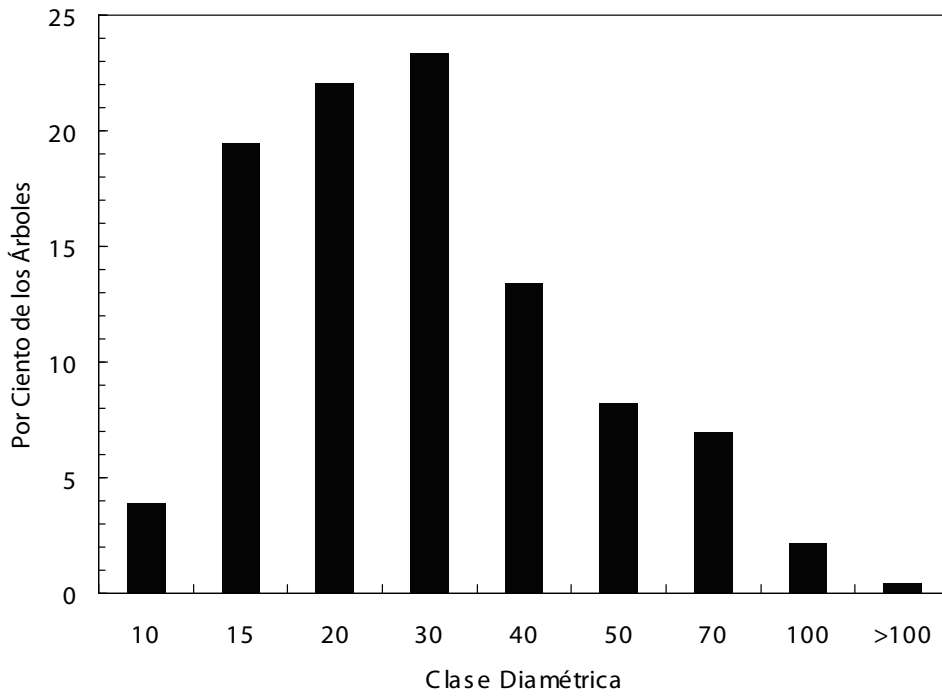


FIGURA 1. Histograma de los diámetros a la altura del pecho de árboles en el bosque del Parque Central de la Urbanización El Paraíso, Río Piedras, Puerto Rico. Los datos están basados en 232 medidas.

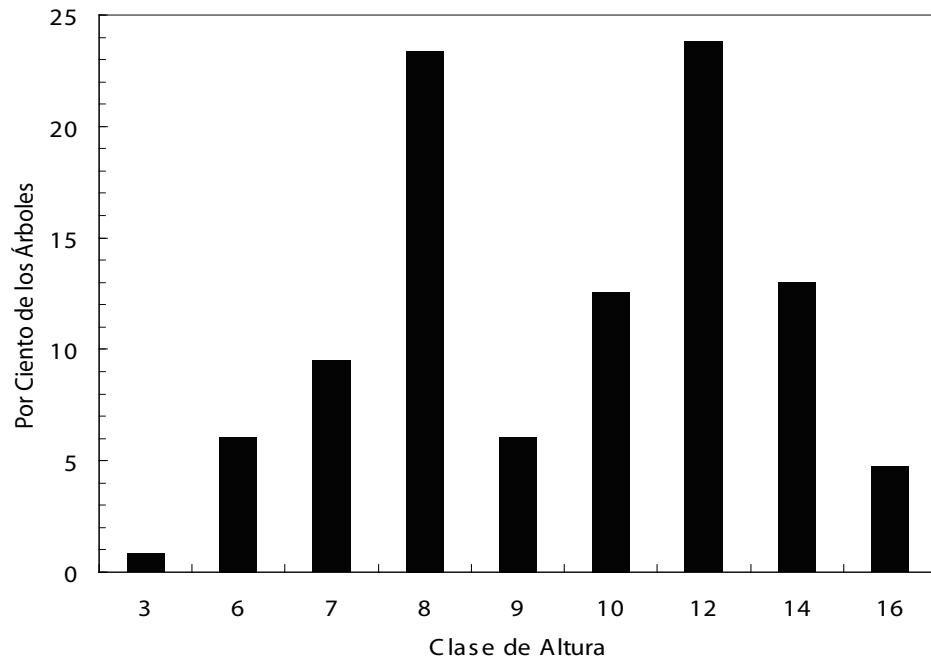


FIGURA 2. Histograma de las alturas de los árboles en el bosque del Parque Central de la Urbanización El Paraíso, Río Piedras, Puerto Rico. Los datos están basados en 232 medidas.

sectores del bosque había alguna acumulación de hojarasca, pero por lo general la capa de hojarasca no estaba desarrollada en este bosque. Visto desde el aire (Fig. 3), la distribución de los árboles forman un dosel cerrado en el extremo sur y en la periferia del parque. El sector central del parque se caracteriza por sus espacios abiertos y un humedal herbáceo.

Crecimiento y Mortalidad

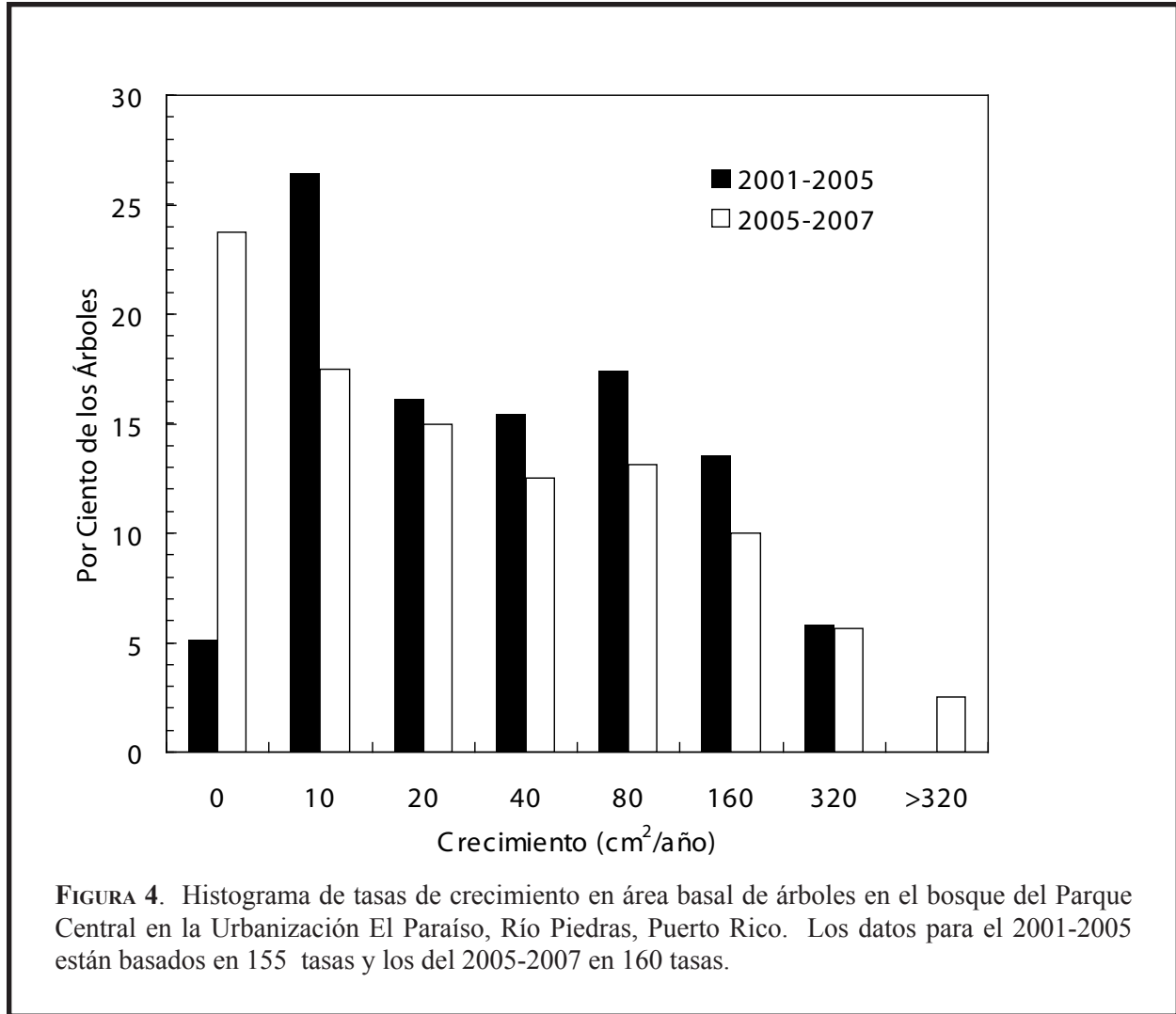
Las tasas promedio de crecimiento en diámetro y área basal fueron, respectivamente para el 2001-2005 y 2005-2007: 1.0 ± 0.1 cm/año ($n = 155$) y 0.8 ± 0.1 cm/año ($n = 155$); y 44 ± 4 cm²/año ($n = 155$) y 45 ± 6 cm²/año ($n = 160$). Casi la mitad de los árboles no crecieron o crecieron muy poco

(< 10 cm²/año) entre el 2001 y 2007 (Fig. 4). Sin embargo, observamos tasas de crecimiento altas (≥ 20 cm²/año) en la otra mitad de los árboles.

Se encontraron 7 individuos muertos en el 2005 y tres en el 2007, lo que equivale a tasas anuales de mortalidad de 1.4 y 1.5 porciento entre el 2001-2005 y el 2005-2007, respectivamente. Las especies que sufrieron mortalidad en el primer intervalo fueron vomitel colorado (*Cordia sebestens*), eucalipto (*Eucalyptus robusta*), almendra (*Terminalia catappa*), palma real y caoba hondureña (*Swietenia macrophylla*). Almendra fue la de mayor mortalidad, ya que 3 individuos de esta especie murieron. En el segundo intervalo murieron árboles de acacia rosada (*Cassia javanica*), guayaba (*Psidium guajava*) y caoba híbrida.



FIGURA 3. Vista aérea del bosque del Parque Central en la Urbanización El Paraíso, Río Piedras, Puerto Rico. La imagen del parque (18°382031' Latitud y 66°06243' Longitud) se obtuvo de Google Earth (<http://w.w.w.flashearth.com>).



DISCUSIÓN

En el bosque urbano de El Parque Central encontramos una gran variedad de especies de diferentes orígenes, la mayor parte introducidas (Tabla 1). Contrario a otros tipos de bosque (nativos o urbanos con regeneración natural) la composición de especies de este bosque la determinaron los residentes que sembraron los árboles. Lo que indica que las especies en el bosque de El Parque Central representan las preferencias de los residentes y/o la disponibilidad de plántulas o semillas en viveros públicos o privados. El resultado es una combinación de especies que normalmente no crecen juntas. Por ejemplo, el ausubo y el guayacán proceden de ambientes opuestos (húmedos y secos, respectivamente). De igual manera, las 28 especies

introducidas incluyen especies que aún no se han naturalizado y por lo tanto sólo crecen en lugares donde reciben ayuda del ser humano para su establecimiento, por ejemplo, laurel benjamín (*Ficus benjamina*) y reina de las flores (*Lagerstroemia speciosa*). Por todo lo anterior, el bosque en El Parque Central de la Urbanización El Paraíso, contiene una combinación única de especies que probablemente no se repita en otro lugar.

La abundancia de la caoba refleja la disponibilidad de esta especie en los viveros de las agencias públicas y privadas que proveen árboles a los residentes. Pero la gran mayoría de las especies en este bosque estaban representadas por pocos individuos sugiriendo que el bosque se diseñó para maximizar la diversidad de especies. El bosque

contiene una especie dominante, varias con Valores de Importancia intermedios y la gran mayoría tienen Valores de Importancia bajos (Tabla 1). Por el alto número de especies en una hectárea (37) el plan tuvo algún éxito ya que los bosques nativos en Puerto Rico acumulan entre 50 y 60 especies por hectárea (Lugo 2005). Por ejemplo, en el estudio del bosque secundario aledaño al Jardín Botánico de Río Piedras, se encontraron 36 especies nativas de 49 especies encontradas en total (Lugo *et al.* 2005a). Por lo tanto, el bosque del Parque Central tiene alta diversidad, aunque el total de especies es menor a lo que ocurre naturalmente. Además, comparado con bosques con regeneración natural en zonas urbanas (Suárez *et al.* 2005, Lugo *et al.* 2005a), la proporción de especies introducidas es mayor en El Parque Central.

En cuanto al desarrollo estructural del bosque del Parque Central, los índices de densidad y área basal son bajos en comparación a lo que se espera en bosques nativos o bosques urbanos con regeneración propia. Esto se debe a la disponibilidad de espacio en El Parque Central. El parque tiene sectores sin árboles (Fig. 3), lo que reduce el valor absoluto de los índices estructurales. Sin embargo, en cuanto a la altura y diámetro de los árboles individuales, no hay diferencia significativa con aquellos en bosques nativos o urbanos con regeneración propia. Tanto el dap y la altura de árboles en El Parque Central (Tabla 1, Figs. 1 y 2) comparan favorablemente con los árboles en bosques nativos de edad similar (Lugo 2005).

El crecimiento en área basal de la mitad de los árboles en El Parque Central es rápido (Fig. 4) y comparable al crecimiento de árboles en bosques en rápido desarrollo (ver Tabla 4 en Lugo *et al.* 2005b). Esto se lo atribuimos a tres factores. Primero al clima óptimo de crecimiento en la zona de vida subtropical húmeda donde ubica el parque y a la disponibilidad de espacio para crecer desde el momento en que se sembraron los árboles en el 1988. Segundo, la edad joven de los árboles, los cuales a los 18 años de edad, están en las etapas óptimas de crecimiento. Finalmente, los árboles de más rápido crecimiento en la Fig. 4, corresponden a los árboles más grandes del bosque los cuales tienen más acceso a los recursos de luz, nutrientes, y agua que los árboles suprimidos bajo el dosel.

Encontramos una relación lineal significativa entre el crecimiento y el área basal del árbol (Crecimiento en $\text{cm}^2/\text{año} = 0.0629 \times \text{área basal en cm}^2 + 7.5822$; $r^2 = 0.74$). La baja tasa de mortalidad (1.5 por ciento por año) refleja la edad temprana y el vigor de los árboles de este bosque.

Antes de establecer el bosque, los suelos de El Parque Central se saturaban de agua durante la época de lluvia con grandes escorrentías hacia las calles de la urbanización durante lluvias intensas. El crecimiento rápido del bosque aumentó la evapotranspiración del predio, lo que eliminó las escorrentías sobre el terreno y ayudó a reducir la saturación del suelo. Además, los residentes reportan aumentos notables en las poblaciones de aves en la urbanización desde que el bosque se estableció en El Parque Central. Ambos eventos, el hidrológico y el biótico, reflejan los servicios ecológicos del bosque urbano.

En resumen, el bosque de El Parque Central es un bosque único en su composición de especies debido a que el establecimiento y la regeneración de la combinación de especies que contiene dependen de la acción de los residentes. Sin esa intervención esta combinación de especies no hubiese sido posible. Tampoco lo es la regeneración de las especies presentes, pues el uso intensivo del parque y la poda periódica evitan la regeneración natural del bosque. Tales actividades humanas sin embargo, no impiden el crecimiento rápido de los árboles, el desarrollo de un dosel alto y cerrado en sectores del parque y la provisión de funciones hidrológicas y bióticas típicas de bosques nativos.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se hizo en colaboración con la Universidad de Puerto Rico y fue parte de proyectos de investigación de estudiantes no-graduados del Departamento de Biología. Agradecemos la ayuda de Ian Freeburg, Gisel Reyes y Mildred Alayón. Los siguientes colegas revisaron el artículo: Ernesto Medina y Frank H. Wadsworth.

BIBLIOGRAFÍA

- Harris, R.W., J.R. Clark y N. P. Matheny. 1999. *Arboriculture*, Third edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- López Marrero, T. d. M. y N. Villanueva Colón. 2006. *Atlas ambiental de Puerto Rico*. Editorial Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, PR.
- Lugo, A.E. 2002. What is an urban forest? Páginas 12-15 *en* T.W. Zimmerman, editor. Proceedings of the 5th annual Caribbean urban forestry conference. University of the Virgin Islands Cooperative Extension Service., St. Croix, U.S.V.I.
- Lugo, A.E. 2005. Los bosques. Páginas 395-548 *en* R.L. Joglar, editor. *Biodiversidad de Puerto Rico. Vertebrados terrestres y ecosistemas*. Editorial del Instituto de Cultura Puertorriqueña, San Juan, PR.
- Lugo, A.E., C. Domínguez Cristóbal y N. Méndez Irizarry. 2005a. Efectos del huracán Georges en la composición de especies y estructura de un bosque secundario en el interior de Puerto Rico. *Acta Científica* 19:41-61.
- Lugo, A.E., C. Dominguez Cristobal y N. Méndez Irizarri. 2005b. Efectos del huracán Georges en el crecimiento de árboles en un bosque secundario en el interior de Puerto Rico. *Acta Científica* 19:23-40.
- Lugo, S., B. Bryan, L. Reyes y A.E. Lugo. 2001. Riparian vegetation of a subtropical urban river. *Acta Científica* 15:59-72.
- Molina, S. y S. Alemañy. 1997. Species codes for the trees of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. USDA Forest Service, Southern Research Station General Technical Report SO 122, Asheville, NC.
- Suárez, A., I. Vicéns y A.E. Lugo. 2005. Composición de especies y estructura del bosque kárstico de San Patricio, Guaynabo, Puerto Rico. *Acta Científica* 19:7-22.