

COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE UN BOSQUE TROPICAL URBANO EN EL KARSO NORTEÑO DE PUERTO RICO

Elliot López Machado^{1*}

*Keyla Soto Hidalgo*²

y

*Tamara Heartsill-Scalley*³

¹Escuela Superior Juan Ponce de León, PO Box 366 Florida Puerto Rico

²Escuela Especializada en Ciencias y Matemáticas University Gardens

Ave. Piñero San Juan 00920 Puerto Rico

³Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, USDA- Forest Service, Río Piedras, Puerto Rico

*Autor contacto: lopezelliotm@yahoo.com

ABSTRACT

Tropical secondary forests provide many products, environmental services, and recreation. These forests have a set of biological features, such as their high productivity and a uniform composition of dominant tree species. To understand the composition and structure of a secondary forest in the northern karst zone, we selected the Santa Ana Environmental Center (CASA by its Spanish acronym), Bayamón, Puerto Rico, in the San Juan metropolitan area. It lies within the subtropical moist forest zone according to the Holdridge classification system (Ewel and Whitmore 1973). The objective of this project was to identify the dominant plant species and to discuss their relationships to other species within the forest by using a conceptual model of ecological interactions. Within the CASA forest, we established a 100 m² plot where we identified each tree to species and measured the diameter at breast height (dbh) and tree height. The species richness was 13, the stem count was 57, and the plot total basal area was 0.2675 m². The most abundant species were the African tulip (*Spathodea campanulata*) and the American muskwood (*Guarea guidonia*). The understory was dominated by these same species. The results showed that both native and introduced species coexist in this secondary urban forest. Tree species may have reached this forest by seed dispersion performed by birds for native species, and by wind for introduced species.

RESUMEN

Los bosques tropicales secundarios proveen muchos productos, servicios forestales y recreación. Estos bosques poseen un conjunto de características biológicas, tales como su alta productividad y una composición uniforme de especies de árboles dominantes. Para entender mejor la composición y estructura de un bosque secundario de la zona del karso norteño, seleccionamos el Centro Ambiental Santa Ana (CASA), en Bayamón, Puerto Rico, en el área metropolitana de San Juan.

Este es parte de la zona de bosque sub-tropical húmedo de acuerdo al sistema de clasificación de Holdridge. El objetivo de este proyecto era identificar las especies de plantas dominantes y discutir sus relaciones con otras especies en el bosque utilizando modelos conceptuales de interacciones ecológicas. En el bosque CASA establecimos una parcela de estudio de 100 m² en la que identificamos cada especie de árbol y medimos su diámetro a la altura de pecho (dap), y la altura. La riqueza de especies fue 13, el número de tallos fue 57, y el área basal total de la parcela fue 0.2675 m². Las especies más abundantes fueron tulipán africano (*Spathodea campanulata*) y guaraguao (*Guarea guidonia*). El sotobosque estaba dominado por las mismas especies. Los resultados muestran que tanto las especies nativas como las introducidas coexisten en este bosque secundario urbano. Las especies arbóreas han alcanzado este bosque por dispersión de semillas por aves en los nativos y por viento en los introducidos.

INTRODUCCIÓN

Los bosques secundarios tropicales se desarrollan naturalmente mediante el proceso de sucesión natural y pasan por diferentes etapas que pueden distinguirse por el predominio de un grupo determinado de plantas (Brown y Lugo 1990). Una vez se abre el dosel en estos bosques, otras especies que requieren luz ya establecidas en el área, aprovechan las mejores condiciones de crecimiento y gradualmente empiezan a dominar (Chinea 2002). Por otro lado, la acumulación de carbono orgánico en el ecosistema promueve el funcionamiento de sumideros de carbono en la vegetación y en suelos (Frangi et al. 2003). Este crecimiento de vegetación secundaria constituye un hábitat apropiado para organismos asociados a los bosques y representa una fuente potencial de recursos madereros (Brown y Lugo 1990).

La recuperación de los bosques después de una perturbación depende del origen de esta ya sea natural o antropogénica, así como del tamaño del área perturbada, y la intensidad y frecuencia de la perturbación (Chadzon 2003). En Puerto Rico los bosques recuperados de pastizales y cafetales abandonados se caracterizan por dominancia de especies. Por ejemplo, en plantaciones de café se utilizaban *Guarea guidonia* (Fig. 1) para proveer sombra. Después que estos terrenos se abandonan, esta especie se establece como dominante (Lugo et

al. 2002). En la zona kárstica, los bosques en recuperación son usualmente dominados por especies introducidas, principalmente el tulipán africano (*Spathodea campanulata* Baev) (Lugo 2004) (Fig. 2). Además, los bosques de la zona kárstica tiene una gran productividad primaria y se regeneran rápidamente luego de un disturbio ya que poseen árboles de rápido crecimiento (Lugo et al. 2002).

Hacia 1940, Puerto Rico experimentó un cambio en su economía de una basada en la agricultura a una de tipo industrial. Esto produjo que muchos de los terrenos agrícolas fueran progresivamente abandonados lo que facilitó la recuperación de la cobertura vegetal y el desarrollo de bosques secundarios (Birdsey y Weaver 1987). En este estudio analizamos la composición y estructura de la vegetación de un bosque tropical urbano ubicado en la zona kárstica. Además, inferiremos sobre las interacciones bióticas entre las especies presentes en este bosque y su medio ambiente. Finalmente, estableceremos la estructura del bosque en términos de las especies dominantes y codominantes.

METODOLOGÍA

Sitio de estudio

El área de estudio seleccionada para llevar a cabo esta investigación fue el Bosque Santa Ana localizado en el Centro Ambiental Santa Ana (CASA), Parque Julio E. Monagas, Bayamón.

FIGURA 1. Árbol de *Guarea guidonia*, guaraguao, cápsulas y semillas. Foto por Elliot López.



FIGURA 2. Árbol de *Spathodea campanulata*, tulipán africano, en flor y recuadro con su semilla. Foto por Elliot López.

Este se clasifica como un bosque secundario húmedo subtropical del Karso Noroeste. Hasta el año 1973 estas tierras fueron utilizadas como base militar del Ejército de los Estados Unidos de América. En ese año el gobierno de los Estados Unidos traspasó las tierras al gobierno del Estado Libre Asociado de Puerto Rico y a partir de esa fecha los terrenos quedaron abandonados. Estos terrenos iniciaron la recuperación de la cobertura vegetal con especies tanto nativas como introducidas. Entre las especies comunes en los bosques localizados en la zona kárstica del norte se encuentran la introducida tulipán africano (*Spathodea campanulata*) y la nativa guaraguao (*Guarea guidonia*) (Lugo 2004).

Usualmente *Spathodea* crece en rodales mono específicos que ocasionalmente son invadidos por otras especies como *Guarea guidonia*. (Francis 1990). El área de distribución natural del tulipán africano se extiende a lo largo de la costa occidental de África y tierra adentro cruzando el centro húmedo del continente hasta el sur de Sudán y Uganda (Francis 1990). Su distribución en Puerto Rico se extiende por las costas, mogotes y regiones montañosas bajas (Little y Wadsworth 1964). Este árbol de flores rojo-naranja es intolerante a la sombra y requiere de luz solar plena para su rápido crecimiento. Debido a su reproducción agresiva por medio de sus pequeñas semillas dispersadas por el viento, el tulipán africano se ha convertido en una especie común en pastizales, en siembras con plantas perennes y en lotes urbanos baldíos (Francis 1990).

Muchas de estas especies introducidas compiten con especies nativas, como *Guarea guidonia*, la cual es frecuente en los rodales de *Spathodea* (Francis y Lowe 2000). Esta especie, localmente conocida como guaraguao, posee unas cápsulas las cuales producen un promedio de tres semillas por cada una (Fig. 1). Investigaciones de recolección de semillas en bosques secundarios en Puerto Rico obtuvieron como resultado más de 2,580 semillas por kilogramo (Francis y Lowe 2000). Otras investigaciones de esta especie identificaron una

tasa de crecimiento en el diámetro a la altura del pecho (dap) de 0.57 cm por año para todas las clases de copa combinadas (Weaver y Birdsey 1990). Su distribución en la Isla se extiende desde costas húmedas hasta las regiones montañosas bajas y de piedra caliza. Es común en las Antillas Mayores y desde Nicaragua hasta el sur de Brasil. En Puerto Rico, las plántulas han demostrado ser resistentes al ataque de insectos. En su etapa adulta el tronco puede alcanzar los 30m de altura y su diámetro puede llegar a medir 1m.

Recolección de datos

En este trabajo se estableció una parcela de 10 m x 10 m (0.01 ha) a una distancia de 5 m hacia el lado sur del camino principal en un área de leve pendiente como se muestra en la figura 3. La misma se dividió en cuadrantes de 5 m x 5 m utilizando brújulas y cintas métricas de 30 m. En cada cuadrante, se midió el dap a 1.3 m (Popper et al. 1999). Los datos de dap ≥ 4 cm se compararon con datos sin publicar recopilados por P. L. Weaver (US Forest Service, IITF; Parcela B, 2007). Cada árbol dentro de la parcela fue identificado con un número único. Los árboles fueron identificados de acuerdo a Little y Wadsworth (1964) y se le asignó un código de vegetación de acuerdo a Taylor (1993). La altura de los árboles (H) fue estimada utilizando clinómetros y usando la fórmula trigonométrica de un triángulo recto (ecuación 1):

$$H = \tan \alpha (d) + \tan \beta (d) \quad (\text{ecuación 1})$$

donde α es el ángulo medido con el clinómetro hasta el tope del árbol, d es la distancia desde el observador hasta el árbol y β es el ángulo medido con el clinómetro hasta la base de las raíces.

Calculamos el área basal (AB) de cada árbol en centímetros cuadrados con la ecuación 2:

$$AB = (\text{dap}/2)^2 \times \pi \quad (\text{ecuación 2})$$

donde dap es el diámetro del árbol a la altura del pecho en cm.

El área basal de la parcela (ABP) en m²/hectárea se calculó según la ecuación 3.

$$ABP = \Sigma(AB/AP) \quad (\text{ecuación 3})$$

donde AB se calcula según la ecuación 2 (pero expresada en metros cuadrados) para cada uno de los árboles de la parcela y AP es área de la parcela en hectáreas.

El área basal de cada especie (ABE) en m²/hectárea se calculó según la ecuación 4.

$$ABE = \Sigma(ABe/AP) \quad (\text{ecuación 4})$$

donde ΣABe es la sumatoria de las áreas basales de todos los árboles de la misma especie en metros cuadrados y AP es área de la parcela en hectáreas.

Se calculó el porcentaje de área basal relativa de la especie (ABRE) según la ecuación 5.

$$ABRE = 100 * ABE/ABP \quad (\text{ecuación 5})$$

La densidad de árboles (DA) en la parcela fue calculada en # tallos/ha, dividiendo la cantidad

de tallos (T) por el área de la parcela (AP) según la ecuación 6.

$$DA = T/AP \quad (\text{ecuación 6})$$

La densidad relativa de los árboles de cada especie (DRAE) en # tallos/ha, se determinó dividiendo el número de tallos de esa especie (Te) entre el área de la parcela (AP) según la ecuación 7.

$$DRAE = Te/AP \quad (\text{ecuación 7})$$

En este trabajo, la DRAE se expresó en porcentaje dividiendo el # de tallos de las especies dominantes entre el #de tallos totales en la parcela.

RESULTADOS

Durante el estudio, se encontraron un total de 13 especies de árboles. De estas, más del 75% fueron especies nativas y el 7.7% corresponde a la introducida (Apéndice 1). Sin embargo, la más abundante fue una introducida, *Spathodea*, seguida por la especie nativa *Guarea*

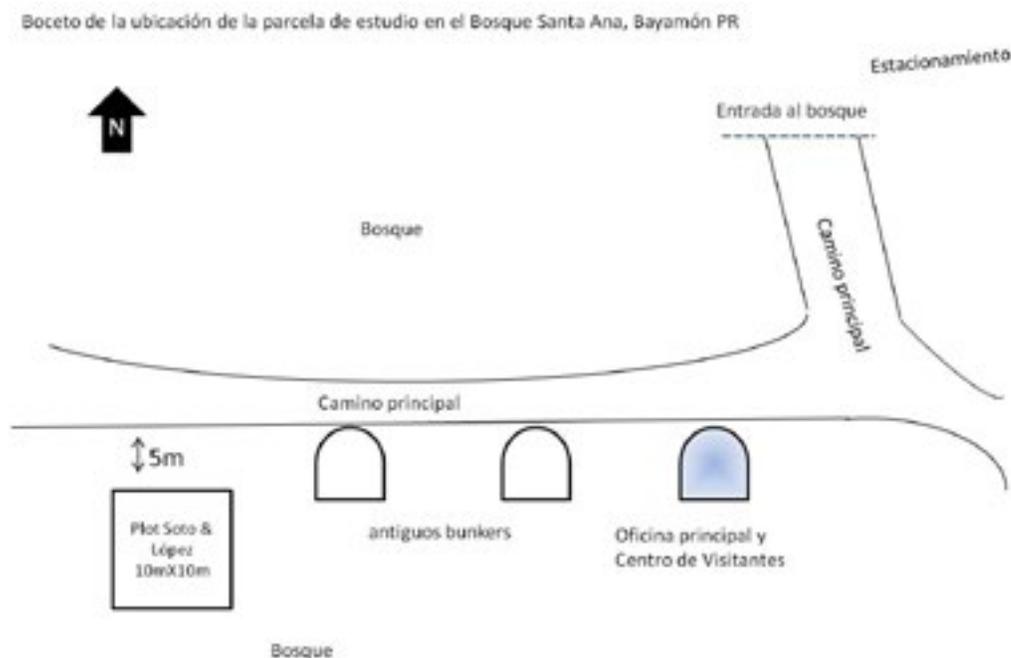


FIGURA 3. Boceto de la ubicación de la parcela de estudio en el Bosque Santa Ana, Bayamón, Puerto Rico.

APÉNDICE 1. Medidas de los diámetros a la altura de pecho (dap) para cada uno de los tallos y las alturas de algunos de ellos identificados en la parcela de estudio López, Soto y Heartsill, en el bosque Santa Ana Bayamón recopilados en junio 2008.

Núm. Registro	Código Especie	Especie	Nativo (N) Introducida (E)	dap (cm)	Alturas (m)
1	GUAGUI	<i>Guarea guidonia</i>	N	7	7.9
2	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	5.4	-
3	CALCAL	<i>Calophyllum calaba</i>	N	1.8	-
4	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	8.9	-
5	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	13.3	11.4
6	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	6.3	-
7	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	2.1	-
8	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	3.2	-
9	LEGUM	leguminosa	-	16.1	-
10	LEGUM	leguminosa	-	17.3	-
11	CUPAME	<i>Cupania americana</i>	N	4	4.3
12	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	6.1	-
13	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	9.6	-
14	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	33.1	15.2
15	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	1.4	-
16	TABHET	<i>Tabebuia heterophylla</i>	N	4.6	-
17	DENARB	<i>Dendropanax arboreus</i>	N	1	-
18	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	4.6	-
19	CHRARG	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	N	2.6	-
20	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	4.7	5.8
21	HURCRE	<i>Hura crepitans</i>	N	7.4	-
22	GUAGUI	<i>Guarea guidonia</i>	N	4.2	-
23	GUAGUI	<i>Guarea guidonia</i>	N	3	-
24	CUPAME	<i>Cupania americana</i>	N	5.4	6.3
25	DENARB	<i>Dendropanax arboreus</i>	N	8	-
26	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	4.8	6.0
27	CASSYL	<i>Casearia sylvetris</i>	N	6.9	-
28	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	4.8	-
29	CHRARG	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	N	3.9	-
30	GUAGUI	<i>Guarea guidonia</i>	N	2.5	-
31	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	11.25	-
32	HURCRE	<i>Hura crepitans</i>	N	8.6	-
33	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	2.8	6.3
34	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	5	6.3
35	GUAGUI	<i>Guarea guidonia</i>	N	2.9	3.6
36	GUAGUI	<i>Guarea guidonia</i>	N	2.7	3.5
37	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	5.4	9.4

APÉNDICE 1. Medidas de los diámetros a la altura de pecho (dap) para cada uno de los tallos y las alturas de algunos de ellos identificados en la parcela de estudio López, Soto y Heartsill, en el bosque Santa Ana Bayamón recopilados en junio 2008 (continuación).

Núm. Registro	Código Especie	Especie	Nativo (N)		Alturas (m)
			Introducida (E)	dap (cm)	
38	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	5.3	9.5
39	GUAGUI	<i>Guarea guidonia</i>	N	3.9	3.7
40	DRYGLA	<i>Dripetes glauca</i>	N	5.1	-
41	MAGA	<i>Thespesia grandiflora</i>	N	11.9	-
42	CUPAME	<i>Cupania americana</i>	N	4.4	-
43	GUAGUI	<i>Guarea guidonia</i>	N	4.3	-
44	GUAGUI	<i>Guarea guidonia</i>	N	6.3	-
45	GUAGUI	<i>Guarea guidonia</i>	N	2.4	-
46	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	7.9	7.1
47	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	2	-
48	GUAGUI	<i>Guarea guidonia</i>	N	1.5	-
49	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	6.5	6.9
50	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	4.5	-
51	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	3.9	-
52	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	3.8	-
53	SPACAM	<i>Spathodea campanulata</i>	E	8.5	13.2
54	TABHET	<i>Tabebuia heterophylla</i>	N	3.8	7.5
55	DENARB	<i>Dendropanax arboreus</i>	N	3.6	-
56	DESC	<i>Desconocido</i>	-	4	-
57	DESC	<i>Desconocido</i>	-	2.1	-

TABLA 1. Cantidad de individuos de las especies dominantes por clase diamétrica, reportados en la parcela de 10 m² en el Bosque Santa Ana, Bayamón, Puerto Rico. El diámetro a la altura del pecho = dap.

dap (cm)	Especie	
	<i>Spathodea campanulata</i>	<i>Guarea guidonia</i>
1 - 3.99	7	7
4 - 9.99	16	4
≥10	3	0

(Fig. 4). De estas dos especies el mayor porcentaje en densidad relativa de tallos fue *Spathodea* (Fig. 5) con un 46%. El porcentaje de área basal relativa de la especie introducida fue mayor (Fig. 6), resultando en un 61.7% versus un 5.25% para la especie nativa.

Según se observa en la Tabla 1, entre los tallos de diámetros entre 1cm y 3.99 cm en el sotobosque hay una proporción de 1 a 1 entre estas especies dominantes. Sin embargo, en la categoría de diámetros ≥ 4 cm vemos que *Spathodea* supera a *Guarea* a razón de 4 a 1. En los diámetros mayores de 10 cm, no hay individuos de *Guarea* presentes en la parcela.

La composición y estructura vegetal es la base de las interacciones que ocurren en el bosque. Previo a la investigación preparamos un modelo conceptual para ilustrar las interacciones que inferimos que deben ocurrir en CASA (Fig. 7). En ese modelo incluimos 17 especies de organismos, 3 factores abióticos y 20 interacciones. Se utilizaron flechas con un círculo en la cola para identificar que el organismo en ese extremo experimenta un efecto negativo o pérdida de energía y el organismo señalado con la punta de la flecha experimenta un efecto positivo o ganancia de energía. Al finalizar las experiencias de campo de nuestra investigación preparamos un nuevo modelo

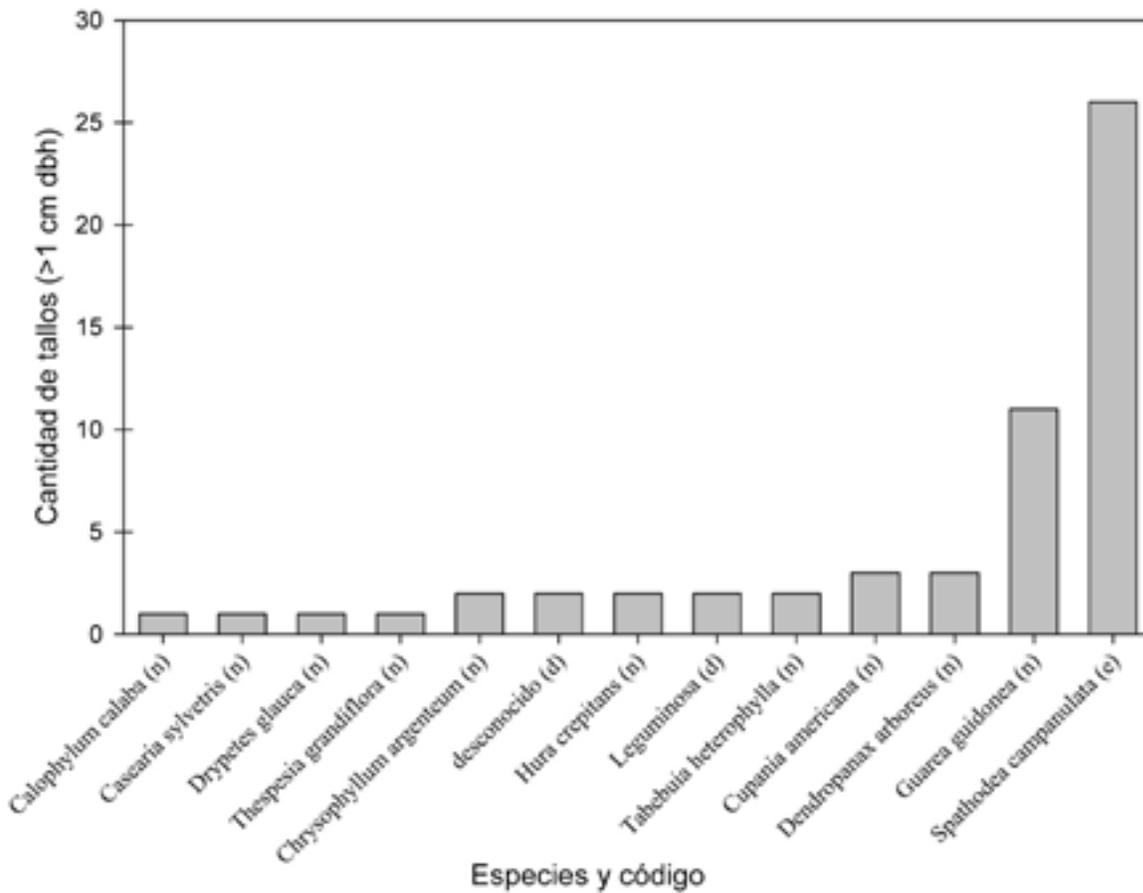


FIGURA 4. Cantidad de tallos por cada especie encontrada, Bosque Santa Ana, Bayamón, Puerto Rico. (n) = nativa (e) = introducida (d) = desconocida.

FIGURA 5. Densidad relativa de tallos de tulipán africano (*Spathodea campanulata*) y guaraguao (*Guarea guidonia*) en la parcela de estudio.

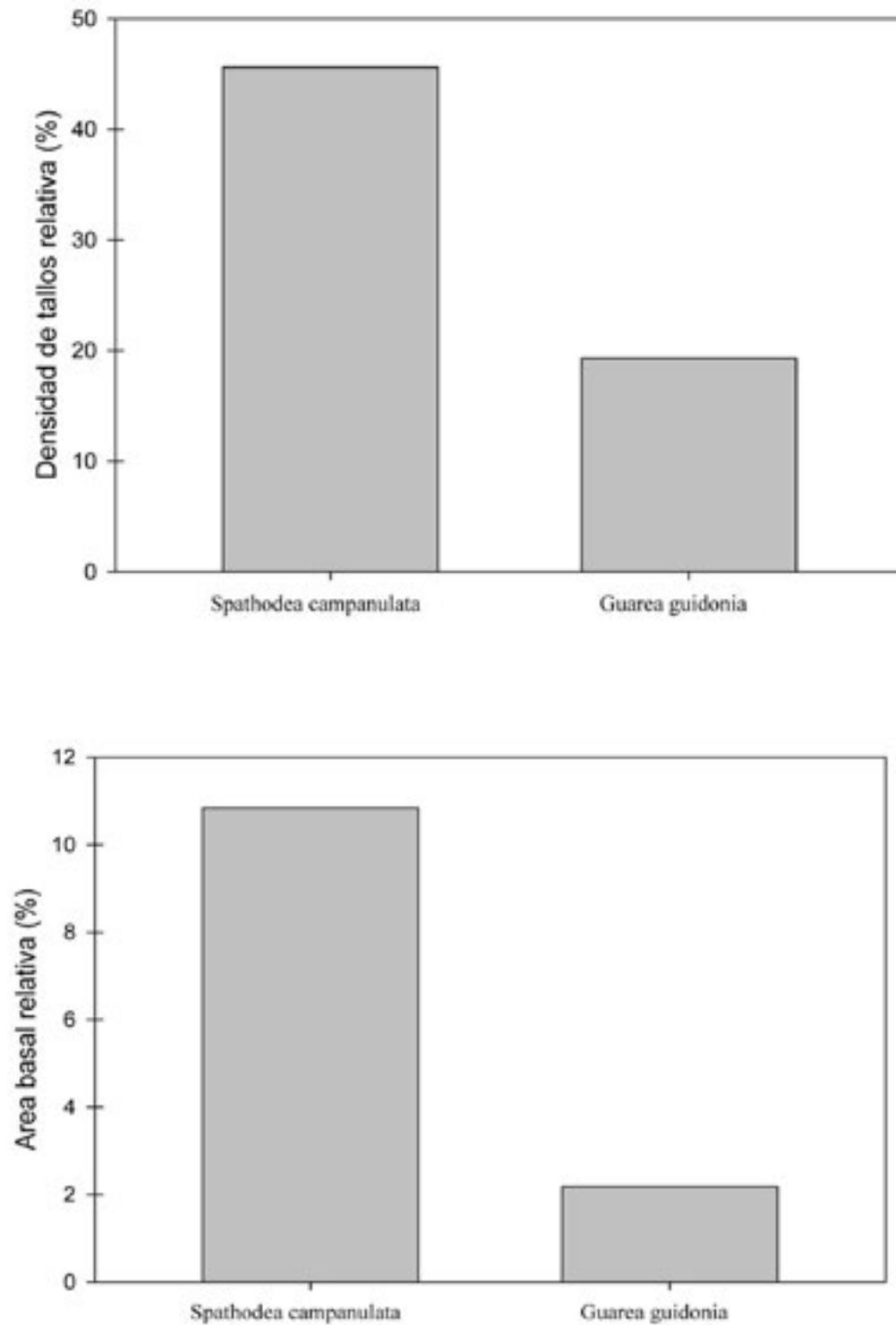
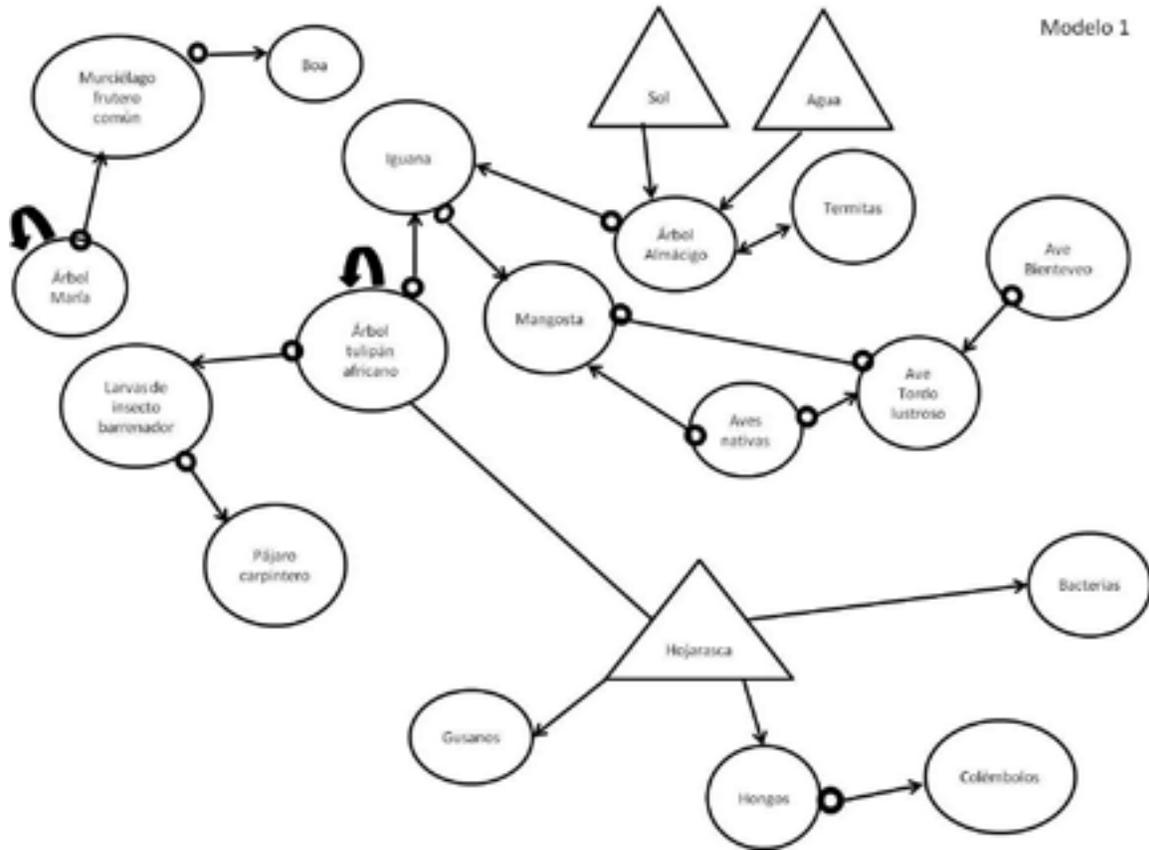


FIGURA 6. Área basal relativa de tallos de tulipán africano (*Spathodea campanulata*) y guaragua (*Guarea guidonia*) en la parcela de estudio.

FIGURA 7. Modelo conceptual de las relaciones tróficas entre la vegetación y el ecosistema del Bosque Santa Ana desarrollado al inicio del taller de inmersión.



conceptual basado en la observación científica y no en la inferencia. El nuevo modelo (Fig. 8) ilustra 27 especies, 4 factores abióticos sobre 40 interacciones.

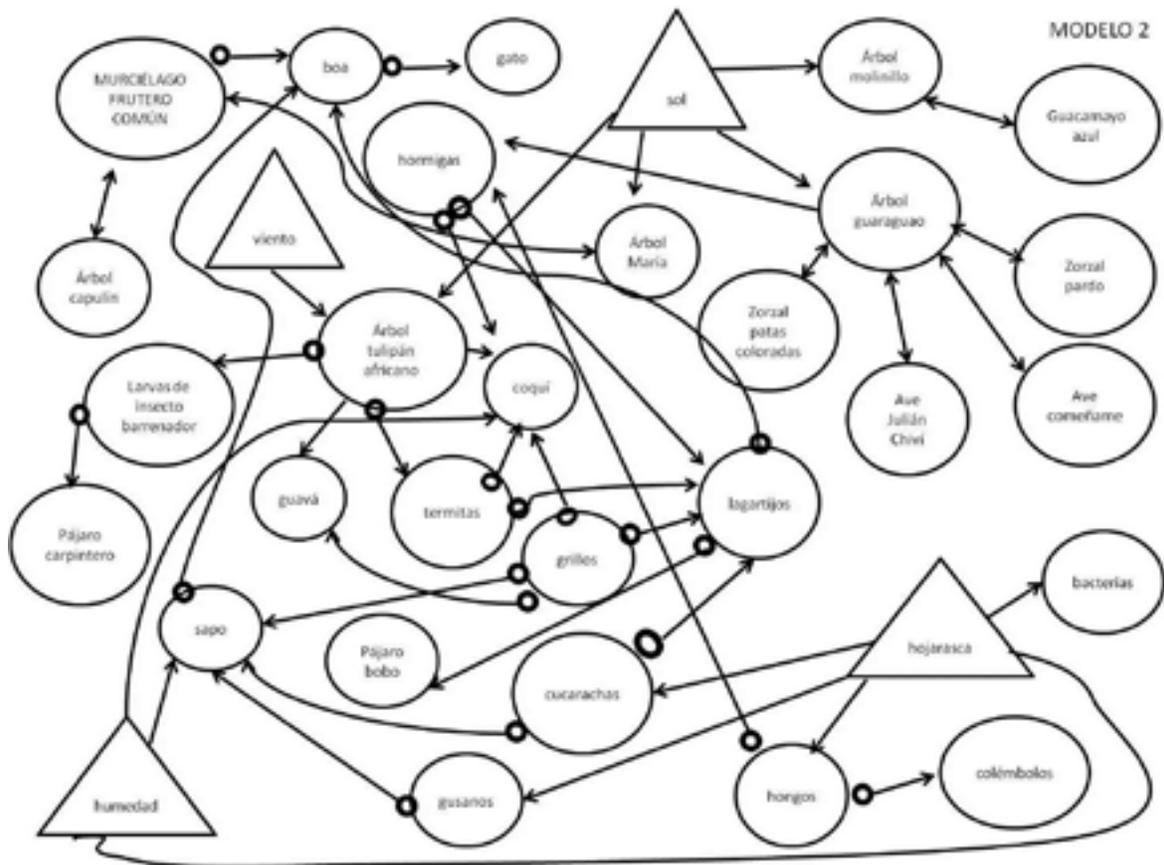
DISCUSIÓN

La diferencia en número de individuos por clase diamétrica en nuestra parcela de estudio puede estar relacionada a la capacidad de regeneración de *Spathodea*, ya sea por sus abundantes semillas o por brotes de raíces partidas expuestas a la luz (Little y Wadsworth 1964). Esta evidencia demuestra que esta especie introducida es muy eficiente en términos de su capacidad de resiliencia.

En un estudio llevado a cabo en este mismo bosque en una parcela más grande (400 m²),

Weaver (2007) encontró en la categoría de diámetros entre 4 cm y 9.9 cm una estructura de tallos opuesta a la nuestra. Mientras que en la parcela de nuestro estudio *Spathodea* tiene más tallos que *Guarea* en el sotobosque, en la parcela de Weaver (2007) *Guarea* tiene el doble del número de tallos de *Spathodea*. El resultado nos indica que en la parcela de Weaver (2007) hay más individuos adultos de *Spathodea* y menos individuos jóvenes reemplazándose bajo su propio dosel. Esto puede interpretarse como una evidencia de modificación del ambiente dominado por *Spathodea* que facilita el que otras especies, en este caso nativas, puedan regenerarse. En un estudio realizado en bosques secundarios de los municipios Ciales, Carite, Luquillo y Utuado se encontró que los bosques más jóvenes en su mayoría estaban dominados por *S. campanulata* y los más maduros por otras

FIGURA 8. Modelo conceptual de las relaciones tróficas entre la vegetación y el ecosistema del Bosque Santa Ana desarrollado al final del taller de inmersión.



especies entre estas *G. guidonia* (Lomascolo y Aide 2001).

Tomando en consideración los hallazgos anteriores, podemos desarrollar nuevas investigaciones para identificar parchos de bosque que estén en diferentes etapas de sucesión. Interpretando los diámetros, la parcela de nuestro estudio parece ser un parcho más reciente que la parcela de Weaver (2007) donde la composición del sotobosque es diferente a la del dosel. Si estas diferencias en el sotobosque y dosel del bosque son realmente reflejo de la edad del parcho de bosque o de etapas de sucesión se pueden usar como modelo para estudiar otros procesos e interacciones en este ecosistema. Deben poder observarse cambios en composición y abundancia de otras especies

de vegetación, hongos, artrópodos y otra fauna que mantienen relaciones de interdependencia a través de diferentes etapas de sucesión en los estos parchos de bosque ya identificados y poderse señalar las relaciones entre estos.

Composición de vegetación y la red trófica

Un aspecto importante de la composición vegetal del bosque es su rol en las redes tróficas. En la parcela de estudio la razón de especies por unidad de área es de 0.13 especies por metro cuadrado. Mientras la sucesión avanza aparecen nuevas especies y las redes tróficas se pueden hacer más complejas. En nuestros modelos conceptuales las interacciones se multiplicaron a medida que identificamos que la variedad de productores que posee este bosque permite el

desarrollo de nuevas y variadas poblaciones de consumidores. Podemos observar que una de las formas en que se regulan las comunidades de este bosque es mediante relaciones de interdependencia que aumentan debido al aumento en la biomasa vegetal. En este tipo de interacción se observa que el flujo de energía es desde los autótrofos hacia los consumidores primarios o herbívoros. Esta regulación está limitada por la vegetación y puede describirse de tipo de abajo hacia arriba, o “*bottom-up*” como se conoce en inglés (Smith y Smith 2000). En esta regulación la vegetación disponible como alimento es el factor limitante para el establecimiento y aumento o disminución de poblaciones de sus consumidores. Por ejemplo, las especies arbóreas como *Cupannia americana*, *Spathodea campanulata* y *Hura crepitans*, se consideran maderas blandas que son fuente de energía para las termitas, polillas y otros artrópodos. Otros insectos y también los murciélagos fruteros utilizan las flores y parte de los frutos de este bosque. Otras especies arbóreas identificadas en el estudio son *Guarea guidonia*, *Chrysophillum argenteum*, y *Casearia sylvestris*. Estas son de madera dura y producen semillas y frutos que sirven de alimento para aves. En el caso particular de la fruta de *Guarea guidonia* esta constituye el 85% de la dieta del Comeñame de Puerto Rico (*Lixigilla portoricensis*). Otras aves que consumen altas cantidades de esta fruta son el Zorzal Pardo (*Margarops fuscatus*), el Julián Chiví (*Vireo altiloquous*) y el Zorzal de Patas Coloradas (*Turdus plumbeus*) (Carlo et al. 2003). Estos hallazgos evidencian la relación de interdependencia de alimento y dispersores de semillas como el Comeñame y el Zorzal de Patas Coloradas. Existen dos especies arbóreas, *Dendropanax arboreum* y *Hura crepitans*, que resultan beneficiadas por el murciélago común, *Artibeus jamaicensis*. Este murciélago suele alimentarse de las flores de *H. crepitans* y así facilita el proceso de polinización. En el caso de *D. arboreus*, se alimenta de la piel y la pulpa de la fruta permitiendo así la dispersión de semillas (Ortega y Castro 2001).

Como ya hemos dicho, la variedad de árboles atrae herbívoros. Estas poblaciones de consumidores primarios van a ser reguladas por depredadores. Hairston (1960) en su trabajo titulado: “*Community structure, population control and competition*”, señala que en la naturaleza las poblaciones de herbívoros se controlan por la depredación. En este bosque observamos que el Pájaro Bobo Mayor (*Coccyzus vieilloti*) está asociado a la depredación de artrópodos. El árbol dominante *Spathodea* comúnmente contiene larvas de escarabajos en madera muerta. Estos nuevos organismos en el árbol son a su vez el recurso energético para lagartijos como *Anolis krugi* y *Anolis cristatellus*. En esta cadena alimentaria los anolis son presa de aves como el Pitirre (*Tyrannus dominicensis*) y el Bobo Mayor. Otra ave, el Carpintero de Puerto Rico (*Melanerpes portoricensis*), se alimenta de larvas de la variedad de insectos presentes en los troncos. Estas relaciones nos permiten observar que el método por el cuál en la naturaleza se regulan las poblaciones de herbívoros es la depredación. A este tipo de regulación se le identifica como regulación de arriba hacia abajo, en inglés “*top-down*”. En este tipo de regulación el número de depredadores es responsable de la disminución o el aumento de las poblaciones de consumidores de plantas. Aplicándolo a nuestros modelos, si el número de aves insectívoras aumenta, entonces las poblaciones de insectos de la madera pueden reducirse y aumentaría la cantidad de biomasa vegetal libre de insectos. Por el contrario, si el número de estas aves se reduce, el número de herbívoros aumentaría, entonces ocurriría mayor consumo de plantas y como resultados una reducción notable en la biomasa vegetal saludable.

CONCLUSIÓN

Se demostró que la composición de una parcela en el Bosque Santa Ana está dominada por una combinación de árboles nativos e introducidos. Los resultados del estudio demuestran que la especie introducida tulipán

africano (*Spathodea campanulata*) es la que domina en este bosque secundario. Los datos de densidad relativa y altura de esta especie comparados con los de guaraguao (*Guarea guidonia*) reflejan que probablemente el tulipán africano ayuda al desarrollo de condiciones óptimas para el establecimiento y reproducción de especies nativas como el guaraguao. Nuestros resultados demuestran que tanto árboles nativos, dispersados por aves, como árboles introducidas, dispersados por viento coexisten en este bosque secundario urbano.

Recordemos que nuestro estudio se realizó en un bosque secundario de la zona metropolitana y del cual aún no hay suficiente investigación publicada. El efecto del urbanismo de la periferia del bosque puede afectar las poblaciones y con esto las interacciones. Actividades antropogénicas tales como la deforestación de áreas cercanas, pueden provocar la migración de organismos hacia el bosque y aumentar la competencia por alimento y hábitat. El uso de pesticidas en la zona industrial aledaña puede causar la reducción de insectos polinizadores o que son eslabones importantes en las cadenas alimentarias de otros organismos. El efecto de la práctica del ciclismo de montaña en los terrenos del bosque es otro factor que afecta directamente este lugar y debe tomarse en cuenta en futuras investigaciones. Otros factores que pueden alterar homeostasis de este ecosistema y deben documentarse a largo plazo son: el efecto de huracanes (anteriores y en el futuro), los cambios en las temperaturas en el área geográfica y en el interior del bosque, índice de calidad del aire, patrones de precipitación y de humedad.

Sugerencias para futuras investigaciones

Durante la investigación experimentamos algunas dificultades. Resulta muy difícil medir alturas utilizando clinómetros en bosques tropicales con doseles muy cerrados. Muchas veces las ramas de los árboles se entrecruzan y es difícil distinguir las ramas más altas de

una especie en particular. Es importante que al trabajar esta actividad con estudiantes se observe que las mediciones y el registro de datos sean precisos. Esto ayudará a continuar las investigaciones a largo plazo. Se debe estar atento a utilizar las escalas correctas de los instrumentos, especialmente con las cintas de medir diámetros y distancias, además de fijar bien la medición de diámetro a la altura correcta de 1.3 m, o la altura que sea seleccionada previo a comenzar las mediciones. Es importante que se establezca el diámetro mínimo de acuerdo al propósito de la investigación. Sugerimos utilizar dap entre 2.0 cm y 3.99 cm para estudiar los brinzales y ≥ 4 cm para los árboles, como lo hicieron Popper et al. (1999) en dos bosques secundarios de la zona central de la isla. Nosotros decidimos medir desde 2 cm para poder determinar crecimiento en futuras investigaciones.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Peter L. Weaver por suministrar sus datos y mapas de las parcelas. Al historiador Carlos Domínguez Cristóbal por compartir sus conocimientos sobre el área de estudio. También al equipo de profesores del proyecto Ecoplexity en Puerto Rico, la Dra. María Fernanda Berberena y el Dr. Jorge Ortiz. Esta investigación fue realizada como parte del Proyecto PR-TEC, administrado por la ALaCIMA en la Universidad de Puerto Rico-Recinto de Río Piedras y subvencionada por la Fundación Nacional de Ciencias (NSF ESIE # 00554379).

LITERATURA CITADA

- Birdsey, R. A. y P. L. Weaver. 1987. Forest area trends in Puerto Rico. Research Note SO-331, USFS Southern Forest Experiment Station. February 1987.
- Brown, S. y A. Lugo. 1990. Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology* 6(1):1-32.

- Carlo, T., J. Collazo, y M. Groom. 2003. Avian fruit preferences across a Puerto Rican forested landscape: pattern consistency and implications for seed removal. *Oecologia* 134:119-131.
- Chadzon, R. L. 2003. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6(1-2):51-71.
- Chinae, J. D. 2002. Tropical forest succession on abandoned farms in the Humacao Municipality of eastern Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 167:195-207.
- Ewel, J. J. y J. L. Whitmore. 1973. The ecological life zones of Puerto Rico and the US Virgin Islands. US Forest Service. Research Paper ITF-18. Río Piedras, P.R. 72 p.
- Francis, J. K. 1990. *Spathodea campanulata* Beauv. African tulip tree. SO-ITF-SM-32. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- Francis, J. K. y C. A. Lowe. 2000. Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. General Technical Report IITF-15. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, San Juan, Puerto Rico, USA.
- Frangi, J. L., M. F. Arturi, J. F. Goya, F. Vaccaro, N. J. Oliveri, y G. A. Piccolo. 2003. Lineamientos para el manejo de capueras en el centro en el centro sur de Misiones. INTA Ediciones. Publicaciones Regionales, Boletín Técnico No. 5, 39 p. Cerro Azul, Misiones.
- Little, E. L., Jr., y F. H. Wadsworth. 1964. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Agriculture Handbook 249. USDA, Forest Service. Washington, DC, USA.
- Lomascolo, T. y M. Aide. 2001. Seed and seedling bank dynamics in secondary forests following Hurricane Georges in Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science* 37(3-4):259-270.
- Lugo, A. E., F. N. Scatena, W. L. Silver, M. S. Colón, y P. G. Murphy. 2002. Resilience of tropical wet and dry forests in Puerto Rico. Pages 195-225 in (Gunderson, L. H., Jr., Pritchard, editors). Resilience and behavior of large-scale systems. SCOPE Report 60.
- Lugo, A. E. 2004. The outcome of alien tree invasions in Puerto Rico. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2:265-273.
- Ortega, J. y I. Castro-Arellano. 2001. *Artibeus jamaicensis*. *Mammalian Species* 662:1-9.
- Popper, N., C. Domínguez Cristóbal, A. Santos et al. 1999. A comparison of two secondary forests in the coffee zone central Puerto Rico. *Acta Científica* 13(1-3):27-41.
- Smith, R. L. y T. M. Smith. 2000. Ecology and field biology. Sixth edition. Benjamin Cummings, San Francisco, California, USA.
- Taylor, C. 1993. El Verde plant name codes. Luquillo Long Term Ecological Research, <http://luq.lter.edu/data/treecode> el 24 de junio de 2008.
- Weaver, P. L. y R. A. Birdsey. 1990. Growth of secondary forest in Puerto Rico between 1980 and 1985. *Turrialba* 40:12-22.
- Weaver, P. L. 2007. Unpublished report and personal communication. [see acknowledgements].