ACTA CIENTÍFICA

ASOCIACIÓN DE MAESTROS DE CIENCIA DE PUERTO RICO

ISSN. 1940-1148

VOL. 22 NÚM. 1-3, 2008

Acta Científica

ASOCIACIÓN DE MAESTROS DE CIENCIA DE PUERTO RICO

Editor
Ariel E. Lugo

Editor de producción
Evelyn Pagán

Oficial administrativo
Mildred Alayón

Lectores
Gisel Reyes
Jorge Morales

ACTA CIENTíFICA es la revista multidisciplinaria de la Asociación de Maestros de Ciencia de Puerto Rico. **ACTA** considera para su publicación, trabajos originales en cualquier área de la ciencia, a saber, física, química, bioquímica, zoología, botánica, ecología, biomédica, medicina, ciencias terrestres, ciencias atmosféricas, psicología del comportamiento, tecnología farmacéutica o matemáticas. Un *artículo* describe un estudio completo y definitivo. Una *nota* es un proyecto completo, pero más corto, que se refiere a hallazgos originales o importantes modificaciones de técnicas ya descritas. Un *ensayo* trata aspectos relacionados con la ciencia, pero no está basado en resultados experimentales originales. Una *revisión* es un artículo que comenta la literatura más reciente sobre un tema especializado.

Los manuscritos deben ser enviados en triplicado al Editor, quien los someterá a revisión crítica de revisores en área de ciencia concernida. La aceptación de trabajos debe ser escritos en español e inglés. El requisito de manuscritos enviados para publicación que el mismo no es ni ha sido presentado a otra revista científica. Contribuciones a la revista deberán ser dirigidas al Editor.

Ariel E. Lugo
Editor Acta Científica
Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Servicio Forestal
Jardín Botánico Sur
1201 Calle Ceiba
Río Piedras, Puerto Rico 00926-1115

Para asegurar la consideración de su manuscrito, se aconseja prepararlo de acuerdo a las siguientes INSTRUCCIONES PARA AUTORES:

- Los trabajos deben ir acompañados de un resumen en español y un abstract en inglés, escrito a doble espacio y en hojas separadas, encabezadas por el título completo del trabajo traducido al español y al inglés en cada caso. El título debe ser informativo y corto, generalmente no más de 12 palabras. El autor debe indicar un título más breve (no más de 40 letras), en el mismo idioma del trabajo, para ser utilizado como encabezamiento de cada página (*running head*).

- Las figuras y las fotografías deben identificarse en el reverso a lápiz con el número que le corresponde, el nombre del primer autor y título del trabajo. Debe presentarse una lista de figuras junto con las leyendas de cada una, mecanografiadas a doble espacio en hojas separadas del artículo.

- Las tablas deben: mecanografiarse a doble espacio, presentarse cada tabla en hojas separadas, consecutivamente, tener un título breve, y ser precisas. No deben repetir material en tablas y en figuras.

- Los autores deben usar el sistema métrico para sus medidas. Consúltese el Sistema Internacional de Unidades (SI) como guía en la conversión de sus medidas. Al redactar texto y preparar figuras, nótese que el sistema internacional de unidades requiere: (1) el uso de términos masa o fuerza en vez de peso; (2) cuando una unidad es expresada en denominador, se debe utilizar el sólido (g.g., g/m^2); para dos o más unidades en un denominador, use el sólido y un decimal (e.g., g/m^2 .d); y, (3) use la "L" como el símbolo de litro.

- Compagine las partes de su manuscritos en este orden: página de título, resumen, texto, agradecimiento, literatura citada, anejos, tablas, leyendas de figuras, y figuras: Enumere todas las páginas.

En general recomendamos a los autores acompañar el texto del trabajo con una lista de todos los anejos, figuras, fotografías, tablas, etc.

ACTA proveerá 25 separatas de cada artículo libre de costo. El autor principal recibirá las separatas y podrá ordenar copias adicionales al momento de devolver las pruebas de galeras.

El editor es responsable de los comentarios y editoriales que aparezcan sin firma. Las opiniones expresadas no son necesariamente aquellas de la Asociación dc Maestros de Ciencia de Puerto Rico, ni obligan a sus miembros. Los lectores están cordialmente invitados a expresar sus opiniones en la sección Cartas al Editor. Esta revista no tiene propósitos comerciales y no produce beneficio económico alguno a sus editores.

PORTADA

La portada es un fotomontaje de la diversidad de organismos del suelo (microartrópodos) colectados en un bosque novedoso de *Castilla elastica* por estudiantes de AlACiMa durante un campamento de verano en la Reserva Natural El Tallonal, Arecibo, PR. María M. Rivera Costa, del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical preparó este montaje y reporta los resultados del estudio en este número de **Acta**.

ASOCIACIÓN DE MAESTROS DE CIENCIA DE PUERTO RICO
JUNTA DE DIRECTORES 2009-2010

Presidente	Dr. Ricardo J. Morales
Presidente electo	Carlos Ayarza
Presidenta saliente	Profa. Egda Morales
Secretariao	Prof. Daniel Vázquez
Secretaria ejecutiva	Laura Ortiz
Tesorera	Myrna Labrador
Subtesorero	Elliot Velázquez

REPRESENTANTES DE CAPÍTULOS REGIONALES

Arecibo	Profa. Mayra Colón
Bayamón	Profa. Carmen G. Martínez
Humacao	Aquila Lebrón

MIEMBRO EX-OFICIO

COLABORADORES
Profa. Nilda Doris Ramos

ASESOR
Dr. Ariel E. Lugo
Profa. Carmen Varela

Para comunicarse con la Asociación de Maestros de Ciencia o subscribirse a Acta Científica comuníquese con:

Asociación de Maestros de Ciencia
PO Box 362007
San Juan, Puerto Rico 00936-2007

EDITORIAL

La transformación de Puerto Rico de una sociedad agrícola a una industrial y luego urbana es del conocimiento de todos por el efecto que esta transformación tuvo sobre la economía del país. Menos conocida es la transformación ecológica que experimentó la isla durante ese mismo periodo de tiempo. La transformación ecológica se debió a los cambios en su cobertura terrestre a consecuencia del abandono masivo de las tierras agrícolas que comenzó aproximadamente en la década del 60 y que aceleró durante las décadas subsiguientes. Este abandono de terrenos agrícolas desencadenó una reforestación natural que llevó a la isla de aproximadamente 10 por ciento de cobertura forestal al aproximadamente 60 por ciento que tenemos hoy. Sorpresivamente la composición de especies de los bosques que emergieron naturalmente después del abandono agrícola es distinta a la de los bosques nativos que originalmente fueron deforestados. A estos nuevos bosques se les denomina bosques novedosos porque su composición de especies es novedosa. Están compuestos por una mezcla de especies nativas e introducidas. El gran reto a los ecólogos de Puerto Rico es estudiar y entender las funciones ecológicas de estos bosques novedosos. **Acta Científica** ha publicado artículos sobre estos bosques en el pasado y este número sigue esa tradición con cuatro artículos que se originaron en un campamento de verano del programa de la Universidad de Puerto Rico Alianza para el Aprendizaje de Ciencias y Matemáticas (AlACiMa). El programa AlACiMa enfocaba su atención en estudiantes talentosos de las escuelas públicas de Puerto Rico. Desafortunadamente ya el programa concluyó, pero su influencia sobre la ciencia continuará por algún tiempo con los trabajos de estos estudiantes tan maravillosos.

Ariel E. Lugo
Editor

Acta Científica 22(1-3), 3-11, 2008

DENSIDAD DE ARTRÓPODOS ACTIVOS EN LA SUPERFICIE DEL SUELO DE UN BOSQUE NOVEDOSO DE *Castilla elastica*

María M. Rivera Costa[1], Ariel E. Lugo[1] y Shalom V. Vázquez[2, 3]
[1]Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1115
[2]Alianza para el Aprendizaje de Ciencias y Matemáticas
Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico
[3]Escuela Superior Papa Juan XXIII, Bayamón, Puerto Rico

RESUMEN

Durante el mes de junio del 2008 coleccionamos artrópodos activos en la superficie del suelo en un bosque de *Castilla elastica* localizado en el carso del norte, Reserva El Tallonal en Arecibo, Puerto Rico. En cada una de 4 parcelas de 10 m x 10 m se ubicaron 3 trampas de caída libre distribuidas aleatoriamente. Las trampas permitían el paso de organismos menores a 5 mm de ancho y permanecieron en el campo por 7 días. Las muestras colectadas en el campo se llevaron al laboratorio para su posterior conteo e identificación de organismos. Encontramos 13 taxones pertenecientes a tres clases de artrópodos con una densidad promedio de 84,783 $\pm$ 13,523 (SE, n = 12) organismos/m^2. La densidad de organismos varió espacialmente. Larvas y adultos de Coleóptera fueron los artrópodos más abundantes con una densidad relativa de 81 por ciento. La densidad de artrópodos en este estudio fue similar a lo reportado en bosques de tierras bajas y bosques secos en Puerto Rico y mayores a los humedales boscosos de Puerto Rico con la exepción de manglares y el bosque de tabonuco.

ABSTRACT

During the month of June 2008 we collected arthropods active on the surface of the ground in a forest of *Castilla elastica* located in the northern karst's Tallonal Reserve in Arecibo, Puerto Rico. In each of 4 plots of 10 m x 10 m we placed three randomly distributed pitfall traps. The traps, which allowed the passage of organisms smaller than 5 mm wide, remained on the field for seven days. The samples collected in the field were taken to the laboratory for subsequent identification and counting of organisms. We found 13 taxa belonging to three classes of arthropods, with an average density of 84.783 ± 13.523 (SE, n = 12) organisms/m^2. The density of organisms varied spatially. Coleoptera larvae and adults were the most abundant arthropods with a relative density of 81 percent. The density of arthropods in this study was similar to that reported in lowland forests and dry forests in Puerto Rico and over the forested wetlands in Puerto Rico with the exception of mangroves and the tabonuco forest.

INTRODUCCIÓN

Los mayores flujos de materia orgánica, nutrientes y energía en los bosques ocurren principalmente por cadenas alimenticias asociadas a la hojarasca y los suelos (Coleman *et al*. 2004). De hecho, Baskin Y. (2005) argumentó que los organismos del suelo (incluyendo la hojarasca) son los responsables por moldear el mundo (*shape our world*). Por ejemplo, los artrópodos en la cadena

alimenticia del suelo y la hojarasca juegan un papel importante en la descomposición e incorporación de materia orgánica al suelo, mejorando en el proceso la estructura del suelo (Marasas *et al*. 2001). Regulan además la velocidad de la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y las densidades de las poblaciones microbianas y de la mesofauna (Doles *et al*. 2001). La mesofauna se define por el tamaño de los organismos e incluye taxones normalmente referidos como microartrópodos con anchos entre 0.1 y 2 mm, algunos de los cuales crecen a tamaños de entre 2 y 20 mm de ancho que los ubica como macroartrópodos o macrofauna (Coleman *et al*. 2004). Estudiar la biodiversidad y funcionamiento de los suelos no es fácil ya que el suelo y sus organismos representan un enorme reto de acceso y complejidad biótica a los estudiosos de estos sistemas. Por lo tanto, no es sorprendente lo poco que se conoce sobre los organismos y el funcionamiento del suelo.

Nuestro objetivo fue explorar la superficie del suelo para establecer preliminarmente la composición y densidad de los artrópodos activos en esa superficie en un bosque de *Castilla elastica* en la zona de vida subtropical húmeda del carso de Puerto Rico. El bosque, ubicado en la Reserva El Tallonal, Municipio de Arecibo, era motivo de estudio por un grupo de estudiantes de varias escuelas públicas de Puerto Rico como parte de un campamento de ciencias. Este estudio presenta datos preliminares sobre la densidad de artrópodos en la superficie del suelo de un bosque novedoso a Puerto Rico por estar dominado por una especie introducida, *C. elastica* (Fonseca da Silva 2007).

METODOLOGÍA

Se marcaron cuatro parcelas de 10 m x 10 m y en cada una establecimos tres trampas de caída libre (*pitfall*) para capturar los artrópodos activos en la superficie del suelo. El diseño de las trampas y procesamiento de muestras siguió las pautas establecidas por González *et al*. (SFa). El método de caída libre consiste de un embudo plástico de área conocida, cubierto con una maya plástica con orificios de 5 mm que proveen suficiente espacio para permitirle el paso a organismos entre 0.1 y 2 mm, el rango de tamaño generalmente asociado a los microartrópodos. En la parte angosta del embudo se coloca un frasco de cristal con alcohol etílico al 70 por ciento. Este embudo es la trampa. Para instalarla en la parcela, se cava un hoyo en el suelo y se hunde la trampa con la boca ancha quedando plana con la superficie del suelo. Esto permite la caída de los organismos en el embudo y luego en el frasco de cristal. El método requiere que el organismo llegue al embudo, por lo que estimamos fue la abundancia de los artrópodos activos en la superficie del suelo. Las trampas permanecieron en el campo por 7 días durante el mes de junio del 2008. Los organismos capturados se llevaron al laboratorio donde bajo un microscopio se contaron e identificaron a nivel de clase, orden y sub-orden.

El número de organismos en las trampas se dividió por el área de la trampa (32.6 cm^2) para obtener la densidad de organismos obtenida durante el transcurso de los 7 días. Para comparar los datos con otros estimados de densidad de artrópodos fue necesario estimar la densidad relativa debido al uso de distintos métodos de colección. La densidad relativa de un taxón es su densidad dividida por la suma de la densidad de todos los taxones estudiados, expresado en por ciento. Los valores relativos reportados aparecen distintos para los mismos taxones en los dos análisis reportados porque en cada análisis varió la densidad total que se estaba comparando.

RESULTADOS

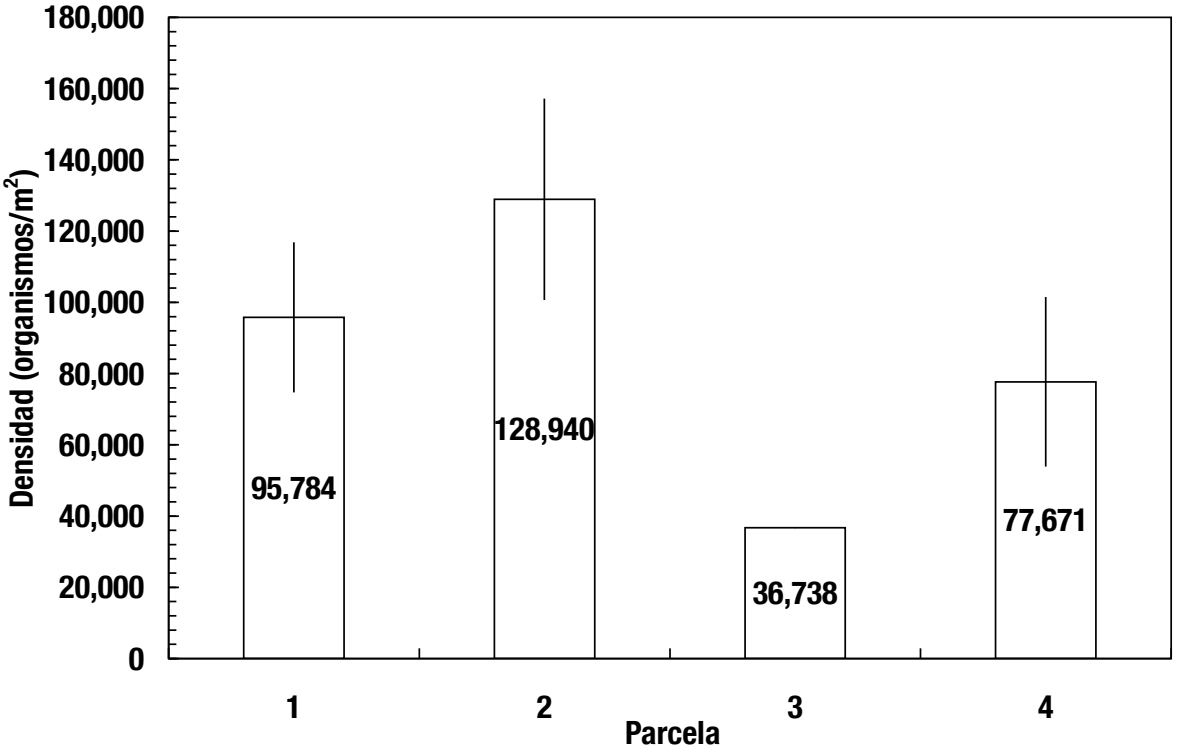
Capturamos organismos pertenecientes a trece taxones (Tabla 1) incluyendo tres clases de artrópodos: Insecta, Arácnida y Diplópoda. La mayoría pertenecía a la clase de insectos y clasificaron como microartrópodos. Sin embargo, un diplópodo y algunos coleópteros tenían tamaños superiores a lo esperado para microartrópodos.

Encontramos que en promedio el bosque tenía 84,783 artrópodos activos sobre la superficie del suelo/m^2 $\pm$ 13,523 (SE, n = 12). Sin embargo, las densidades variaron dentro y entre las cuatro

Tabla 1. Algunas observaciones sobre los artrópodos del suelo basado en Coleman *et al*. (2004). La lista está en orden descendente de densidad en el área de estudio en El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico.

Taxón	Descripción
Coleóptera	El grupo de los escarabajos, el orden más grande de los insectos. En el suelo pueden ser predadores, alimentarse de materia muerta o de semillas.
Himenóptera	Un orden de insectos muy grande que incluye las hormigas y las avispas. Las hormigas influencian la estructura del suelo y depredan pequeños invertebrados.
Acarina	El grupo de los ácaros, insectos relacionados a las arañas. Son generalmente los microartrópodos más abundantes en los suelos. El grupo es extremadamente diverso taxonómicamente.
Prostigmata	Un sub orden de ácaros. Muchos son predadores, algunos se alimentan de hongos, de otros microbios, de plantas o pueden ser parásitos. Algunas familias son oportunistas y se desarrollan rápidamente después de disturbios.
Colémbola	Estos insectos pueden ser tan abundantes como los ácaros. Se conocen como springtails porque pueden brincar gracias a una estructura ubicada en la parte baja del abdomen. Los miembros de este orden se alimentan de hongos.
Díptera	El grupo de las moscas. Los insectos de este orden se alimentan de materia muerta en suelos ricos en materia orgánica.
Oribátida	Un orden primitivo de ácaros, datan de hace 350 a 400 millones de años y son los microartrópodos más numerosos en los suelos. Se alimentan de hongos y secuestran Ca. También se alimentan de materia orgánica muerta. Fragmentan el detrito.
Araneae	El orden de las arañas en la clase Arácnida, no son insectos. Las arañas son carnívoras.
Mesostigmata	Otro orden de ácaros. Son poco abundantes, mayormente predadores o parásitos en vertebrados. Se pueden alimentar de hongos, nemátodos e insectos juveniles.
Homóptera	El orden de áfidos y cícadas. Estos insectos son herbívoros y mueven el suelo.
Diplópoda	La clase de los milípedos que se alimentan de materia muerta, no son insectos.
Lepidóptera	Insectos del orden de las mariposas y polillas.
Ortóptera	Insectos del orden de los saltamontes y grillos.

Figura 1. Densidad promedio de artrópodos activos en la superficie del suelo de un bosque de *Castilla elastica* en la Reserva El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. Cada promedio está basado en tres colecciones aleatorias. La línea vertical es un error estándar.



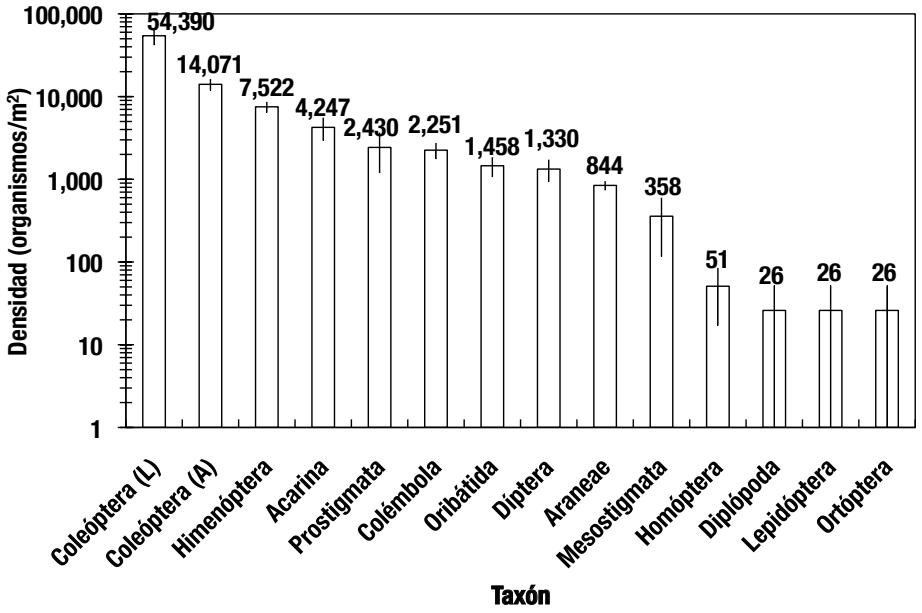
parcelas, aunque la variación dentro de la parcela tres fue muy baja (Fig. 1). Las densidades más bajas se midieron en la parcela tres, mientras que la parcela 1 tendió hacia las densidades más altas. Al estimar la densidad promedio de los taxones de artrópodos capturados encontramos que las larvas de Coleóptera fue el orden con la densidad más alta seguido por los adultos de Coleóptera con una densidad muy inferior al de las larvas (Fig. 2). Las densidades se redujeron aproximadamente por un factor de dos entre cada grupo subsiguiente en abundancia entre Coleóptera y Araneae. Los ácaros se reportaron como clase (Acarina), orden (Oribátida y Mesostigmata) y por sub-orden (Prostigmata).

La densidad de los taxones también varió espacialmente entre las cuatro parcelas (Fig. 3). Los ordenes encontrados en la parcela tres generalmente exhibieron su menor densidad o no aparecieron en la parcela con la exepción de los adultos de Coleóptera, Himenóptera, Colémbola, Díptera y Araneae. La reducción más significativa fue en las larvas de Coleóptera. Homóptera, Lepidóptera y Ortóptera sólo aparecieron en la parcela tres, aunque en muy baja densidad.

DISCUSIÓN

La densidad de artrópodos activos en la superficie del suelo en el bosque de *C. elastica* (Fig. 3) aparenta ser alta comparada con las densidades reportadas por González *et al*. (SFb) para un transecto desde los manglares de Ceiba hasta el bosque elfino en las Montañas de Luquillo. Los valores más altos reportados por González *et al*. (SFb) fueron para los manglares y el bosque seco en Ceiba (aproximadamente 70,000 a 75,000 organismos/m^2). Sin embargo, las diferencias en los totales son variables debido a la variación

Figura 2. Densidad promedio de varios taxones de artrópodos activos en la superficie del suelo en un bosque de *Castilla elastica* en la Reserva El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. Cada promedio está basado en 12 colecciones aleatorias. La línea vertical es un error estándar.



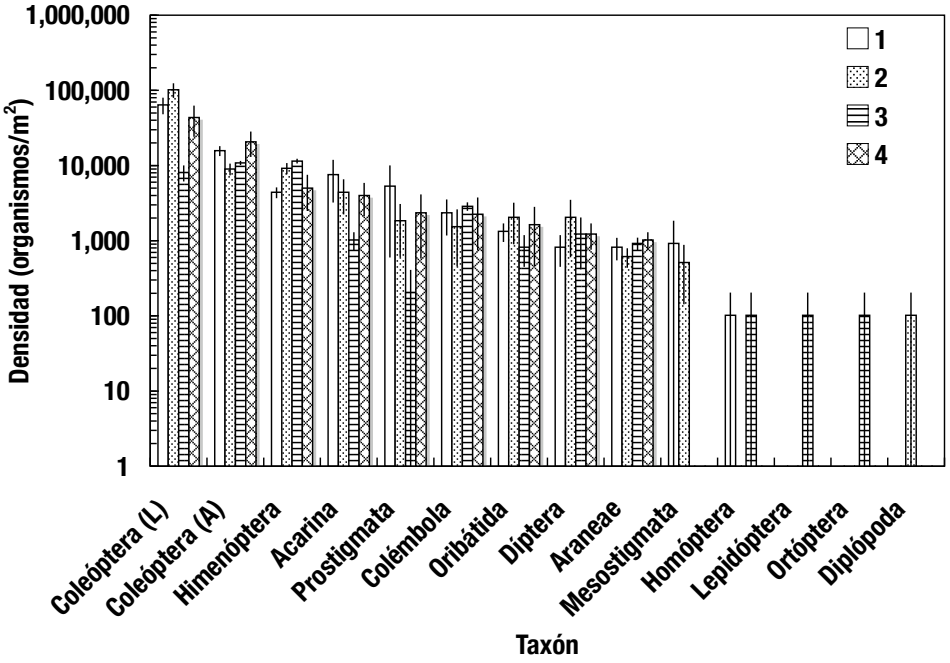


Figura 3. Densidad promedio de varios taxones de artrópodos activos e la superficie del suelo en cuatro parcelas dentro de un bosque de *Castilla elastica* en la Reserva El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. Cada promedio está basado en tres colecciones aleatorias.

espacial en cada bosque. Por ejemplo, aunque las cuatro parcelas de nuestro estudio estaban ubicadas relativamente cerca unas de las otras (menos de 100 m de distancia), la parcela tres tenía menos artrópodos que las otras parcelas (Fig. 1). Topográficamente, esa parcela estaba un poco más bajo que las otras y es posible que fuese sujeta a saturación de agua durante aguaceros fuertes, lo que posiblemente afecta la abundancia de artrópodos. Períodos de saturación reducen la cantidad de oxígeno en el suelo (Silver *et al*. 1999), lo cual debe afectar el metabolismo y abundancia de organismos aeróbicos como los artrópodos del suelo. Esta sugerencia está apoyada por el hecho de que los valores bajos de la parcela tres en nuestro estudio comparan con valores similares en los humedales boscosos estudiados por González *et al*. (SFb) o sea, el bosque elfino, bosque colorado y los palmares. Sorpresivamente, los datos de González *et al*. (SFb) indican que el bosque de tabonuco, con suelos aereados, también exhibió baja densidad de artrópodos activos sobre la superficie del suelo.

Nuestros resultados de densidad también aparentan ser más altos que los reportados por Coleman *et al*. (2004) para varios ecosistemas de zona templada y Barberena Arias (2008) para tres bosques en Puerto Rico. Sin embargo, es difícil comparar estos datos de densidad debido a diferencias en la metodología utilizada en cada estudio. Cuando se extraen los artrópodos directamente del suelo con el método de Tullgren, se obtienen densidades más altas a las obtenidas por el método de caída libre que utilizamos en este estudio (ver la Tabla 4.4, p. 110 de Coleman *et al*. 2004 y comparar con Fig. 2). Coleman *et al*. (2004) no indican el método utilizado para los números en su Tabla 4.2 (p. 100) pero el rango de densidades reportados por ellos es de 1,000 a 149,000 organismos/m^2. Sin embargo, todos los lugares estudiados con la exepción de una plantación de cedro en Japón tienen menos de 70,000 organismos/m^2. En nuestro estudio el rango de variación fue entre 36,738 y 128,940 organismos/m^2 con un promedio de 84,782 (Fig. 3).

Barberena Arias (2008) encontró densidades bajas de artrópodos en bosques secos (Ceiba y Guánica) y bosque muy húmedo (Luquillo) en Puerto Rico. Sin embargo, ella obtuvo densidades altas cuando el método de extracción se extendía con luz. Además, otra diferencia metodológica fue el tiempo de muestreo pues en este estudio utilizando el método de caída libre se coleccionó por siete días, mientras que las extracciones de suelo y hojarasca con el método Tullgren generalmente representan densidades instantáneas. Por esas diferencias metodológicas es necesario enfocar las comparaciones no en los números absolutos de densidad, sino en la densidad relativa de los organismos de los distintos taxones.

Nuestros resultados, expresados en densidad relativa (Fig. 4), reflejan una alta dominancia por las larvas de Coleóptera quienes junto a los adultos son responsables por el 81 por ciento de la densidad total de artrópodos activos al momento del estudio en El Tallonal. Coleman *et al*. (2004) señalan que las densidades de los artrópodos responden a la cantidad de materia orgánica en la hojarasca y Covarrubias (2009) relacionó su asociación a las plantas. Es posible que las altas densidades de artrópodos que encontramos reflejan la alta acumulación de hojarasca en el sitio de estudio (8.4 Mg/ha, Fonseca da Silva [2007]). Por otro lado, la alta densidad de larvas de Coleóptera sugiere que el estudió coincidió con un pulso reproductivo de estos organísmos. De hecho, la tasa de caída de flores y frutos entre el 6 y 23 de junio cuando llevamos a cabo el estudio fue de 2.45 g/m^2. día o cinco veces mayor a la tasa las dos semanas antes del estudio (datos de Fonseca da Silva). La caída de los frutos de *C. elastica* durante nuestro estudio era notable a simple vista y es muy probable que los coleópteros estuviesen respondiendo a este pulso de alimento.

Aunque los grupos taxonómicos que encontramos en este estudio (Tabla 1) son los mismos reportados en otros estudios de zona templada y los trópicos, el orden de abundancia relativa en otros lugares no es el mismo que en nuestro estudio. En el bosque de *C. elastica* los escarabajos (Coleóptera) fueron el grupo de organismos más abundante mientras que los ácaros

(Acarina) exhibieron densidades relativamente bajas (Fig. 2). En la comparación con los bosques de Guánica y Luquillo (Fig. 5) los ácaros y Colémbola dominan esos bosques pero no así en el bosque de *C. elastica*. En zonas templadas los ácaros son generalmente los organismos más abundantes en el suelo como se refleja en la comparación de densidad relativa en la Fig. 4. En la Fig. 4 los ácaros del orden Oribátida exhiben alta densidad relativa en los cuatro bosques templados pero no así en el bosque de *C. elastica*. Además, tanto Colémbola como Prostigmata y Mesostigmata exhibieron más dominancia en *C. elastica* que en los otros bosques en la Fig. 5. Es posible que las diferencias en densidad relativa se deban a la mayor diversidad de organismos en el suelo en los trópicos y/o a la mayor riqueza de sustratos orgánicos (riqueza química del alimento disponible) en los trópicos a causa de la mayor diversidad de plantas. El punto que queremos resaltar no es la diferencia cuantitativa entre bosques, sino la diferencia en la densidad relativa de los grupos. Es razonable esperar que con diferencias en clima y calidad de recursos, la densidad relativa de las especies cambie.

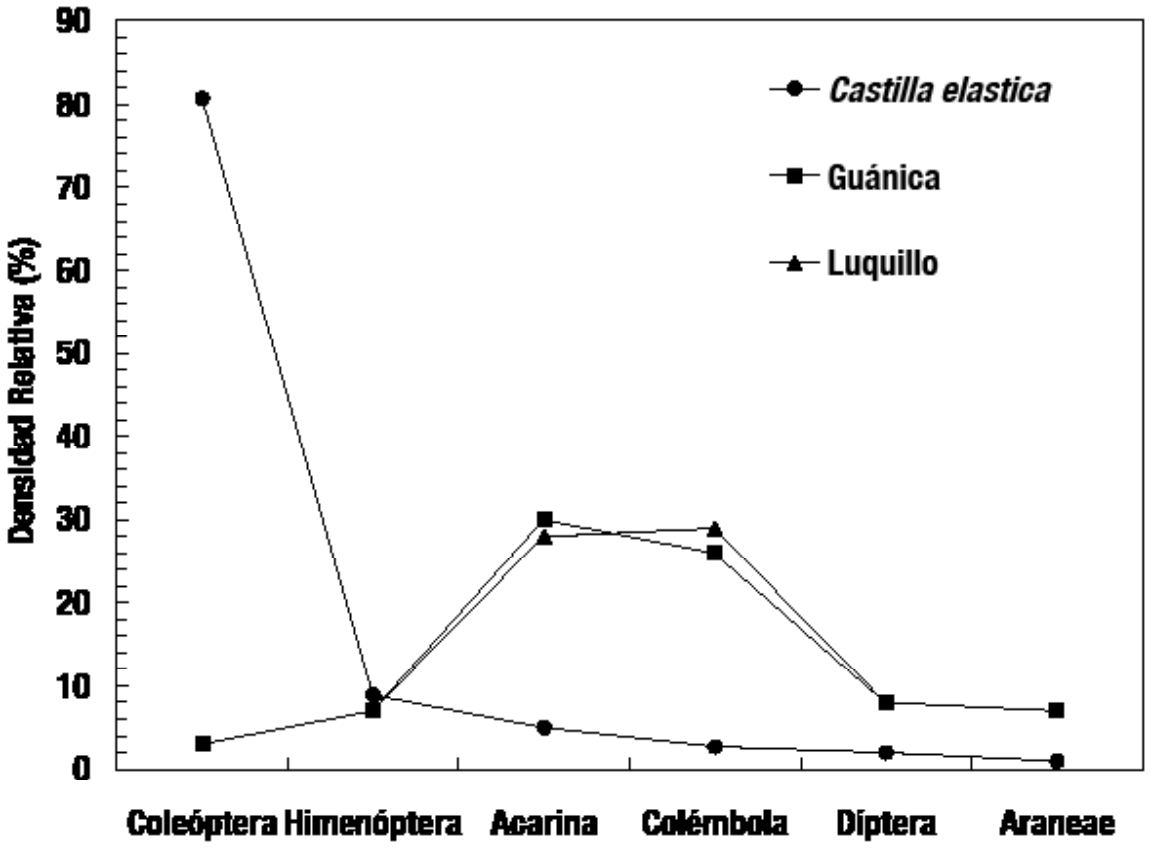
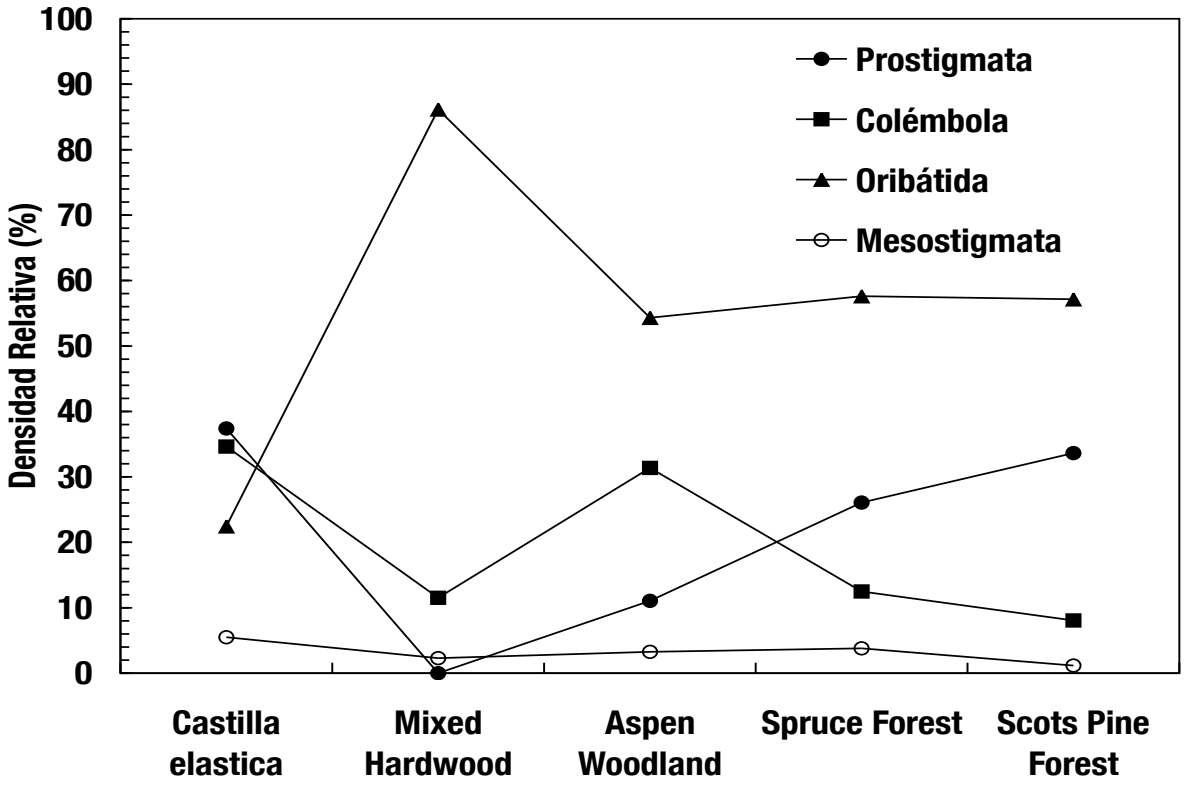


Figura 4. Densidad relativa de seis taxones de artrópodos encontrados en la hojarasca del bosque seco de Guánica, el bosque muy húmedo de Luquillo y el bosque húmedo de *Castilla elastica*, todos en Puerto Rico. Los datos de Guánica y Luquillo son de Barberena Arias (2008). Los valores de densidad relativa están basados en la densidad total de todos los artrópodos en esos bosques. Sólo se presentan los taxones que se encontraron en todos los bosques.

Figura 5. Densidad relativa de cuatro taxones de artrópodos en varios bosques de zona templada y tropical (*Castilla elastica*). Los datos de zona templada so nde Coleman *et al.* (2004). Los valores de densidad relativa están basados en las densidad total de los cuatro grupos incluidos en la figura.



AGRADECIMIENTOS

Este estudio se llevó a cabo en colaboración con la Universidad de Puerto Rico. Fue parte de un campamento de ciencias auspiciado por el programa ALACIMA de la Universidad de Puerto Rico y la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América. Lucy Gaspar y la Dra. Josefina Árce, junto a sus empleados en ALACIMA, apoyaron toda la infraestructura y logística del campamento. Mildred Alayón editó el manuscrito y Abel Vale nos permitió acceso a la Reserva El Tallonal. Los siguientes colegas comentaron y mejoraron el artículo: O. Abelleira Martínez, W. Gould, F.H. Wadsworth, G. González y E. Medina.

LITERATURA CITADA

Baskin, Y. 2005. Under ground: how creatures of mud and dirt shape our world. Island Press, Washington, DC.

Barberena Arias, M.F. 2008. Single tree species effects on temperature, nutrients and arthopod diversity in litter and humus in the Guánica dry forest. Dissertation. University of Puerto Rico, Río Piedras.

Coleman, D.C., D.A. Crossley, y P.F. Hendrix. 2004. Fundamentals of soil ecology, second edition. Elsevier Academic Press, Burlington, MA.

Covarrubias, R. 2009. Microartrópodos de la estepa altoandina altiplánica, con detalle de especies de oribátidos (Oribatida: Acarina). Neotropical Entomology 38:482-490.

Doles, J.D., R.J. Zimmerman, y J.C. Moore. 2001. Soil microarthropod community structure and dynamics in organic and conventionally managed apple orchards in western Colorado, USA. Applied Soil Ecology 18:83-96.

Fonseca da Silva, J. 2007. Dinámica de hojarasca y respuestas fotosintéticas en un bosque secundario del karso húmedo. Acta Científica 21:86.

González, G., M.M. Rivera, W.A. Gould, y J. Ramírez. SFa. Soil fauna, microbes and ecosystem properties along an elevational gradient in eastern Puerto Rico. Afiche disponible en el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical en Río Piedras, PR.

González, G., S.A. Cantrell, D.J. Lodge, W.L. Silver, C.M. Murphy, B.A. Richardson, W.H. McDowell, y R.B. Waide. SFb. Climate, biota, and ecosystem processes along an elevational gradient in Puerto Rico. Afiche disponible en el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical en Río Piedras, PR.

Marasas, M.E., S.J. Sarandon, y A.C. Cicchino. 2001. Changes in soil arthropod functional group in a wheat crop under conventional and no tillage systems in Argentina. Applied Soil Ecology 18:61-68.

Silver, W.L., A.E. Lugo, y M. Keller. 1999. Soil oxygen availability and biogeochemistry along rainfall and topographic gradients in upland wet tropical forest soils. Biogeochemistry 44:301-328.

Acta Científica 22(1-3), 13-27, 2008

BALANCE DE CARBONO EN UN BOSQUE NOVEDOSO DE *Castilla elastica*: RESULTADOS PRELIMINARES

Ariel E. Lugo[1], Jéssica Fonseca da Silva[2, 3] y Alejandra María Sáez Uribe[3, 4]
[1]Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1115
[2]Departamento de Biología de la Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico
[3]Alianza para el Aprendizaje de Ciencias y Matemáticas
Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico
[4]Escuela Superior Vocacional Pablo Colón Berdecía, Barranquitas, Puerto Rico

RESUMEN

Durante los días 17 y 18 de junio del 2008, un bosque de *Castilla elastica* ubicado en El Tallonal, Municipio de Arecibo, se comportó como un sumidero de carbono. La tasa de fotosíntesis neta del bosque varió entre 14.28 (especies nativas) y 21.96 (*C. elastica*) g C m^{-2} $día^{-1}$ y la respiración de hojas, suelo y tallos varió entre 13.76 (especies nativas) y 16.88 (*C. elastica*) g C m^{-2} $día^{-1}$. La acumulación neta de carbono en el bosque varió entre 0.52 (especies nativas) y 5.08 (*C. elastica*) g C m^{-2} $día^{-1}$. Estos valores pueden cambiar significativamente durante días con bajas tasas de fotosíntesis y dependiendo de cómo varíen las tasas de respiración en el suelo y los tallos.

ABSTRACT

During June 17 and 18, 2008, a *Castilla elastica* forest located in El Tallonal, municipality of Arecibo, functioned as a carbon sink. The net photosynthetic rate ranged from 14.28 (native species) and 21.96 (*C. elastica*) g C m^{-1} day^{-1} and respiration of leaves, stems, and soil varied from 13.76 (native species) and 16.88 (*C. elastica*) g C m^{-1} day^{-1}. The net accumulation of carbon in the forest ranged from 0.52 (native species) and 5.08 (*C. elastica*) g C m^{-1} day^{-1}. These values may change significantly during days with low rates of photosynthesis and depending on how respiration rates in soil and stems vary.

INTRODUCCIÓN

La civilización actual depende del uso de combustibles fósiles para mantener toda la actividad humana, incluso la economía global. Desde los comienzos de la revolución industrial que conservadoramente se estima en el año 1750, el uso de los combustibles fósiles ha aumentado rápidamente, lo que permitió los avances tecnológicos a los cuales estamos acostumbrados. El uso de combustibles fósiles requiere su quema u oxidación, lo cual genera energía y bióxido de carbono (CO_2), entre otros gases y productos de combustión. El CO_2 y otros gases diatómicos (H_2O, CH_4, etc.) en la atmósfera se conocen como gases de invernadero porque absorben calor (radiación infraroja emitida por la corteza terrestre) y contribuyen al calentamiento global. La emisión antropogénica de CO_2 a la atmósfera, tanto por la quema de combustibles fósiles como la quema y descomposición de los bosques a causa de la deforestación, ha causado que la concentración de este gas aumente de 280 ppm en el 1750 a 379 ppm en el 2005 y que continúe aumentando a razón de 1.9 ppm $año^{-1}$ (IPCC 2007)[1]. Los océanos y la

[1]En junio del 2010 la concentración de CO_2 en la atmósfera era de 392 ppm (http://co2now.org).

vegetación remueven la diferencia entre el CO_2 producido por la civilización (en el 2005 fue 7.2 Gt) y lo que se acumula en la atmósfera. Por ejemplo, se estima que los bosques del mundo remueven 3.67 Gt netas de CO_2 anualmente (Fahey *et al*. 2010).

La capacidad de la vegetación para remover CO_2 de la atmósfera no está muy bien establecida y los ecólogos debaten sobre la magnitud de estos flujos. El comportamiento de los bosques tropicales es una de las incertidumbres en el debate científico. La falta de información es particularmente severa para los bosques tropicales maduros y los bosques novedosos *sensu* Hobbs *et al*. (2006). Los bosques novedosos son bosques secundarios dominados por especies introducidas que se han establecido naturalmente en áreas degradadas por la actividad humana y luego abandonadas. Obtener información sobre el balance de carbono de los bosques novedosos es importante particularmente en los trópicos donde este tipo de bosque secundario aumenta en importancia a consecuencia de los efectos antropogénicos (Lugo 2009). Los estudios del balance de carbono de los bosques en Puerto Rico se han enfocado en bosques nativos maduros como el bosque de tabonuco (Odum 1970, Harris 2006) y el bosque seco de Guánica (Lugo *et al*. 1978).

Este estudio tuvo como objetivo medir las tasas de fotosíntesis neta y respiración nocturna en un bosque novedoso de *Castilla elastica* con el propósito de establecer su balance de carbono. El estudio es preliminar ya que está basado en medidas a corto plazo. Sin embargo, representa un primer esfuerzo en explorar la capacidad de remoción de CO_2 atmosférico de los bosques novedosos de Puerto Rico.

LUGAR DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en El Tallonal, una reserva natural en el carso del norte, municipio de Arecibo (18°24'27" N y 66°43'53" O). El sitio fue un valle ubicado en la zona de vida subtropical húmeda a una elevación de 122 m sobre el nivel del mar (Foto 1). La temperatura anual promedio es de 25.5 °C y la lluvia anual promedio es de 1295 mm. Las especies dominantes y su valor de importancia en el bosque eran *C. elastica* (especie naturalizada) con un valor de importancia de 57 por ciento y *Guarea guidonia* (especie nativa) con un valor de importancia de 15 por ciento. El bosque de 50 años tenía 27 especies por 0.3 ha, 43 m^2 ha^{-1} de área basal, 1024 árboles ha^{-1}, 20 m de altura y 203 Mg ha^{-1} en biomasa aérea (Fonseca da Silva 2010).

MÉTODOS

Árboles y Brinzales

Se midió el intercambio gaseoso (CO_2 y H_2O) de hojas de especies nativas (12) e introducidas (2) a tres alturas del bosque: dosel superior (sobre 16 m de altura), sub-dosel (2 a 16 m de altura) y sotobosque (menor a 2 m de altura). Las medidas se llevaron a cabo durante los días 17 al 20, 23 y 24 de junio del 2008. En este informe preliminar sólo utilizamos los datos del intercambio de CO_2 durante el 17 y 18 de junio. Durante esos dos días llevamos a cabo 488 mediciones instantáneas (Tabla 1) en el dosel (200), subdosel (246) y el sotobosque (42).

El acceso al dosel y sub-dosel se obtuvo por medio de dos torres de 26 m de alto ubicadas en el bosque (Foto 1). Las mediciones de intercambio gaseoso se llevaron a cabo cada tres horas durante las 24 horas del día, comenzando en el tope del dosel y bajando sistemáticamente por la torre hasta llegar al sotobosque. Al comienzo del estudio se seleccionaron hojas maduras de distintas especies ubicadas a distintas alturas en el bosque. Estas hojas se marcaron, numeraron, e identificaron y se utilizaron para medirles el intercambio gaseoso con dos medidores de intercambio gaseoso, uno para cada torre (ADC-LCA-2 y ADC LC *pro*+; Foto 2a). Con ambos instrumentos se utilizó un sistema abierto. Al final del estudio las hojas se coleccionaron y se transportaron al laboratorio donde se les midió el ancho, largo y área. Luego estas hojas se procesaron para análisis químico. En este trabajo sólo reportamos los resultados de las medidas de fotosíntesis neta y respiración nocturna de las hojas seleccionadas. Los resultados se reportan en mmol m^{-2} superficie foliar s^{-1} basado en

Foto 1. Foto del dosel del bosque de *Castilla elastica* en El Tallonal tomada desde el aire por Samuel Moya (piloto) y María Rivera (fotógrafa). Las dos torres utilizadas en el estudio se ven ubicadas en un valle entre los mogotes.

la diferencia en concentración de CO_2 del aire a la entrada y a la salida de la cámara donde se ubica la hoja. Esa diferencia multiplicada por el flujo del aire (mL s^{-1}) y dividida por el área de la hoja estima la fotosíntesis neta (cuando la concentración de CO_2 es menor al salir de la cámara) o la respiración (cuando la concentración de CO_2 es más alta al salir de la cámara).

Suelo

El intercambio gaseoso del suelo se estudió con un sistema diseñado para ese propósito (*Automated Soil CO_2 Flux System* LI-8100A). El sistema consta de una cámara circular con una parte fija y otra movible. La parte fija es de metal con un diámetro de 30 cm que se ubica en el suelo sin alterar su estructura y manteniendo la hojarasca en su sitio. La cámara fija queda con su superficie metálica superior nivelada con la superficie del suelo. La parte movible es una tapa que automáticamente se ubica sobre el metal de la cámara fija por intervalos cortos cuando se mide la respiración. El resto del tiempo la tapa de la cámara se retrae dejando el suelo expuesto (Foto 2b). La respiración del suelo se estimó con dos diurnas: 17-18 y 19-20 de junio del 2008. Durante la primera diurna se utilizaron intervalos de 3 horas para las mediciones y durante la segunda se midió cada hora. La cámara se instaló una semana antes de la medición para minimizar el impacto de ésta al momento de llevar a cabo las medidas. Durante el tiempo en que la cámara cubre el suelo y la hojarasca, el equipo mide la concentración de CO_2 a la entrada y salida

Foto 2. Equipos utilizados para medir el intercambio gaseoso de hojas (a) y del suelo (b) en El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. Las fotos las tomó Jéssica Fonseca da Silva y María M. Rivera.

de la cámara. La diferencia en concentración, multiplicada por el flujo de aire y dividido por el área de la cámara es un estimado de la respiración del suelo en mmol m^{-2} s^{-1}.

Índice de Área Foliar

El Índice de Área Foliar se estimó a distintas alturas del bosque con un ceptómetro (*Accu PAR linear PAR.LAI ceptometer*, modelo PAR-80), que utiliza el coeficiente de extinción de la luz fotosintéticamente activa (bandas entre 400 y 700 nanómetros) para calcular el área foliar por unidad de área de terreno (m^2 m^{-2}). El método requiere medidas simultáneas por encima del dosel del bosque (a 25 m) y dentro del bosque para estimar la extinción de luz. Cada medida está basada en 80 determinaciones independientes por el ceptómetro de 80 cm de largo. Medimos la extinción de la luz en dos transectos verticales (uno en cada torre a intervalos de 2 m) y 16 puntos en dos transectos horizontales terreros a intervalos de 2 m entre las dos torres. En cada punto tomamos ocho medidas siguiendo sistematicamente los puntos cardinales cada 45 grados y calculamos el promedio. En total obtuvimos 40 valores de extinción de luz. Para estimar el Índice de Área Foliar se utilizó la siguiente relación:

$$-\mathrm{Ln}(Q_1/Q_0)/0.67$$

donde Q_1 y Q_0 son las medidas de luz en el sitio del estimado y el tope del bosque, respectivamente, Ln es el logaritmo natural y 0.67 es el coeficiente de extinción de luz, estimado por Holwerda (2005) basado en medidas en Malasia y el Amazonas. Los estudios originales estimaron el coeficiente de extinción de luz utilizando determinaciones empíricas de Índices de Área Foliar, lo que corrige por la intercepción de luz por las superficies leñosas del bosque.

Estimados de Tasas Instantáneas de Intercambio Gaseoso

Las medidas instantáneas de intercambio gaseoso se organizaron de acuerdo a la hora y fecha cuando se tomaron y se dividieron en dos grupos: las de las especies introducidas (fundamentalmente *C. elastica*) y las de las especies nativas. Los datos se depuraron eliminando aquellos con valores extremos y fuera de lo normal en términos de la relación con la conductancia estomática y la incidencia de luz. Datos depurados de cada grupo de especies y todos los días de muestreo se agruparon por hora de muestreo y se obtuvo el promedio y error estándar de la tasa instantánea de intercambio gaseoso. Para explorar diferencias en los promedios, utilizamos la prueba de t para dos muestras con varianzas diferentes utilizando $p < .05$.

Balance de Carbono

Para estimar el balance de carbono construimos curvas diurnas de fotosíntesis neta (F) y respiración nocturna (R) para las hojas del dosel y subdosel y dos curvas diurnas de respiración del suelo. Las diurnas de las hojas del dosel y sub-dosel se construyeron con el promedio de las tasas instantáneas agregadas cada tres horas. Para convertir esas tasas por unidad de área foliar a unidad de terreno (m^2), las multiplicamos por el Índice de Área Foliar correspondiente a cada nivel vertical del bosque (dosel y subdosel). Como el Índice de Área Foliar no discrimina entre especies nativas e introducidas, decidimos estimar cuatro balances de carbono, o sea, para cada torre se calcularon dos balances de carbono, uno para *C. elastica* y otro para especies nativas. Este enfoque resulta en un rango de valores donde cada estimado asume la dominancia total de cada grupo de especies. Las medidas instantáneas de la respiración del suelo tomadas durante las dos diurnas fueron integradas para estimar la respiración durante 24 horas. Luego calculamos el promedio entre los dos días para uso en el balance de carbono. Para estimar la contribución del sotobosque se extrapoló el promedio de las tasas de F y R medidas en el estudio a 24 horas y se multiplicaron por el Índice de Área Foliar correspondiente.

El balance de carbono se obtiene de la diferencia entre la F total (suma de la F neta del dosel, subdosel y sotobosque) y la R total (suma de la R del suelo, dosel, subdosel, sotobosque y los tallos). Estas sumas requieren conocimiento de la cantidad absoluta de carbono que se fijó durante el

día y la que cada componente del bosque emitió a la atmósfera durante la noche ó por 24 horas en el caso del suelo y los tallos. Para lograrlo, se integraron las curvas diurnas por unidad de área de terreno. También estimamos el cociente F/R con y sin la respiración del suelo y los tallos. Este cociente es un índice del balance de carbono. Cuando el índice es >1 la fijación de carbono es mayor a su retorno a la atmósfera, si el cociente es igual a 1, los flujos de carbono entre el bosque y la atmósfera están balanceados y si es <1, entonces la emisión de carbono a la atmósfera por R es mayor a su fijación por F.

Los resultados de este estudio se expresan en mmol CO_2 m^{-2} superficie estudiada s^{-1} y al final, al estimar el balance de carbono de todo el bosque, los datos se convierten primero a unidades de moles CO_2 m^{-2} de terreno $día^{-1}$ y luego a unidades de g C m^{-2} de terreno $día^{-1}$ utilizando la proporción de C (12 g) en un mol de CO_2 (44 g).

RESULTADOS

Las condiciones ambientales en El Tallonal durante los dos días de estudio fueron similares en términos de la temperatura del aire (Fig. 1a), radiación fotosintéticamente activa (Fig. 1b) y velocidad del viento (Fig. 1c). La diferencia diurna en temperatura fue de casi 12 ˚C el 17 y casi 10 ˚C el 18 de junio. Los dos días fueron soleados, particularmente temprano en la tarde. La velocidad del viento fue más alta temprano en la tarde y cero durante las noches.

Las tasas instantáneas de fotosíntesis neta fueron más altas en las hojas del dosel (Fig. 2) comparadas con las del sub-dosel (Fig. 3) y el sotobosque (Tabla 2 y 3). En las tres posiciones del bosque *C. elastica* exhibió tasas de fotosíntesis neta superiores a las especies nativas (Tablas 2 y 3). Además, la radiación fotosintéticamente activa promedio fue más alta en las medidas de *C. elastica* comparado con las especies nativas excepto en el dosel donde la diferencia no fue significativa (Tabla 2).

La variación en las tasas de fotosíntesis neta, reflejada en el error estándar de las Figuras 2 y 3, fue más alta en las hojas de especies nativas, donde se incluyeron hasta 8 especies (Tabla 1), que en *C. elastica*. La respiración nocturna de las hojas alcanzó tasas bajas comparada con la fotosíntesis diurna y hubo una tendencia a que las tasas de respiración temprano en la noche fuesen superiores a las tasas antes del amanecer. En promedio, las especies nativas exhibieron tasas menores de respiración nocturna que *C. elastica* en el dosel, pero la diferencia no fue significativa en el subdosel (Tabla 2). La respiración nocturna promedio de *C. elastica* fue más alta en el dosel que el subdosel (Tabla 2, $p = .02$), mientras que no hubo tal diferencia entre especies nativas en el dosel y subdosel ($p = .71$).

La respiración del suelo tuvo una variación diurna con tasas mayores durante la noche (Fig. 4). Además, los valores obtenidos entre junio 19 y 20 (1.00 mol CO_2 m^{-2} $día^{-1}$) fueron más altos que los valores obtenidos entre junio 18 y 19 (0.72 mol CO_2 m^{-2} $día^{-1}$), aunque el patrón diurno fue similar con tasas más altas temprano en la noche.

El Índice de Área Foliar varió vertical y horizontalmente (Fig. 5). En las medidas terreras, el índice varió entre 6 y casi 9 m^2 m^{-2}. En las torres los valores a nivel del suelo coinciden con los valores terreros, aunque alrededor de la Torre I el Índice fue más bajo a lo observado alrededor de la Torre II. En ambas torres, el Índice de Área Foliar fue más alto en el subdosel que en el dosel.

DISCUSIÓN

Los resultados de éste estudio revelaron diferencias en las tasas de intercambio gaseoso promedio entre las especies nativas y *C. elastica* (Tablas 2 y 3). Aunque *C. elastica* siempre exhibió tasas de fotosíntesis neta más altas que las especies nativas, es evidente que sus hojas están ubicadas en lugares con más iluminación comparado con los lugares donde se encuentran las hojas de las especies nativas. Aparentemente

Figura 1. Diurnas de la temperatura del aire (a), radiación fotosintéticamente activa (b) y velocidad del viento (c) en El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. Los puntos sólidos representan valores para junio 17 y los puntos abiertos son para junio 18, 2008. Los datos son de la estación meteorológica El Tallonal.

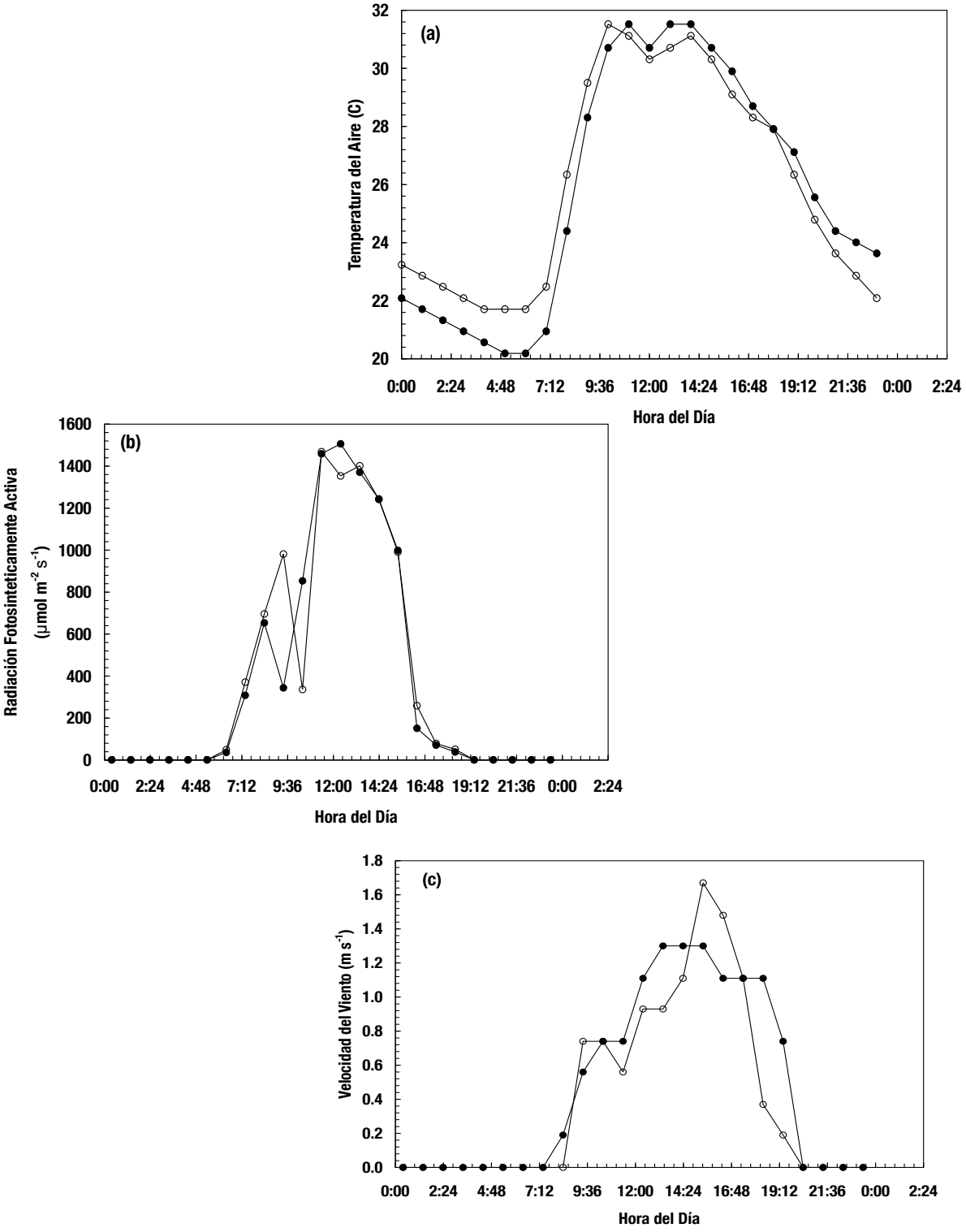
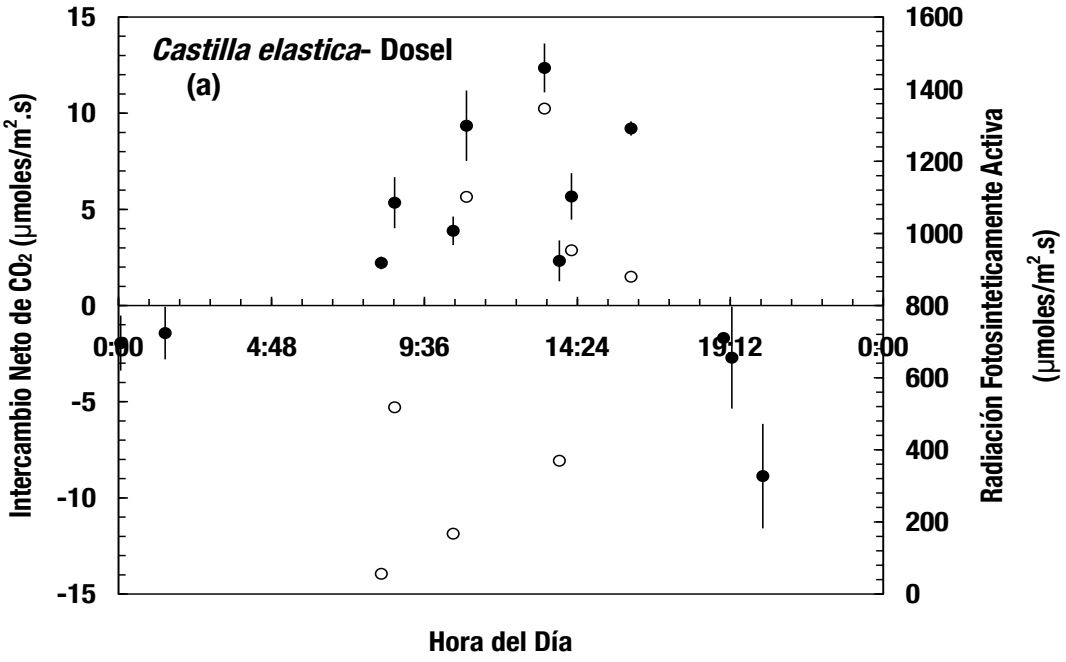


Figura 2. Intercambio neto promedio de CO_2 (puntos sólidos) en hojas de *Castilla elastica* (a) y especies nativas (b) en el dosel de un bosque de *C. elastica* en El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. Los puntos abiertos representan las medidas de radiación fotosintéticamente activa. Las líneas verticales son el error estándar del promedio (n varió entre 3 y 10 para *C. elastica*, y entre 3 y 6 para las especies nativas). Los valores positivos representan la fotosíntesis neta y los negativos la respiración nocturna y están reportados por unidad de área foliar por segundo.



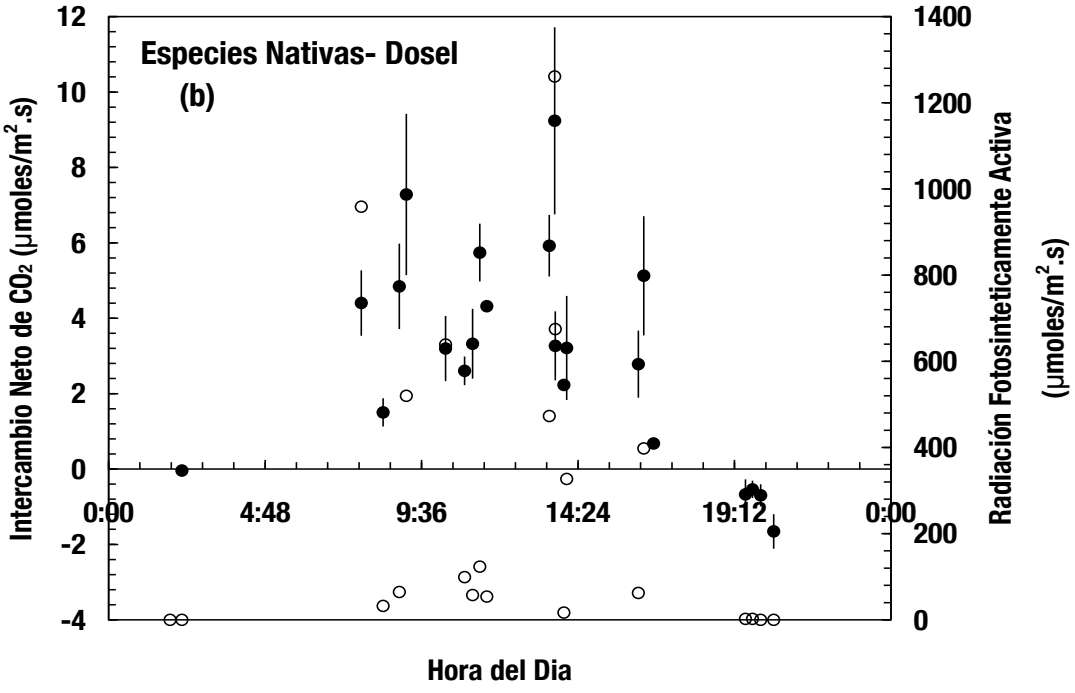
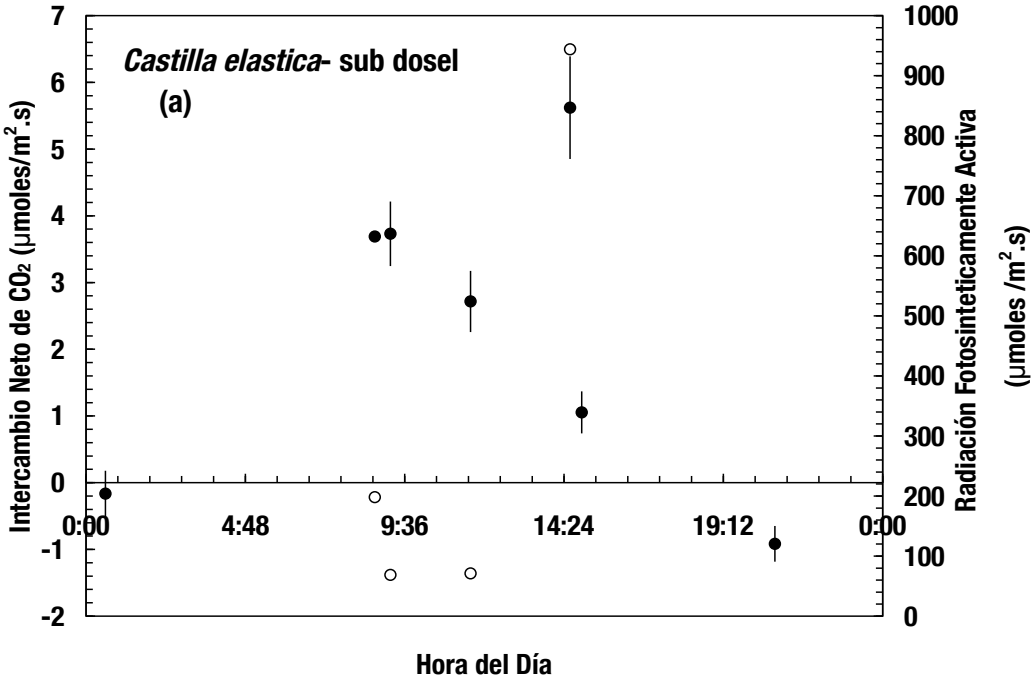


Figura 3. Intercambio neto promedio de CO_2 (puntos sólidos) en hojas de *Castilla elastica* (a) y especies nativas (b) en el subdosel de un bosque de *C. elastica* en El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. Los puntos abiertos representan las medidas de radiación fotosintéticamente activa. Las líneas verticales son el error estándar del promedio (n varió entre 2 y 16 para *C. elastica*, y entre 2 y 7 para las especies nativas). Los valores positivos representan la fotosíntesis neta y los negativos la respiración nocturna y están reportados por unidad de área foliar por segundo.



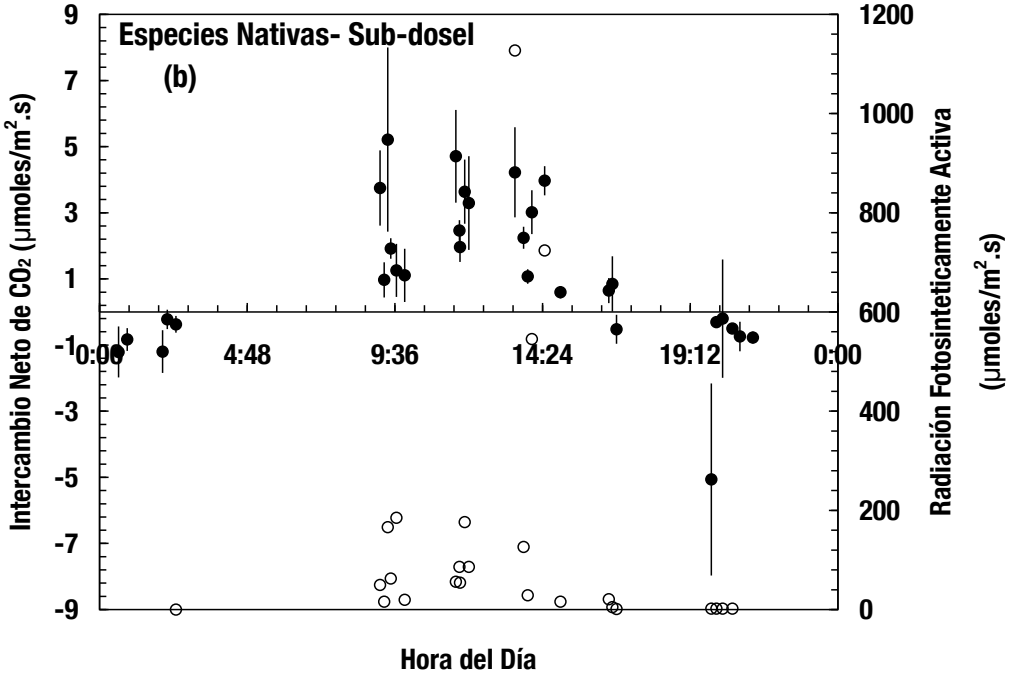


Tabla 1. Número de medidas instantáneas de intercambio gaseoso, por especie, posición en el bosque y fecha correspondiente al 2008. *Castilla elastica* y *Spathodea campanulata* son las únicas especies introducidas en la lista, el resto son especies nativas.

Especie	Sotobosque	Subdosel		Dosel	
	junio 17	junio 17	junio 18	junio 17	junio 18
Castilla elastica	14	25	65	8	68
Spathodea campanulata	3	0	0	0	0
Casearia guianensis	2	5	20	0	0
Ocotea leucoxylon	13	0	0	5	28
Guarea guidonia	1	4	30	0	0
Dendropanax arboreus	1	0	0	0	0
Miconia prasina	5	0	0	0	0
Quararibea turbinata	1	0	0	0	0
Ocotea *floribundo*	0	0	0	7	55
Casearia sylvestris	0	9	0	0	0
Chrysophyllum argenteum	0	5	34	0	0
Zanthoxylum martinicense	0	4	40	3	26
Faramea occidentalis	0	0	5	0	0
Total	40	52	194	23	177

las especies nativas estan operando en los lugares más sombreados del bosque, particularmente en el sotobosque y subdosel. El promedio de todas las tasas instantáneas de respiración nocturna para *C. elastica* varió entre el dosel y el subdosel, siendo más alto cuando la tasa de fotosíntesis neta durante el día era más alta (en el dosel). Sin embargo, esa variación no ocurrió con las especies nativas quienes mantuvieron tasas de respiración nocturna bajas y similares entre el dosel y subdosel (Tabla 2). A pesar de lo anterior, los valores promedios globales no son los que se utilizaron para estimar el balance de carbono sobre el período de 24 horas. El balance de carbono se basó en la integración de las curvas diurnas (Figs. 2 y 3) basadas en el promedio de las tasas de intercambio gaseoso durante períodos específicos del día.

Tabla 2. Tasas promedio de intercambio gaseoso en hojas de especies nativas y de *Castilla elatica* en el dosel y subdosel de un bosque de *C. elastica* en El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. La *p* corresponde a la comparación de las columnas con una prueba t para dos muestras con varianza disimilar. La radiación fotosintéticamente activa promedio (PAR, por sus siglas en inglés) sirve de referencia a los datos de fotosíntesis. El error estándar de los promedios seguido por el número de muestras está en paréntesis.

Parámetro	*Castilla elastica*	Nativas	p
Fotosíntesis neta en el dosel	6.10 (0.58, 55)	4.40 (0.35, 78)	.01
PAR dosel	617 (87, 55)	441 (63, 78)	.12
Fotosíntesis neta en el subdosel	4.07 (0.32, 60)	2.67 (0.27, 78)	.00
PAR subdosel	415 (73, 60)	185 (39, 88)	.01
Respiración nocturna en el dosel	-5.08 (1.70, 20)	-0.84 (0.27, 43)	.02
Respiración nocturna en el subdosel	-0.76 (0.47, 35)	-0.92 (0.25, 55)	.76

Figura 4. Diurnas de la respiración del suelo en un bosque de *Castilla elastica* en El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. Los triángulos sólidos representan la diurna del 17-18 y los puntos sólidos la del 19-20 de junio del 2008. Los puntos abiertos representan la incidencia de radiación fotosintéticamente activa durante el 19-20 de junio.

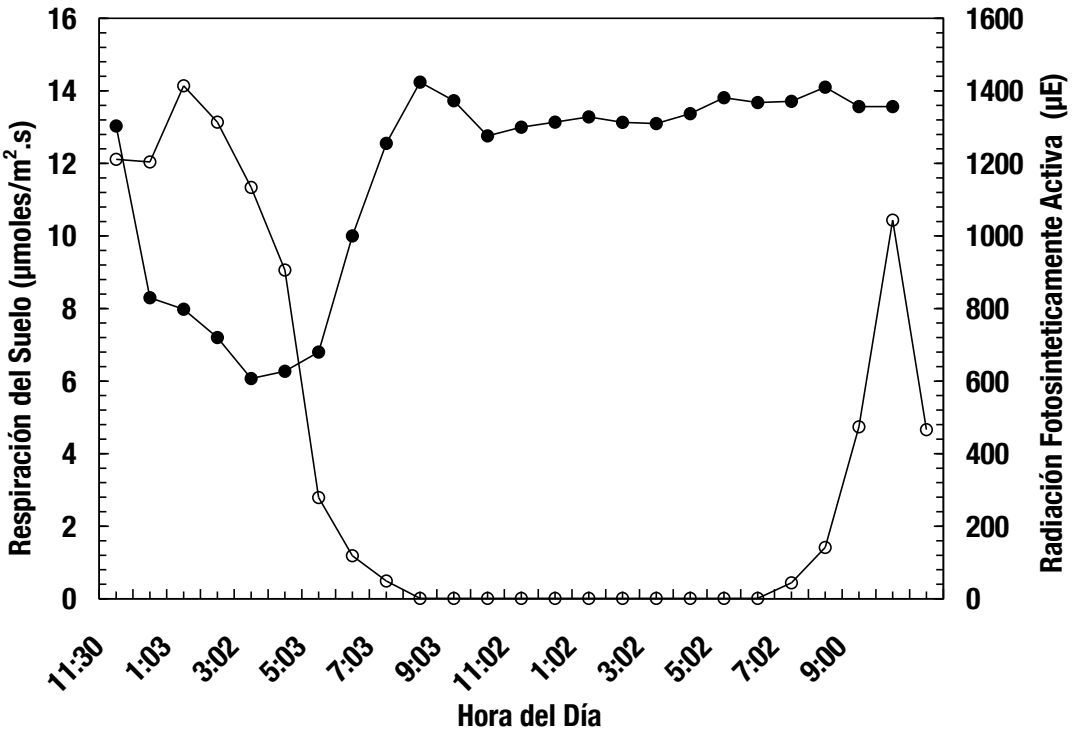


Tabla 3. Tasas de fotosíntesis neta y su error estándar en brinzales y plántulas en el sotobosque de un bosque de *Castilla elastica* en El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. El número de determinaciones es n. Los datos están expresados por unidad de área foliar. La radiación fotosintéticamente activa es PAR (por sus siglas en inglés). El error estándar de PAR está en paréntesis y el valor de n es igual al de las medidas de fotosíntesis. Las tasas de fotosíntesis son significativamente distintas (p = .04) al igual que la iluminación PAR (p = .02).

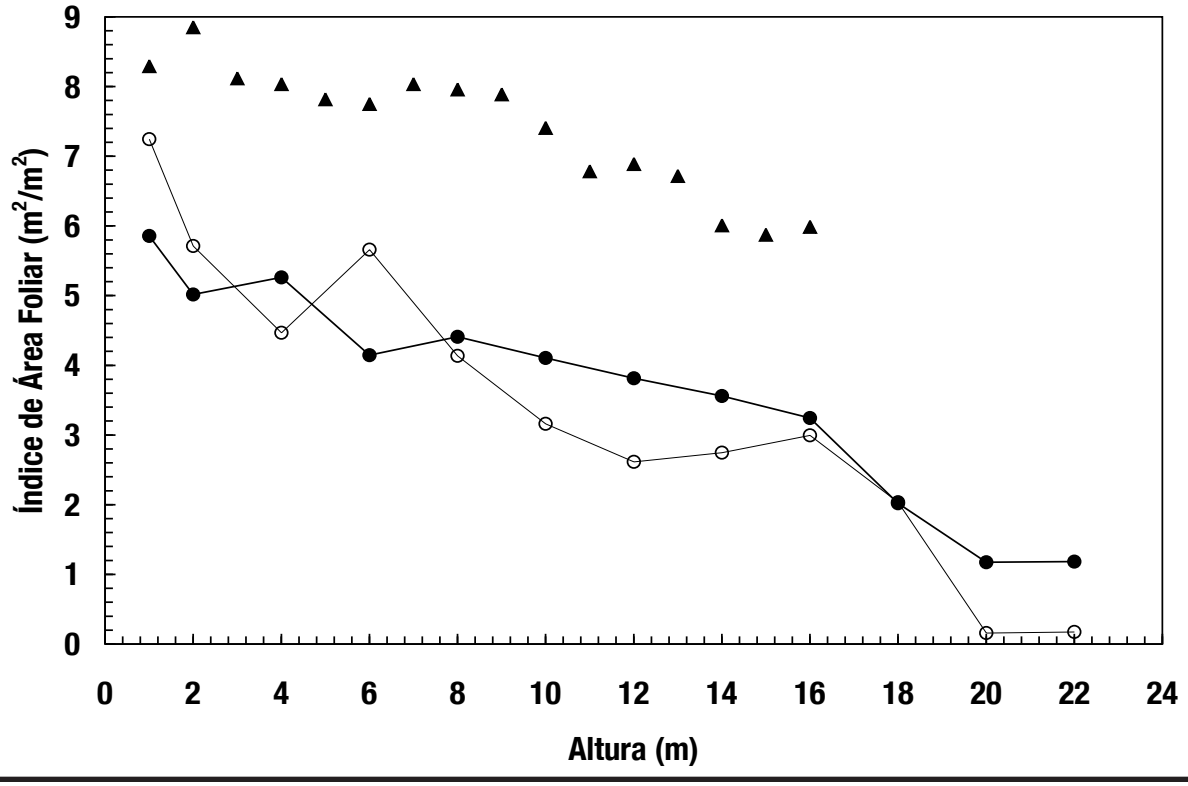
Grupo de Especies	Fotosíntesis (µmol CO_2 m-2 s-1)	Error Estándar (n)	PAR (µmol m-2 s-1)
Introducidas	5.3	1.4 (17)	283 (102)
Nativas	2.2	0.5 (23)	14 (3)

Las diferencias en los resultados de la integración de las curvas diurnas entre las especies nativas y *C. elastica* (Figs. 2 y 3) combinadas con la distribución de las hojas en el bosque (Fig. 5), resultaron en una fijación mayor de carbono por unidad de terreno de parte de *C. elastica* en comparación a las especies nativas en ambas torres de observación (Tabla 4). Sin embargo, la respiración nocturna de *C. elastica* en el dosel fue mayor a la respiración nocturna de las especies nativas, y en el subdosel la diferencia se invirtió ya que las especies nativas exhibieron más respiración nocturna que *C. elastica*. Estas

Tabla 4. Estimado de los flujos de CO_2 en dos perfiles verticales en un bosque de *Castilla elastica* en El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. Los flujos son el fotosintético (F, valores positivos) y la respiración (R) con signo negativo. Cada columna es el producto del Índice de Área Foliar del dosel adyacente a cada torre de medición y la integración de una diurna de intercambio gaseoso promedio (basado en dos días de mediciones) para hojas de *C. elastica* y especies nativas. Los datos están reportados en moles de CO_2 m^{-2} de terreno $día^{-1}$.

Posición y flujo	**Torre I**		**Torre II**	
	C. elastica	**Nativas**	***C. elastica***	**Nativas**
Dosel-F	1.23	0.88	1.14	0.81
Subdosel-F	0.26	0.24	0.40	0.37
Sotobosque-F	0.16	0.07	0.29	0.12
Dosel-R	-0.31	-0.03	-0.29	-0.03
Subdosel-R	-0.03	-0.12	-0.05	-0.19
Sotobosque-R	-0.05	-0.03	-0.10	-0.06
Suelo-R	-0.86	-0.86	-0.86	-0.86

Figura 5. Variación vertical (puntos redondos) y horizontal (triángulos) del Índice de Área Foliar en un bosque de *Castilla elastica* en El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. Los puntos redondos sólidos corresponden a la Torre I y los abiertos a la Torre II. Los puntos del transepto horizontal se tomaron cada dos metros entre las dos torres.



diferencias se reflejaron en el cociente F/R para el dosel y subdosel del bosque. Basado en los datos de la Tabla 4, el cociente F/R para *C. elastica* fue de 3.9 y 8.4 para el dosel y subdosel, respectivamente. Los valores correspondientes para las especies nativas fueron 28.0 y 2.0. Claramente los árboles en el bosque de *C. elastica* acumularon más carbono por fotosíntesis del que devolvieron a la atmósfera por respiración nocturna. Más aún, la ventaja de *C. elastica* sobre las especies nativas del dosel en términos de sus tasas superiores de fotosíntesis neta desapareció en términos del balance neto diario ya que *C. elastica* tuvo tasas más altas de respiración nocturna. Sin embargo, los árboles de especies nativas en el subdosel respiraron más durante la noche que los árboles de *C. elastica* en el subdosel y eso redujo su cociente F/R.

Para estimar el balance de carbono para todo el bosque se requiere conocimiento de la respiración del suelo (Fig. 4) y la de los tallos que no se midió. Este balance lo presentamos en unidades de carbono (Tabla 5). En el caso específico del bosque de *C. elastica* la producción de CO_2 por los tallos podría ser alta debido a su alta masa y diámetro. Para estimar la respiración de los tallos, examinamos la literatura y encontramos que en Puerto Rico la respiración de los tallos es más alta en las tierras bajas que en la montaña, ya que el proceso es proporcional a la temperatura del aire (Harris *et al*. 2008). Para completar el cálculo de nuestro balance de carbono, utilizamos la respiración promedio de los tallos en cuatro bosque tropicales de tierras bajas (1.28 g C m^{-2} $día^{-1}$ $\pm$ 0.3; Zach *et al*. 2010).

El bosque novedoso de *C. elastica* funcionó durante este estudio como un sumidero de carbono en los cuatro balances que estimamos (Tabla 5). La difererencia más grande entre la fotosíntesis y la respiración del bosque ocurrió con las tasas de *C. elastica* y las menores con las especies nativas. Sin embargo, la magnitud del sumidero basado en las tasas de las especies nativas (0.52 a 0.64 g C m^{-2} $día^{-1}$) es considerable, aunque el cociente F/R de 1.04 está muy cerca del balance. Es posible que el bosque se comporte en balance o como un emisor neto de carbono cuando se reducen las tasas de fotosíntesis neta por sequía o durante días nublados, y si las tasas de respiración en el suelo y los tallos se mantienen altas. Sin embargo, si las tasas de respiración disminuyen con la disminución de la fotosíntesis neta, entonces el balance entre F y R puede ser otro.

Las limitaciones de este estudio preliminar levantan varios puntos importantes para consideración en futuros estimados. Primero, la alta respiración del suelo es un elemento del estimado que amerita más trabajo. En nuestro estudio esta tasa varió entre 0.72 y 1.00 mol CO_2 m^{-2} $día^{-1}$ y es necesario averiguar si la respiración del suelo siempre se mantiene tan alta o si cambia estacionalmente, lo que claramente impactaría el cálculo del balance de carbono. Igualmente, hay que verificar con estudios más prolongados las diferencias observadas aquí en la respiración nocturna de plantas del dosel y subdosel y las diferencias entre especies nativas y *C. elastica* (Tabla 2). Las potenciales diferencias en la respiración de las hojas impactan directamente el cociente F/R en los árboles del bosque. Finalmente, es necesario estimar el Índice de Área Foliar en base a la contribución de cada especie para mejorar el estimado de los flujos del CO_2 y obtener medidas de la respiración de los tallos en este bosque para no depender de los estimados en otros bosques.

A pesar de las limitaciones de este estudio, los resultados en la Tabla 5 caen dentro de lo esperado en base a estudios en otros lugares. Por ejemplo, tres bosques templados en los Estados Unidos de América exhibieron un rango de variación entre cero y un sumidero de 1.17 g C m^{-2} $día^{-1}$ (Fahey *et al*. 2010). El valor alto correspondió a una plantación de 15 años. En una revisión más amplia del balance de carbono de bosques templados, boreales y tropicales Inatomi *et al*. (2010) reportaron rangos de variación en la remoción neta de carbono entre 0.02 y 1.08 g C m^{-2} $día^{-1}$, mayormente para bosques maduros. Nuestros valores basados en las tasas de *C. elastica* son más altos que los reportados por Inatomi *et al*. (2010) quizás por los atributos ecofisiológicos y edad del bosque de *C. elastica*. El bosque novedoso de *C. elastica*, por su ubicación

Tabla 5. Balance de carbono del bosque de *Castilla elastica* en El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. Los datos están reportados en g C m^{-2} de terreno $día^{-1}$. El cociente F/R no conlleva unidades. Valores positivos representan la remoción de carbono de la atmósfera y los negativos la emisión de carbono a la atmósfera. Los datos de respiración incluyen un estimado de la respiración en los tallos (ver texto).

Flujo	Torre I		Torre II	
	C. elastica	Nativas	*C. elastica*	Nativas
Fotosíntesis	19.80	14.28	21.96	15.60
Respiración	-16.28	-13.76	-16.88	-14.96
Diferencia	3.52	0.52	5.08	0.64
F/R del bosque	1.22	1.04	1.30	1.04

tropical y carácter secundario, puede remover más carbono por unidad de terreno que los bosques templados y los bosques maduros.

AGRADECIMIENTOS

El estudio se llevó a cabo en la propiedad del Sr. Abel Vale, quien también ayudó en la instalación de las torres utilizadas para accesar el dosel del bosque. Carlos Estrada y Samuel Moya dirigieron la colección de datos del Índice de Área Foliar. Oscar Abelleira Martínez, Tana Wood y los estudiantes del campamento de verano ALACIMA ayudaron en la colección de los datos de intercambio gaseoso. Ernesto Medina revisó y mejoró el manuscrito y Mildred Alayón lo editó. Gracias a F.N. Scatena por la discusión sobre la determinación del Índice de Área Foliar. La investigación se hizo en colaboración con la Universidad de Puerto Rico.

LITERATURA CITADA

Fahey, T.J., P.B. Woodbury, J.J. Battles, C.L. Goodale, S.P. Hamburg, S.V. Ollinger, y C.W. Woodall. 2010. Forest carbon storage: ecology, management, and policy. Frontiers in Ecology and the Environment 8:245-252.

Fonseca da Silva, J. 2010. Species composition, species diversity, and structure of novel *Castilla elastica* forests. Capítulo 1 de Tesis de Maestría. Departamento de Biología, Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, PR.

Harris, N.L. 2006. The carbon balance of a tropical forested ecosystem along an elevational gradient in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. Tesis Doctoral. State University of New York, Syracuse, NY.

Harris, N.L., C.A.S. Hall, y A.E. Lugo. 2008. Estimates of species- and ecosystem-level respiration of woody stems along an elevational gradient in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. Ecological Modelling 216:253-264.

Hobbs, R.J., S. Arico, J. Aronson, J.S. Baron, P. Bridgewater, V.A. Cramer, P.R. Epstein, J.J. Ewel, C.A. Klink, A.E. Lugo, D. Norton, D. Ojima, D.M. Richardson, E.W. Sanderson, F. Valladares, M. Vilá, R. Zamora, y M. Zobel. 2006. Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. Global Ecology and Biogeography 15:1-7.

Holwerda, F. 2005. Water and energy budgets of rain forests along an elevation gradient under maritime conditions. Tesis Doctoral. Vrije Universiteit, Amsterdam, The Netherlands.

Inatomi, M., A. Ito, K. Ishijima, y S. Murayama. 2010. Greenhouse gas budget of a cool-temperate deciduous broad-leaved forest in Japan estimated using a process-based model. Ecosystems 13:472-483.

IPCC. 2007. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, y H.L. Miller (editors)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

Lugo, A.E. 2009. The emerging era of novel tropical forests. Biotropica 41:589-591.

Lugo, A.E., J.A. González Liboy, B. Cintrón, y K. Dugger. 1978. Structure, productivity, and transpiration of a subtropical dry forest in Puerto Rico. Biotropica 10:278-291.

Odum, H.T. 1970. Summary: an emerging view of the ecological systems at El Verde. Pages I191-I289 *en* H.T. Odum y R.F. Pigeon, editores. A tropical rain forest. National Technical Information Service, Springfield, VA.

Zach, A., V. Horna, C. Leuschner, y R. Zimmermann. 2010. Patterns of wood carbon dioxide efflux across a 2,000-m elevation transect in an Andean moist forest. Oecologia 162:127-137.

Acta Científica 22(1-3), 29-35, 2008

ESTRUCTURA Y QUÍMICA DEL SUELO EN UN BOSQUE DE *Castilla elastica* EN EL CARSO DEL NORTE DE PUERTO RICO: RESULTADOS DE UNA CALICATA

Christian A. Viera Martínez [1,2], *Oscar J. Abelleira Martínez* [3,4] y *Ariel E. Lugo*[3]
[1] Escuela Superior Juan Quirindongo Morell, Vega Baja, Puerto Rico
[2] Alianza para el Aprendizaje de Ciencias y Matemáticas (AlACiMa)
Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico
[3] Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1115
[4] Departamento de Biología, Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico

RESUMEN

Excavamos una calicata de suelo de 1m x 1m x 1m en un bosque dominado por *Castilla elastica*, un árbol introducido para sombra de café en el carso del norte de Puerto Rico. Encontramos cuatro horizontes (designación en paréntesis) de suelo: suelo con materia orgánica (A), suelo mineral lixiviado (E), suelo mineral aeróbico (B) y suelo saturado (C). El almacenaje total de materia orgánica del suelo fue de 143 Mg/ha. La densidad aparente y el pH del suelo aumentaron con la profundidad, el nivel freático se encontró entre 65 y 80 cm de profundidad y no se encontraron raíces a >55 cm de profundidad. Esto sugiere que la mayoría de las raíces de *C. elastica* son superficiales y probablemente no toleran la saturación hídrica permanente en el suelo. A pesar de la limitación en el volumen de suelo disponible a las raíces del bosque, la calicata contiene altas cantidades de elementos químicos necesarios para sostener la productividad primaria. Los almacenajes fueron (Mg/ha): N-13.9, P-4.0, K-1.8, Ca-19.4, Mg-3.6, Mn-15.9, Al-168, Fe-645, Na-1.1 y C-71.7. El suelo era rico en N y P y bajo en K, Ca y Mg en comparación a otros bosques de Puerto Rico.

ABSTRACT

We dug a soil pit of 1m x 1m x 1m in a forest dominated by *Castilla elastica*, a tree for shade coffee introduced in the karst of northern Puerto Rico. We found four soil horizons (designation notes in parenthesis) (A) organic soil matter (E) mineral soil leachate (B) aerobic mineral soil, and (C) saturated soil. The total storage of soil organic matter was 143 Mg/ha. Apparent soil density increased with depth, the ground-water level was between 65 and 80 cm deep, and there were no roots >55 cm deep. This suggests that most of the *C. elastica* roots are superficial and unlikely to tolerate permanent waterlogging in the soil. Despite the limitation in the amount of soil available to the roots of the forest, the pit stores large amounts of chemical elements necessary to sustain primary productivity. Storages were (Mg/ha): N-13.9, P-4.0 K-1.8, Ca-19.4, Mg 3.6, Mn-15.9, Al-168, Fe-645, Na-1.1 and C-71.7. The soil was rich in N and P and low in K, Ca and Mg compared to other forests in Puerto Rico.

Palabras clave: bosques novedosos, nutrientes del suelo, almacenaje de nutrientes en el suelo.

INTRODUCCIÓN

A lo largo del mundo están surgiendo ecosistemas naturales dominados por especies introducidas después del uso y alteración humana.. Éstos han sido denominados como ecosistemas novedosos (Hobbs *et al*. 2006). Históricamente, los estudios ecológicos han sido basados mayormente en ecosistemas aparentemente prístinos, los cuales son cada vez más raros. Debido a la creciente influencia del ser humano, los ecosistemas novedosos están aumentando su área en el planeta y esto amerita que sean estudiados (Lugo 2009).

La mayoría de los estudios sobre la ecología de bosques secundarios se enfoca en la vegetación, pasando por alto la descripción detallada del suelo. El desarrollo de la vegetación depende del suelo para la adquisición de agua y nutrientes por lo que su estudio es importante para entender la vegetación. La excavación cuidadosa de un volumen de suelo -- conocido como calicata-- permite conocer el desarrollo del suelo al determinar la presencia y grosor de sus capas -- conocidos como horizontes -- la profundidad del nivel freático y la disponibilidad de nutrientes y otros elementos químicos. Este estudio describe el suelo de un bosque de *Castilla elastica*, un árbol que fue introducido a Puerto Rico para el cultivo de café en sombra. Después del abandono agrícola del área, la regeneración natural de otras especies arbóreas ha hecho de este lugar un bosque de carácter secundario y novedoso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Seleccionamos una zona adecuada donde excavamos una calicata de 1 m^3 (1m x 1m x 1m) desde la superficie del suelo. Se identificó y midió la profundidad de cada horizonte usando la clave de colores de Munsell (1994). Se obtuvo una muestra de cada horizonte usando un cilindro de 98.125 cm^3 para estimar la densidad aparente de suelo. Para cada horizonte se obtuvo una muestra de mayor volumen para cuantificar la concentración de los siguientes elementos químicos: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), manganeso (Mn), aluminio (Al), hierro (Fe), sodio (Na) y carbono (C). Estimamos la materia orgánica del suelo multiplicando el almacenaje de C por dos. También determinamos la presencia de raíces y medimos la profundidad y diámetro de las raíces >0.50 cm de diámetro por horizonte.

Todas las muestras de suelo se llevaron al laboratorio del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. Las muestras de densidad aparente se secaron en un horno a 105 C hasta peso constante y su masa se dividió por el volumen muestreado para estimar densidad aparente del suelo en g/ cm^3. Las muestras para estimar la concentración y cantidad de elementos químicos se secaron al aire (40 C) utilizando un horno de *Preiser Scientific* y se molieron para que pasasen por el tamiz número 20. Para determinar la concentración total de N y C se utilizó el método de combustión seca utilizando un *LECO TruSpec CN Analyzer* (Leco Corporation 2005). Para la digestión de las muestras se utilizó H_2O_2 de 30 por ciento con una modificación del método de Luh Huang y Schulte (1985). Esta extracción determina las concentraciones totales de Ca, K, P, Mg, Fe, Al, Mn y Na. Estas concentraciones se obtuvieron usando un *Spectro Plasma Emission Spectrometer* modelo *Spectro Ciros* CCD-ICP. Se procesaron seis muestras de suelo y además se procesó material de referencia certificada (*Montana soil* NIST-2711) para verificar la extracción total de los elementos en la muestras. Estas muestras de referencia se obtuvieron de Leco Corp (St. Joseph, MI) y Elemental Microanalysis Ltd.

Utilizamos una extracción de 1N KCl (Anderson e Ingram 1993) para obtener la concentración de los cationes intercambiables. El procedimiento utilizado fue el de Olsen-EDTA (NH_4-EDTA-$NaHCO_3$) que permite determinar la concentración disponible de Fe, Mn, K y P. Se procesaron seis muestras de suelo usando un *Spectro Ciros* CCD-ICP. El pH del suelo se midió con un metro *Thermo Orion* modelo 350 con electrodos de epoxi y diluyendo el suelo en agua y en 1N KCl a una razón de 1:1 (agua y suelo; McLean 1982). La pérdida de peso por ignición (LOI, por sus siglas en inglés) se obtuvo con un *Leco Thermogravimetric Analyzer* modelo TGA 701 (Leco Corporation 2009).

La concentración total (mg/g) de elementos químicos en cada horizonte se multiplicó por la densidad aparente del suelo (g/cm^3) correspondiente al horizonte, por su grosor (cm) y por 100 para estimar el almacenaje absoluto de elementos químicos en Mg/ha.

RESULTADOS

Previo a excavar la calicata, encontramos y removimos una capa fina de materia orgánica de <1 cm de grosor compuesta de hojarasca nueva a parcialmente descompuesta con poca acumulación de humus. Identificamos cuatro horizontes (designaciones en paréntesis) de suelo mayormente arcilloso y mineral: suelo con alguna materia orgánica de color marrón oscuro (A), suelo lixiviado con poca materia orgánica de color marrón (E), suelo aeróbico de color marrón fuerte (B), y suelo saturado de color marrón fuerte (C; Fig. 1, Tabla 1). La densidad aparente del suelo tendió a aumentar con la profundidad de suelo. El pH era ácido y aumentó con la profundidad.

La mayoría de las raíces >0.5 cm de diámetro se encontraron en los primeros 30 cm de suelo. Encontramos el nivel freático a 80 cm de profundidad. Sin embargo, a juzgar por la profundidad de manchas de oxidación/reducción de suelo, o moteado, el nivel freático aparenta fluctuar alrededor de los 65 cm de profundidad y no encontramos raíces de ningún tamaño a >55 cm de profundidad.

En general, la concentración total de elementos químicos disminuyó con la profundidad (Fig. 2), aunque el Ca aumentó en el horizonte B al igual que el Mg y K. Las concentraciones de P y C disminuyeron dramáticamente con la profundidad al igual que Mn entre el horizonte E y B. Con excepción de la pérdida por ignición que bajó entre el horizonte A y E, el cambio en concentración con la profundidad en el resto de los elemento no fue notable. Sin embargo, las altas concentraciones de Al y Fe y la alta pérdida por ignición de estos suelos son notables. Las concentraciones de elementos disponibles fueron mucho más bajas que las concentraciones totales, particularmente las de Al (Tabla 2). Además, el cociente entre la concentración total y la disponible de un elemento dado varió con la profundidad del suelo (Tabla 2). La cantidad total de los elementos fue mayor en el horizonte C comparado con los horizontes A y E (Tabla 3). En algunos casos el horizonte B superaba a los horizontes A y E en el almacenaje de elementos químicos como el Mg, Ca, Al y Fe. El Na también se acumuló en los dos horizontes más profundos.

DISCUSIÓN

En el lugar de la calicata, el bosque carecía de una capa húmica gruesa y desarrollada. Es posible que hojarasca y humus sean transportados lateralmente por escorrentía y que haya una capa húmica de mayor espesor en lugares topográficamente más bajos que el área de estudio. Sin embargo, el desarrollo y presencia de un horizonte E de alta lixiviación es indicativo de vegetación boscosa en áreas de alta pluviosidad (Brady y Weil 2002). La menor densidad aparente de suelo del horizonte A refleja mayor acumulación de materia orgánica, ya sea lixiviada desde la hojarasca o por descomposición de raíces, en comparación a los horizontes de mayor profundidad. Los datos químicos del C vs. profundidad, las bajas concentraciones de Na y K y la acumulación de elementos en el horizonte C (Fig. 2, Tabla 3) apoyan esta observación sobre la alta lixiviación. La falta de raíces a mayor profundidad probablemente se debe a la saturación hídrica del suelo lo cual inhibe la oxigenación y el crecimiento de raíces. Esto implica que las raíces secundarias de *C. elastica* no toleran suelos permanentemente saturados y que la mayoría de la biomasa de raíces se encuentra en suelo aeróbico.

En los mapas de suelo vigentes se clasifica este suelo como perteneciente a la serie Complejo Tanamá-Afloramiento Rocoso (Rtf; Acevido 1982). Sin embargo, la descripción presentada aquí corresponde más a un suelo perteneciente a la serie Almirante arcilloso (AnC) la cual se encuentra en valles y depresiones del carso cercanas al área se estudio (Báez *et al*. SF). Es posible que la

Figura 1. Fotografía de una pared de una calicata de suelo en el bosque de *Castilla elastica*, El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. Las líneas horizontales y escala lineal delimitan los cuatro horizontes y su profundidad en la calicata. El nivel freático es visible en el suelo de la calicata. La excavación se realizó el 24 de junio del 2008.

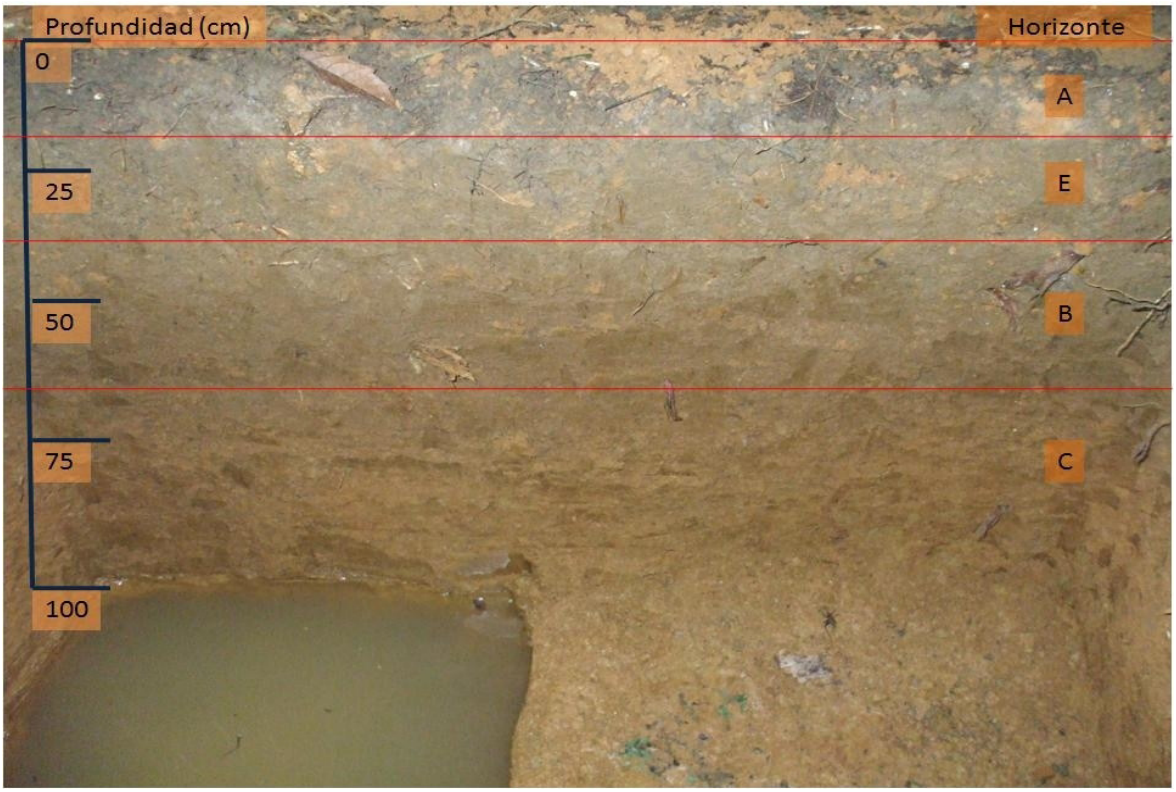


Tabla 1. Profundidad de horizontes, densidad aparente de suelo, pH y grosor de raíces >0.5 cm de diámetro presentes en cada horizonte de una calicata excavada en un bosque de *Castilla elastica* en El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico.

Horizonte (cm)	Profundidad	Densidad Aparente (g suelo/cm^3)	pH (H_2O)	pH (KCl)	Grosor de Raíces (cm)
A	0-13	1.01 (0.03)	6.28	5.53	1.8, 4.9
E	13-29	1.34 (0.08)	6.19	5.46	0.6, 0.9, 4.0
B	29-61	1.25 (0.05)	5.95	5.44	1.1
C	61-100	1.48 (0.03)	5.79	5.10	0

resolución de los mapas de suelo no haya sido tan detallada como para capturar cambios en el suelo encontrados en valles o depresiones angostas. Suelos clasificados como AnC tienen una alta permeabilidad, capacidad de retención de agua y fertilidad moderada y son fuertemente ácidos lo que puede estar limitando el crecimiento de algunas especies arbóreas. La clasificación actualizada de los suelos de Puerto Rico lo define como oxisol húmedo de desarrollo mínimo y sencillo de horizontes, lo cual está de acuerdo con lo que encontramos en este estudio (Beinroth *et al*. 2003). Es posible que el origen de este suelo sea fuera del carso y por eso es ácido. Este suelo fue transportado a los valles del

Figura 2. Variación con la profundidad en la concentración total de elementos químicos en una calicata excavada en un bosque de *Castilla elastica* en El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. La escala para los valores de concentración es logarítmica. Los puntos se ubican en el centro de cada uno de los cuatro horizontes observados en la calicata.

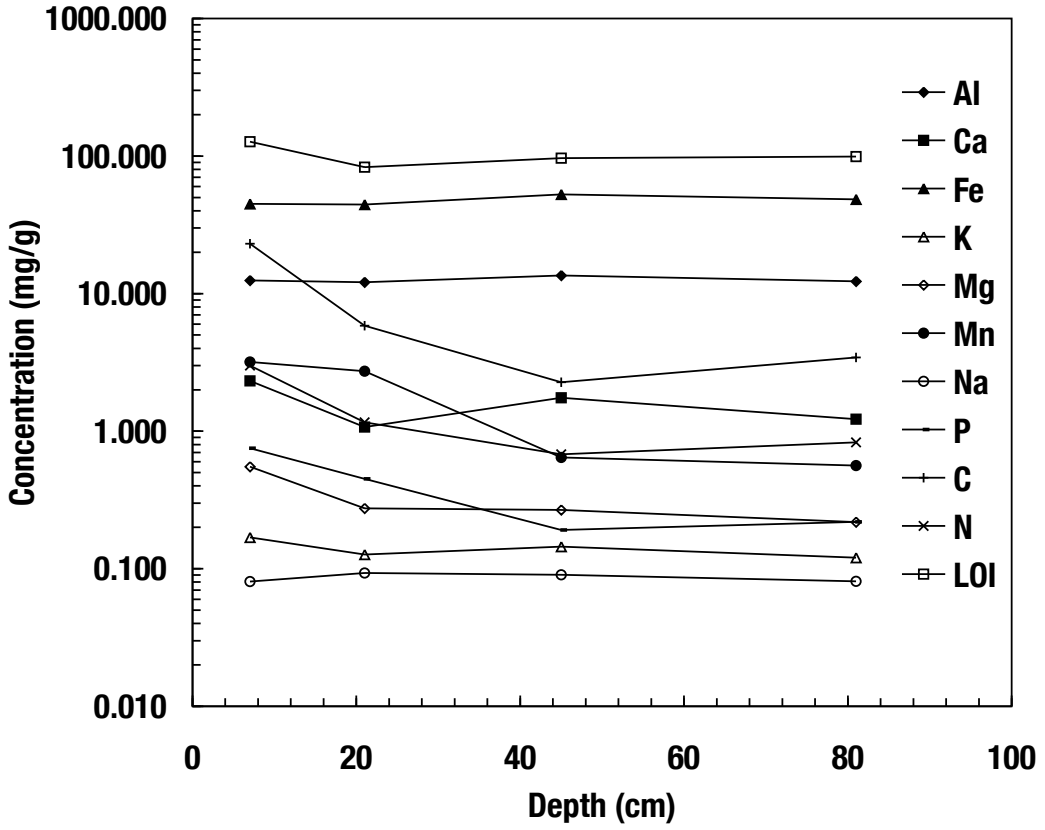


Tabla 2. Concentración (mg/g) de elementos disponibles de acuerdo a la extracción con el método de Olsen. El número en paréntesis, al multiplicarse por la concentración en la celda correspondiente, resulta en la concentración total (mg/g) del elemento en esa muestra. Los horizontes de la calicata están identificados en orden de profundidad como A, E, B y C (Tabla 1). La calicata se excavó en un bosque de *Castilla elastica* en El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico.

Elemento	A	E	B	C
P	0.025 (30.1)	0.010 (45.0)	0.001 (192.0)	0.004 (54.75)
K	0.071 (2.38)	0.041 (3.098)	0.066 (2.197)	0.060 (2.017)
Ca	1.288 (1.801)	0.608 (1.762)	1.045 (1.677)	0.777 (1.577)
Mg	0.153 (3.614)	0.046 (5.957)	0.030 (8.9)	0.014 (15.643)
Mn	0.303 (10.531)	0.127 (21.512)	0.043 (15.0)	0.063 (8.937)
Fe	0.076 (590.6)	0.075 (592.6)	0.041 (1,284.4)	0.053 (914.64)
Na	0.167 (0.485)	0.114 (0.816)	0.081 (1.123)	0.068 (1.191)
Al	0.005 (2,492)	0.002 (6,053)	0.004 (3,392)	0.003 (4,133)

Tabla 3. Almacenaje de elementos químicos en una calicata ubicada en un bosque de *Castilla elastica* en El Tallonal, Arecibo, Puerto Rico. Los valores se reportan en Mg/ha y fueron redondeados. A, E, B y C corresponden a los cuatro horizontes de suelo encontrados entre la superficie y un metro de profundidad (Tabla 1). La pérdida de peso por ignición es LOI, por sus siglas en inglés.

Elemento	A	E	B	C	Total
N	3.9	2.5	2.7	4.8	13.9
P	1.0	1.0	0.8	1.3	4.0
K	0.2	0.3	0.6	0.7	1.8
Ca	3.0	2.3	7.0	7.1	19.4
Mg	0.7	0.6	1.1	1.3	3.6
Mn	4.2	5.9	2.6	3.3	15.9
Al	16.4	26.0	54.3	71.0	168.0
Fe	58.9	95.3	210.6	279.8	644.7
Na	0.1	0.2	0.4	0.5	1.1
C	30.2	12.5	9.1	20.0	71.7
LOI	167.0	178.4	386.0	572.6	1,303.8

Tabla 4. Almacenaje de nutrientes (Mg/ha) en varios bosques de Puerto Rico. Los datos de 0 a 30 cm en la segunda columna corresponden a un bosque de *Spathodea campanulata* con suelos aluviales (Abelleira Martínez y Lugo 2008) y los datos en esa columna para un metro de profundidad corresponden al promedio de ocho calicatas (error estándar en paréntesis) en la zona de *Dacryodes excelsa* (tabonuco) del Bosque Experimental de Luquillo (Lugo 1992). Los datos de *Castilla elastica* son de este estudio.

Nutriente	*Spathodea/Dacryodes*	*Castilla*
	0 a 30 cm de profundidad	
N	4.1	6.4
P	1.2	2.0
K	1.4	0.5
Ca	17.6	5.3
Mg	13.8	1.3
Materia Orgánica	261	85
	0 a 100 cm de profundidad	
N	8.0 (0.7)	13.9
P	1.7 (0.2)	4.0
K	24.7 (1.8)	1.8
Ca	5.6 (1.7)	19.4
Mg	20.7 (8.1)	3.6
Materia Orgánica	134 (15.8)	143

carso por procesos aluviales según Monroe (1976). Monroe los designó *blanket sands* por su textura y cobertura extensa entre los mogotes.

Los datos de concentración total y almacenaje de elementos químicos (Tablas 2 y 3) reflejan suelos fértiles y favorables para el crecimiento arbóreo. Las cantidades de nutrientes como N y P en los primeros 30 cm de profundidad de la calicata son más altas y las de K, Ca, y Mg más bajas que las reportadas para suelos aluviales más cercanos a la costa en la misma región (Tabla 4). Sin embargo, la mayor parte de los elementos químicos están almacenados en los dos horizontes más profundos comparado con el almacenaje en el volumen de suelo con raíces. Si comparamos ocho calicatas de un metro de profundidad en bosques muy húmedos en el Bosque Experimental de Luquillo (Lugo 1992), la calicata en el bosque de *C. elastica* contiene más N, P y Ca, menos K y Mg y materia orgánica similar (Tabla 4).

El bosque de *C. elastica* está sujeto a lluvias y escorrentías fuertes con dos efectos sobre la estructura y química del suelo. Inundaciones periódicas y los horizontes identificados en la Fig. 1 reflejan un nivel freático alto de suerte que la distribución de raíces se limita a los primeros 50 cm del perfil. En ese volumen de suelo la concentración y cantidad de N y P son altos y superan lo observado en los suelos aluviales costeros conocidos por su alta productividad (Tabla 4). Además, la alta infiltración de agua lixivia elementos como el K, Na, Ca, Mg y otros que se acumulan en los horizontes más profundos de la calicata (Tabla 3). A pesar de la lixiviación y acumulación de elementos fuera del alcance de las raíces superficiales, los horizontes superficiales contienen altas concentraciones y cantidades de los nutrientes requeridos para sostener la alta productividad del bosque.

AGRADECIMIENTOS

Iván Vicens proveyó ayuda técnica durante la excavación de la calicata. Lucy Gaspar, Jessica Fonseca Da Silva y el personal de AlACiMa y del Servicio Forestal, organizaron y ayudaron en la operación del campamento de verano del 2008 en el que se realizó este estudio. Jéssica Fonseca escogió y proveyó información acerca del lugar de estudio. Abel Vale proveyó información sobre la historia de uso del lugar y nos permitió realizar este trabajo en su propiedad, la Reserva Natural El Tallonal. Este estudio se hizo en colaboración con la Universidad de Puerto Rico. Mildred Alayón editó el manuscrito y los siguientes colegas revisaron y mejoraron el artículo: Ernesto Medina, Elvira Cuevas, Mary Jean Sánchez, y Edwin López.

LITERATURA CITADA

Abelleira Martínez, O. y A.E. Lugo. 2008. Post sugar cane succession in moist alluvial sites in Puerto Rico. Páginas 73-92 *en* R. W. Myster, editor. Post-agricultural succession in the Neotropics. Springer, New York.

Acevido, G. 1982. Soil survey of Arecibo area of northern Puerto Rico. USDA Soil Conservation Service and UPR, Mayagüez.

Anderson, J.M. y J.S.I. Ingram. 1993. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods, second edition. C.A.B. International, Wallingford.

Báez Jiménez, J.A., A. Otero Colón, y N.A. Trejo Ricaño. SF. Plan de manejo de recursos múltiples y custodia de bosques privados para la Reserva Natural Mata de Plátano – El Tallonal, propiedad de Abel Vale Nieves y Evelyn Moreno Ortiz. Envirosurvey, Inc.

Beinroth, F.H., R.J. Engel, J.L. Lugo, C.L. Santiago, S. Ríos, y G.R. Brannon. 2003. Updated taxonomic classification of the soils of Puerto Rico. College of Agricultural Sciences and Agricultural Experiment Station, UPR, Mayagüez.

Brady N.C. y R.R. Weil. 2002. The nature and properties of soils, 13th ed. Pearson Education, New Jersey.

Hobbs, R.J., S. Arico, J. Aronson, J.S. Baron, P. Bridgewater, V.A. Cramer, P.R. Epstein, J.J. Ewel, C.A. Klink, A.E. Lugo, D. Norton, D. Ojima, D.M. Richardson, E.W. Sanderson, F. Valladares, M. Vilà, R. Zamora, y M. Zobel. 2006. Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. Global Ecology and Biogeography 15:1-7.

Leco Corporation. 2005. Carbon and nitrogen in soil and sediment. Organic Application Note TruSpec CN, Form No. 203-821-275, St. Joseph, MI.

Leco Corporaton. 2009. Modification of method Moisture and Ash Determination in Flour. Organic Application Note TGA701, Form No. 203-821-359, St. Joseph, MI.

Lugo, A.E. 1992. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. Ecological Monographs 62:1-41.

Lugo, A.E. 2009. The emerging era of novel tropical forests. Biotropica 41:589-591.

Luh-Huang, C.Y. y E.E. Schulte. 1985. Digestion of plant tissue for analysis by ICP emission spectroscopy. Communications in Soil Science and Plant Analysis 16:943-958.

McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. Páginas 199-209 *en* Methods of Soil Analysis, Part 2. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Monroe, W.M. 1976. The karst landforms of Puerto Rico. U.S. Geological Survey Professional Paper, U.S. Government Printing Office, Washington, DC. 93 p + mapa.

Munsell. 1994. Munsell Soil Color harts. Kollmogren Instruments Corp., New York.

Acta Científica 22(1-3), 37-42, 2008

OBSERVATIONS ON THE FAUNA THAT VISIT AFRICAN TULIP TREE (*SPATHODEA CAMPANULATA* BEAUV.) FORESTS IN PUERTO RICO

Oscar J. Abelleira Martínez
International Institute of Tropical Forestry
United States, Department of Agriculture, Forest Service
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1115
Departamento de Biología, Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico
yacayo2@hotmail.com

ABSTRACT

Diurnal field observations in secondary forests dominated by the introduced African tulip tree (*Spathodea campanulata*) in Puerto Rico show a faunal assemblage that consists mostly of native species (81.1 percent). The most abundant species were common birds and reptiles, yet some uncommon fauna appear to be visiting or residing in these forests. The observations suggest these forests have the potential to provide resources and habitat for uncommon or endangered species. Systematic studies on the fauna associated to these forests are needed, especially for less conspicuous species and those with limited daytime activity such as bats, frogs, and invertebrates.

Keywords: introduced species, novel forests and plant-animal interactions.

INTRODUCTION

The African tulip tree, *Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae), was introduced to Puerto Rico more than 90 years ago (Abelleira and Lugo 2008). It is now the most abundant tree in the secondary forests of Puerto Rico (Brandeis *et al*. 2007) and is very conspicuous during its flowering and fruiting season. When flowering, trees mass produce large (>5 cm long) attractive flowers of an intense orange-red color that cover the canopy and then the floor. During the fruiting season, trees loose most to all of their leaves, and the seed pods and bark are distinguishable from evergreen forest canopies. These traits seem to be attracting fauna to *S. campanulata* trees and forests.

There is a rising need to document the fauna associated to secondary forests because they are increasing in area in many parts of the world (Bowen *et al*. 2007). What follows is a series of casual observations on the fauna associated to *S. campanulata* trees made while completing a study on the ecology of forests dominated by this species in northcentral Puerto Rico (Abelleira Martínez 2009). The observations are focused on the interactions arising between native and introduced species, and their environment. Management, conservation practices, and research needs are discussed.

METHODS

The observations are biased towards conspicuous daytime fauna and are meant to document but do not constitute a systematic study. Most of the observations were made in *S. campanulata* forests in rural northcentral Puerto Rico on alluvial and karst geological substrates, and less in volcanic substrate due to fewer visits (Abelleira Martínez 2009). These are complemented with observations of fauna associated to individual trees in rural to urban settings. I group my observations by major animal groups biased towards vertebrates. Each animal is reported by its common local or most familiar name, scientific names are given for those whose identification was certain, and all are native unless stated otherwise.

RESULTS

Amphibians

The common Coquí (*Eleutherodactylus coqui*), the Coquí Churí (*E. antillensis*), White-lipped Frog (*Leptodactylus albilabris*), and the introduced Cane Toad (*Bufo marinus*) were observed at most *S. campanulata* forests visited (Table 1). Egg masses of Coquí species were found in the leaf litter on the forest floor, and Cane Toad and possibly White-lipped Frog tadpoles thrived in vernal pools formed by old plow lines that trapped floodwater at alluvial sites. The same occurred in sites on karst depressions that remained flooded after major rain events due to the obstruction of sinkholes by debris.

Birds

In the *S. campanulata* forests of rural northcentral Puerto Rico there is a regular bird assemblage formed by the Bobo Mayor (*Saurothera vieilloti*), Carpintero (*Melanerpes portoricensis*), and Comeñame (*Loxigilla portoricensis*; Table 1), all endemic species. The Comeñame was observed consuming *S. campanulata* seeds, which are about 2 cm long, winged, and wind-dispersed, off the pods. Less frequent or conspicuous visitors were the Bobo Menor (*Coccyzus minor*), Calandria (*Icterus dominiciensis*), Julián Chiví (*Vireo* spp.), Reina Mora (*Spindalis portoricensis*), Reinita (*Coereba flaveola*), San Pedrito (*Todus mexicanus*), and hummingbirds. The Martinete (*Butorides virescens*) visited flooded alluvial and karst sites. The Judío (*Crotophaga ani*) frequently perched on *S. campanulata* trees in pastures or forest edges, and introduced chickens (*Gallus domesticus*) sometimes visited sites near homesteads.

In rural to urban areas, insectivorous birds such as the Chango (*Quiscalus niger*), Pitirre (*Tyrannus dominicensis*), and Zorzal Pardo (*Margarops fuscatus*) can frequently be seen perching atop *S. campanulata* flower clusters (Table 1). They probably cross-pollinate the self-incompatible flowers while drinking rain water that accumulates in the flowers or foraging for insects in the nectar (Gentry 1974, Trigo and dos Santos 2000, Bittencourt *et al*. 2003, Fumero *pers. comm.*). In urban Río Piedras, introduced Dominican Parakeets (*Aratinga chloroptera*) invade *S. campanulata* trees during fruiting season. They peel the seeds off the pods with their claws and consume the cotyledons, discarding the papery wings. These parakeets are found in many lowland rural municipalities such as Arecibo, Mayagüez, Salinas, and San Germán. Also in Río Piedras, I regularly observed a Guaraguao (*Buteo jamaicensis*) returning to the same *S. campanulata* tree at dusk. It either nested or used the tree to perch at night.

Invertebrates

The diversity of species in this group makes it the most limited in taxonomic resolution. I casually observed centipedes, praying mantis, walking sticks, spiders, and scorpions. Mosquitoes were so abundant at wet to flooded sites that they became unbearable. Wasps were seasonal in the forest understory and appeared to be most common during summer which coincided with forest canopy opening due to leaf fall (Abelleira Martínez 2009). The Brown Land Snail (*Caracolus caracola*) was very common in understory foliage, tree trunks, and forest floor leaf litter of alluvial and karst sites (Table 1). Other snails (*C. marginella* and *Polydontes lima*) were less common.

Mammals

Puerto Rico lacks native terrestrial non-flying mammals in present to recent times. Instead, I observed introduced stray dogs (*Cannis lupus familiaris*), feral cats (*Felis catus*), and mice (*Mus musculus*) sporadically at some sites (Table 1). However, although I never observed them directly for not visiting any sites at night, the most conspicuous evidence of any mammal was of bats. On the floor of alluvial and karst *S. campanulata* forests, localized clumps of seeds and seedlings of the trees *Andira inermis*, *Callophylum calaba*, *Melicoccus bijugatus*, *Terminalia catappa*, and *Thespesia grandiflora* are circumstantial evidence of this (Fleming and Heithaus 1981, Ortega and Castro Arellano 2001). In Puerto Rico, the Common Fruit Bat (*Artibeus jamaiscencis*) can be dispersing these and other species with small-sized

Table 1. Fauna observed in *Spathodea campanulata* forests on alluvial, karst, and volcanic geological substrates in rural areas, and in individual *S. campanulata* trees in urban areas. Only fauna identified to genus or species are included. The observation time spans were similar between alluvial and karst sites, and these were about twenty-fold the time span on volcanic sites. In urban areas, observations were casual.

	Site Description			
	Alluvial	**Karst**	**Volcanic**	**Urban**
		Amphibians		
*Bufo marinus**	x	x		
Eleutherodactylus antillensis†		x		
Eleutherodactylus coqui†	x	x	x	
Leptodactylus albilabris	x	x	x	
		Birds		
*Aratinga chloroptera**				x
Buteo jamaicensis			x	x
Butorides virescens	x	x		
Coccyzus minor		x		
Coereba flaveola	x	x	x	
Crotophaga ani	x	x		
*Gallus domesticus**	x	x		
Icterus dominicensis		x		
Loxigilla portoricensis†	x	x	x	
Margarops fuscatus	x	x	x	x
Melanerpes portoricensis†	x	x	x	x
Quiscalus niger	x			x
Saurothera vieilloti†	x	x		
Spindalis portoricensis†		x		
Todus mexicanus†		x	x	
Tyrannus dominicensis	x	x		x
Vireo spp.		x	x	
		Invertebrates		
Caracolus caracola	x	x		
Caracolus marginella	x	x		
Polydontes lima	x	x		
		Mammals		
*Cannis lupus familiaris**	x			
*Felis catus**		x		
*Mus musculus**			x	

Table 1. Fauna observed in *Spathodea campanulata* forests on alluvial, karst, and volcanic geological substrates in rural areas, and in individual *S. campanulata* trees in urban areas. Only fauna identified to genus or species are included. The observation time spans were similar between alluvial and karst sites, and these were about twenty-fold the time span on volcanic sites. In urban areas, observations were casual. (continued).

	Site Description			
	Alluvial	**Karst**	**Volcanic**	**Urban**
	Reptiles			
Alsophis portoricensis†	x	x	x	
Ameiva exsul†	x	x		
Anolis cristatellus†	x	x	x	
Anolis cuvieri†		x	x	
Anolis pulchellus†	x	x	x	
Anolis stratulus†	x	x		
Arrhyton exiguum†		x		
*Iguana iguana**	x			x
Mabuya mabouya sloani†		x		
Sphaerodactylus macrolepis		x	x	

* Introduced species

† Native species endemic to Puerto Rico and the Virgin Islands.

fruits (2-4 cm long) found amongst juvenile trees in *S. campanulata* forests (Rodríguez Durán 2005), and it is probably the most common visitor.

Reptiles

Anoles or Lagartijos (*Anolis cristatellus* and *A. stratulus*) are the most common residents of *S. campanulata* forests in northcentral Puerto Rico (Table 1). The Lagartijo Jardinero (*A. puchellus*) was common in forest edges. The canopy dwelling Lagarto Verde (*Anolis cuvieri*) was relatively common in forests on karst and volcanic substrates. In three out of ten visits to one volcanic site, I saw a Lagarto Verde on the same *S. campanulata* tree suggesting it was a resident. While visiting alluvial forests near the Cibuco and Plata rivers in rural to urban areas, I occasionally observed the introduced Green Iguana or Gallina de Palo (*Iguana iguana*) on river margins or sun bathing atop *S. campanulata* trees. I also observed their feces on the ground at some sites. Other possible residents are Siguanas (*Ameiva exsul*) and the litter dwelling gecko Salamanquita (*Sphaerodactylus macrolepis*). On one occasion, I observed a Lucia (*Mabuya mabouya sloani*), a rare endemic skink, climbing a *S. campanulata* tree trunk at a karst site near Manatí which I only visited on two occasions. The common snakes Culebra Corredora (*Alsophis portoricensis*) and Culebra de Jardín (*Arrhyton exiguum*) were seen in the morning hours at alluvial and karst sites.

DISCUSSION

These observations show that *S. campanulata* forests on abandoned farmlands provide habitat and resources to many animal species. They also show how animals can be using this tree as a resource in rural to urban areas. Most of the animals observed are native to the Island (81.1 percent; Table 1), half of the native species are endemic to Puerto Rico and the Virgin Islands, and all species, whether introduced or native, are interacting with *S. campanulata* forests or trees under naturally occurring circumstances. The following discussion

focuses on the implications of the interactions of *S. campanulata* forests and trees with animals, with emphasis on uncommon and endangered species.

In Puerto Rico, most seasonally flooded karst depressions were deforested for agriculture and *S. campanulata* is now a dominant species where this practice has been abandoned (Doerr and Hoy 1957, Rivera and Aide 1998, Aukema *et al*. 2007). Out of seven *S. campanulata* forests described on karst in my study, four were on depressions where seasonal pools formed due to clogging of sinkholes (Abelleira Martínez 2009). The endangered endemic frog Sapo Concho (*Peltophryne lemur*) takes advantage of seasonal pools in the southern dry forests and there is evidence that this species once occurred in the northern moist karst forests (Rivero *et al*. 1980). Measures of habitat quality in Puerto Rico usually deem sites dominated by introduced species, such as *S. campanulata*, as degraded and of none to negative ecological value. This does not consider other important habitat characteristics such as hydrology (i.e., seasonality and extent of flooding) and food resources that can be important for successful reintroductions of the Sapo Concho in the northern region. The abundance of other frogs and food resources (i.e.; mosquitoes and other insects) suggests that *S. campanulata* forests on floodable karst depressions can be ideal sites for the reintroduction of this species. The presence of the introduced Cane Toad, which has been suggested to be a competitor and predator of the Sapo Concho, could complicate the establishment of successful populations yet they seem to be present in all the lowland moist regions of Puerto Rico (Rivero *et al*. 1980, Rivero 1998). The high productivity of *S. campanulata* forests offers vast resources for invertebrates that are the food staple of frogs and could allow the coexistence of these species.

Many of the birds found in *S. campanulata* forests are known tree seed dispersers. For example, the Comeñame, Julián Chiví, Reina Mora, and Zorzal Pardo consume and disperse the seeds of the native trees *Guarea guidonia*, *Cordia* spp., *Miconia* spp., and *Ocotea* spp. (Biaggi 1997, Carlo *et al*. 2003). These are commonly found as juvenile trees in *S. campanulata* forests. In fact, most species found as juvenile trees in these forests have small sized fruits that are probably dispersed by birds (Abelleira Martínez 2009). As most of these juvenile trees lack parent trees at most sites, the birds must be seeking habitat or other resources while consuming fruits and dispersing seeds. A possibility is that they are foraging for *S. campanulata* seeds.

The Dominican Parakeet is a very close relative of the extinct endemic Puerto Rican Parakeet (*Aratinga chloroptera maugei*) and a distant relative of the critically endangered Puerto Rican Parrot or Iguaca (*Amazona vitatta*; Biaggi 1997). The parakeets actively forage for the seeds and it could be possible that the Puerto Rican Parrot population that was recently reintroduced into Río Abajo state forest is using this resource in secondary forest areas. I am unaware of any studies on the nutritional value of *S. campanulata* seeds.

The year-round presence of insectivorous birds reflects high insect abundance in *S. campanulata* forests and their visits to flowers suggest they could be foraging while acting as pollinators. Suitable bird pollinators appear to be one of the reasons for *S. campanulata*'s invasion success in Puerto Rico (Kress and Horvitz 2005). This can have genetic and evolutionary implications for *S.campanulata* on the Island as birds could be selecting for larger flowers that serve as better perches or for flowers containing dead insects due to insecticidal compounds in the nectar (Abbott 1992, Trigo and dos Santos 2000). The effects of these compounds on invertebrate species on the Island need to be researched. On the other hand, researchers have observed that *S. campanulata* leaves and flowers are readily consumed by native freshwater shrimp (*Xiphocaris* spp.; Lugo 2004). Thus, it is probable that the effects of this relatively new food resource are not the same across native invertebrate species.

The leaf litter and organic matter accumulation in S. campanulata forests can bring back forest

dwelling invertebrates to deforested sites. For example, at alluvial S. campanulata forests formerly used for sugar cane, endemic Onychochaeta borincana and introduced Pontoscolex corethrurus, two earthworm species common in disturbed ground, coexist with other native earthworms of forest environments (P. cynthiae and P. spirallis; Lugo et al. 2006). The ant species composition of S. campanulata forests in the volcanic mountains of the Carite region consists of 15 litter and arboreal ants of which only one was introduced (Osorio Pérez et al. 2007). The microfauna found in the leaf litter of S. campanulata forests is currently being studied (Ortiz and Berberena pers. comm.). Like other conspicuous invertebrates observed in this study, wasps have returned to S. campanulata forests and they appear to have a seasonality that corresponds to the phenology of the forest canopy and understory trees. Where the wasps go when they are absent from the understory is uncertain yet a possibility is that leafing or flowering in the canopy offer resources for which they vertically migrate. More detailed studies of the invertebrates associated to S. campanulata forests are needed.

Caves sustain abundant bat populations which appear to contribute to high juvenile tree species richness on *S. campanulata* forests on karst through seed dispersal (Abelleira Martínez 2009). In West Africa, fruit bats visit *S. campanulata* flowers to lap the nectar by inserting their heads in the corolla, potentially acting as pollinators, or by tearing its side and robbing the nectar (Ayensu 1974). If they visit the flowers, bats could also act as pollinators in Puerto Rico. Studies on the bat populations and habits on or near *S. campanulata* forest sites could clarify their role in tree seed dispersal. Besides the Common Fruit Bat, other visitors could be the Antillean Fruit Bat (*Brachyphylla cavernarum*), the Brown Flower Bat (*Erophylla sezekorni*), the Greater Antillean Long Tongue Bat (*Monophyllus redmani*), and the Red Fruit Bat (*Stenoderma rufum*) judging from their distribution in Puerto Rico (Gannon *et al*. 2005).

Although reptiles are typically not recognized as seed dispersers in Puerto Rico, it is possible that the tree anole Lagarto Verde and the introduced Green Iguana play that role in *S. campanulata* forests. Viable seeds and other plant material have been found in the gut of both species (Benítez Malvido *et al*. 2003, Vega Castillo and Cuevas 2009). In the more disturbed alluvial sites, the Green Iguana might be filling an ecological role once occupied by the Lagarto Verde, as the latter was not observed at alluvial sites. The Lagarto Verde was once rare due to deforestation but as abandoned agricultural lands have reverted to forested landscapes, this species seems to be increasing its numbers and is now a common sight in karst and volcanic secondary forests (Rivero 1998).

The views presented here suggest that the invasion of *S. campanulata* in abandoned agricultural lands in Puerto Rico can have many positive implications for recovering native forest fauna. In turn, many of these animals, particularly birds, bats, and reptiles, seem to be the main seed dispersal agents assembling the juvenile tree species composition found in these forests. The potential of *S. campanulata* trees and forests as resources and habitat for endangered species needs to be investigated as they could be providing an opportunity to facilitate the recovery of some of these species.

ACKNOWLEDGEMENTS

This manuscript was inspired by the Natural History of Puerto Rico class taught by Rafael Joglar at the Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, and by field outings and conversations with classmates José Fumero and Alberto Puente Rolón. Brita Jessen, Tamara Heartsill Scaley, Mariano Solórzano, Joel Mercado, and Ariel Lugo provided useful comments on the manuscript.

LITERATURE CITED

Abbott, R.J. 1992. Plant invasions, interspecific hybridization and the evolution of plant taxa. Trends in Ecology and Evolution 7:401-405.

Abelleira Martínez, O.J. 2009. Ecology of novel forests dominated by the African tulip tree (*Spathodea campanulata* Beauv.) in northcentral Puerto Rico. Ms Thesis. Universidad de Puerto Rico, Río Piedras.

Abelleira Martínez, O.J. and A.E. Lugo. 2008. Post sugar cane succession in moist alluvial sites in Puerto Rico. Pages 73-92 *in* Myster, R., editor. Post-agricultural succession in the Neotropics. Springer, New York.

Aukema, J., T.A. Carlo, and J.A. Collazo. 2007. Landscape assessment of tree communities in the northern karst region of Puerto Rico. Plant Ecology 189:101-115.

Ayensu, E.S. 1974. Plant and bat interactions in West Africa. Annals of the Missouri Botanical Garden 61:702-727.

Benítez Malvido, J., E. Tapia, I. Suazo, E. Villaseñor, and J. Alvarado. 2003. Germination and seed damage in tropical dry forest plants ingested by iguanas. Journal of Herpetology 37:301-308.

Biaggi, V. 1997. Las aves de Puerto Rico, 4ta edición. Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 389 p.

Bittencourt, N.S., P.E. Gibbs, and J. Semir. 2003. Histological study of post pollination events in *Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae), a species with late-acting self-incompatibility. Annals of Botany 91:827-834.

Bowen, M.E., C.A. McAlpine, A.P.N. House, and G.C. Smith. 2007. Regrowth forests on abandoned agricultural land: a review of their habitat values for recovering forest fauna. Biological Conservation 140:273-296.

Brandeis, T.J., E.H. Helmer, and S.N. Oswalt. 2007. The status of Puerto Rico's forests, 2003. Resour. Bull. SRS-119, Asheville, N C: US Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station. 75 p.

Carlo, T.A., J.A. Collazo, and M.J. Groom. 2003. Avian fruit preferences across a Puerto Rican forested landscape: pattern consistency and implications for seed removal. Oecologia 134:119-131.

Doerr, A.H. and D.R. Hoy. 1957. Karst landscapes of Cuba, Puerto Rico and Jamaica. The Scientific Monthly October: 178-187.

Fleming, T.H. and E.R. Heithaus. 1981. Frugivorous bats, seed shadows, and the structure of tropical forests. Biotropica 13:45-53.

Fumero, J. *personal communication in* 2009. *Quiscalus niger* was observed visiting *S. campanulata* flowers and flying away with chest smeared with pollen. University of Puerto Rico, Río Piedras.

Gannon, M.R., A. Kurta, A. Rodríguez-Durán, M.R. Willig, and J. Martz. 2005. Bats of Puerto Rico: an island focus and a Caribbean perspective. Texas Tech University Press. 237 p.

Gentry, A.H. 1974. Coevolutionary patterns in Central American Bignoniaceae. Annals of the Missouri Botanical Gardens 61:728-759.

Kress, W.J. and C. Horvitz. 2005. Habitat alteration in the Caribbean: natural and human-induced. Pages 147-150 *in* Krupnick, G., and W.J. Kress, editors. Plant conservation: a natural history approach. University of Chicago Press.

Lugo, A.E. 2004. The outcome of alien tree invasions in Puerto Rico. Frontiers in Ecology and the Environment 2:265-273.

Lugo, A.E., O.J. Abelleira, S. Borges, L.J. Colón, S. Meléndez, and M.A. Rodríguez. 2006. Preliminary estimate of earthworm abundance and species richness in *Spathodea campanulata* Beauv. forests in northern Puerto Rico. Caribbean Journal of Science 42:325-330.

Ortega, J. and I. Castro-Arellano. 2001. *Artibeus jamaicensis*. American Society of Mammalogists, Mammalian Species 662:1-9.

Ortiz, J., and M.F. Berberena. *personal communication in* 2008. Ongoing sampling of forest litter fauna at *S. campanulata* forests on alluvium and karst. University of Puerto Rico, Río Piedras.

Osorio Pérez, K., M.F. Barberena Arias, and T.M. Aide. 2007. Changes in ant species richness and composition during plant secondary succession in Puerto Rico. Caribbean Journal of Science 43:244-253.

Rivera, L.W. and T.M. Aide. 1998. Forest recovery in the karst region of Puerto Rico. Forest Ecology and Management 108:63-75.

Rivero, J.A., H. Mayorga, E. Estremera, and I. Izquierdo. 1980. Sobre el *Bufo lemur* (Cope) (Amphibia, *Bufonidae*). Caribbean Journal of Science 15:33-40.

Rivero, J.A. 1998. The amphibians and reptiles of Puerto Rico, 2nd revised edition. San Juan, PR : Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 510 p.

Rodríguez Durán, A. 2005. Murciélagos. Pages 241-274 *in* Joglar, R., editor. Biodiversidad de Puerto Rico: vertebrados y ecosistemas. Instituto de Cultura Puertorriqueña, Puerto Rico.

Trigo, J.R. and W.F. dos Santos. 2000. Insect mortality in *Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae) flowers. Brazilian Journal of Biology 60:537-538.

Vega Castillo, S. and E. Cuevas. 2009. Frugivory in Puerto Rican *Anolis* lizards and its possible effects on seed dispersal in tropical dry and moist forests on karst. Paper presented at the External Scientific Advisory Committee Symposium, CATEC, University of Puerto Rico, Río Piedras, November 13, 2009.

Acta Científica 22(1-3), 45-54, 2008

ROOT NODULATION IN THE WETLAND TREE *PTEROCARPUS OFFICINALIS* ALONG COASTAL AND MONTANE SYSTEMS OF NORTHEAST OF PUERTO RICO

Rachel Pérez[1] and Tamara Heartsill Scalley[2]
[1]Department of Biology
East Los Angeles College and Institute for Tropical Ecosystem Studies,
University of Puerto Rico
International Institute of Tropical Forestry
[2]United States, Department of Agriculture, Forest Service
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1115

ABSTRACT

In Puerto Rico, brackish water wetlands were dominated by *Pterocarpus officinalis* previous to extensive deforestation due to agriculture. Today remnant wetlands are limited to small areas that are threatened by rise in sea level. We examined the root nodules of *P. officinalis* in montane and coastal sites and at 0, 10, 20 cm from the surface to determine if site conditions relate to the formation and characteristics of nitrogen fixing nodules. We found no significant difference in nodule quantity between montane and coastal ecosystems. However, although all the montane sites experienced nodule growth, there were sites in the coast that did not. The montane sites had 96.3 percent of nodules active, whereas the coastal had 82.2 percent. Nodule mass and diameter were significantly larger near the surface of the soil and in montane sites. More research is needed to understand if nitrogen fixing and accumulation rates also differ between the coastal and montane sites where *P. officinalis* occurs. Studying the presence, distribution, and potential environmental conditions that are related to nodule formation will be helpful in developing management strategies and conservation initiatives to maintain this species and the wetland forests in which it occurs.

RESUMEN

Previo a la deforestación extensa debido a la agricultura, los humedales de agua salobre en Puerto Rico estaban dominados por *Pterocarpus officinalis*. Hoy en día estos humedales remanentes están limitados a pequeñas áreas de bosque amenazadas por el alza en el nivel del mar. Examinamos los nódulos fijadores de nitrógeno en las raíces de *P. officinalis* a 0, 10 y 20 cm de la superficie en sitios ubicados en la zona de la costa y la montaña para determinar si las características de los nódulos están relacionadas a las condiciones ambientales de los sitios donde ocurren. No encontramos diferencias significativas en la cantidad de nódulos entre los sitos de la costa y la montaña. Sin embargo, en todos los sitios muestreados en las montañas había nódulos, mientras que hubo sitios en la costa donde no se encontraron nódulos. La biomasa y el diámetro de los nódulos eran mayores cerca de la superficie y en los sitios de montaña. En los sitos de montaña un 96.3 por ciento de los nódulos encontrados estaban activos, mientras que en la costa fue 82.2 por ciento. Ahora es necesario llevar a cabo mas investigación para entender si la tasa de fijación y/o la acumulación de nitrógeno también difiere entre los sitios de la costa y la montaña donde *P. officinalis* está presente. Estudiar las características de *P. officinalis* a lo largo de su distribución en el paisaje es necesario para desarrollar estrategias de manejo e iniciativas de conservación para mantener a esta especie y los bosques de humedal donde habita.

INTRODUCTION

Wetlands are areas that flood routinely and their vegetation has evolved to survive those conditions (Brinson *et al*. 1981). Wetlands can be in coastal areas with salinity changes associated with tides and rises in sea level. The salinity ecotone determines plant growth and can affect the production of fruits and flowers (Eusse and Aide 1999). The biggest difference between freshwater montane and coastal wetlands is the hydroperiod (Brinson *et al*. 1981). The hydroperiod is the timing and duration of flooded conditions experienced by a wetland, and it is also influenced by the microtopography of the landscape, as with the presence of valleys and depressions (Lugo and Brown 1988). *Pterocarpus officinalis,* is a tree native to Puerto Rico that forms forested wetlands in brackish water with lower salinities than those tolerated by mangroves (Cintrón 1983, Weaver 2000).

In Puerto Rico, freshwater wetlands dominated by *P. officinalis* were common in the coastal plains before deforestation reduced them into small patches throughout the island near the extreme of their physiological tolerance (Cintrón 1983, Eusse and Aide 1999). Like many legumes, *P. officinalis* produces nodules that fix nitrogen, especially in flooded conditions (Fougnies *et al*. 2007), and has the capacity to lower its contact to high salinity by growing large buttresses and extending lateral roots (Loveless 1983). The buttress root system of this tree may reach 5 to 6 m in width and 5 meters in height (Lugo and Brown 1988). This buttress root system strategy allows *P. officinalis* to grow in various levels of salinity.

Wetland forests of *P. officinalis* have been found to store more organic matter in the soil than other terrestrial forests, and have an uneven canopy ranging from 17 to 30 m in height depending on its location (Álvarez López 1990). There are differences between montane (riverine or riparian) and coastal *P. officinalis* forests. In montane forests there is higher root biomass average than in coastal forests (Cintrón 1983, Álvarez López 1990). However, these studies did not describe root nodule presence in the root biomass.

In order to host nitrogen fixing bacteria in its roots *P. officinalis* produces nodules (Loveless 1983). A few species of bacteria have an enzyme that enables them to convert the nitrogen gas (a triple bond that is highly unreactive) into a more reactive and biologically useful substance through nitrogen fixation. However, bacteria such as *Rhizobium spp.* alone cannot fix nitrogen without legumes. Nitrogen fixation is important because it releases nitrogen in the form of ammonia and ammonium ions, which are then converted into amino acids and plant proteins. It is an essential nutrient for plant life especially in flooded wetlands where soils are under anoxic conditions (Loveless 1983, Fougnies *et al*. 2007).

Although *P. officinalis* forms these nitrogen fixing nodules, little is known about the distribution and abundance of this phenomenon along the continuum of locations where the tree occurs in Puerto Rico. Does *P. officinalis* produce nodules in all the environmental conditions where it grows? Do nodules occur at a particular depth from the surface? Do nodule characteristics such as mass and diameter differ between ecosystems (montane and coastal) and soil depths?

STUDY SITES

The study was conducted in coastal and montane regions of northeastern Puerto Rico. We sampled at three sites in each region (Table 1). The coastal region included the Natural Reserve of the Northeast Ecological Corridor (NEC), which is a 13 km^2 diverse tract of land between the towns of Luquillo and Fajardo, which includes forest, wetlands, beach, coral communities, and a bioluminescent lagoon (DRNA 2007, Junta de Planificación 2008). Samples were taken near the coastal red mangroves, in what was an active meander of the Juan Martín River, which is now a stagnant pool due to topographical alterations of the site by landfill and road construction (personal observation of the authors and accounts by a local fisherman). Other samples from the NEC were collected in a second site located near the San Miguel entrance, near the main road intersection

Table 1. Collection sites for *Pterocarpus officinalis* root nodules in northeast Puerto Rico.

	Site Code	Description	Location
Montane	Mameyes	At the end of the Bisley Experimental Watershed trail, Río Mameyes	Barrio Sabana, Luquillo
	Puente Roto	Intersection of road 988 and Río Mameyes	Barrio Sabana, Luquillo
	Espíritu Santo	Río Espíritu Santo along road 186, below Field Station	Sector El Verde, Río Grande
Coastal	Sabana Seca H	High salinity, adjacent to to *Langularia racemosa*	North Tract, Naval Base, Sabana Seca, Toa Baja
	Sabana Seca L	Low salinity, close to *Typha dominguensis*	North Tract, Naval Base, Sabana Seca, Toa Baja
	NEC	San Miguel-las Paulinas gate entrance, Río Juan Martin, Fajardo	Northeast Ecological Corridor

with the flowing and meandering section of the Juan Martín River. The third coastal site was in the North Tract of the Naval Security Group Activity, in Sabana Seca, Toa Baja, where there are *P. officinalis* and white mangrove *(Laguncularia racemosa)* forests. This Sabana Seca site was sampled at the area where the highest salinity levels occur, close to the white mangroves, and 200 m south at a lower salinity area close to *Typha dominguensis*. This *P. officinalis* forest has been described in detail by Eusse and Aide (1999) and Rivera Ocasio *et al*. (2007). The three coastal sites were at sea level, had few topographical differences, and were subject to seasonal changes in water level and in salinity levels.

In the montane region, at all three sites there was a continuous flow of water in the adjacent rivers. The montane sites were all located adjacent to or within the Luquillo Experimental Forest (LEF) at elevations lower than 500 m. The Mameyes site was a forest stand dominated by *P. officinalis*, and is described in detail by Álvarez López (1990). The Puente Roto and Espíritu Santo sites were tabonuco type forest with patches of individual *P. officinalis* trees. The Mameyes and Puente Roto sites were along the Mameyes River, and the third site along the Espíritu Santo River (Table 1). The montane sites were similar in elevation.

METHODS

Field Sampling

Stratified samples of soil were collected using a bulk density soil corer (Model # HM-930, Gilson Company Inc.) at 0, 10, and 20 cm from the surface. Sample volumes ranged from 25 to 30 cm^3 obtained near the buttress roots of adult *P. officinalis* trees, and trying to avoid roots from other vegetation. The systematic sampling design was based on Álvarez López (1990) and Saur *et al*. (1998) findings that most root nodules in *P. officinalis* occur close to the trunk and buttresses, and on average the root biomass and root nodules decline dramatically after 0.3 meters from the surface. The soil samples were kept refrigerated until processed in the laboratory.

Laboratory Sampling

In the laboratory, soil, roots and nodules were separated. The mass for the soil sample, the roots, rocks, and nodules were obtained using an analytical

balance (Model # E10640 Explorer Ohaus) and diameter for nodules was measured with a caliper (Model #31-415-3 Swiss Made SPI). Each nodule was visually inspected for signs of activity by slicing and inspecting the inside of the nodule for red stain implying the presence of leghemoglobin. All roots were washed with stream water, wet weighed and then placed in drying ovens at 65 C until constant weight was reached. Dry mass was determined for the roots only. All the samples are stored at the Analytical Laboratory of the USDA-FS International Institute of Tropical Forestry for future reference and further analyses.

Data Analysis

Root biomass, along with quantity, diameter, and biomass of nodules were compared among categories of depths from soil surface, and between coastal and montane sites. Statistical analyses of category means was done with an Analysis of Variance (ANOVA) conducted using SAS software (SAS Version 9.1, SAS Institute 2003, Cary, North Carolina, U.S.A.). All statistics were considered significant at a level of 0.05.

RESULTS

Nodule characteristics and root biomass between forests

There was no difference in quantity of nodules between coastal and montane sites (Fig. 1) ($F_{1, 63}$=1.97, p=0.1654). However, the highest values of nodules per cm^3 of sampled soil were from a coastal site (Fig. 2). The North East Ecological Corridor (NEC) was the coastal site that had the highest nodules per cm^3 but also had a tree without nodule growth; on the other hand, at all montane sites nodule growth was observed. Montane sites had 96.3 percent active nodules while the coastal had 82.2 percent. There were differences found in the characteristics of *P. officinalis* nodules between the coastal and montane sites. Nodule mass differed between the two ecosystems ($F_{1, 144}$=8.68, p=0.0037), montane sites had heavier nodules ranging from 0.05 to 0.75 g and coastal sites ranged from 0.028 to 0.17 g (Fig. 3). The Mameyes River site had the highest nodule mass while the Sabana Seca site had the lowest ($F_{5, 140}$=3.95, p=0.0022) (Fig. 4). The same pattern was observed for nodule diameter ($F_{1, 144}$=5.64, p=0.0189), with greater

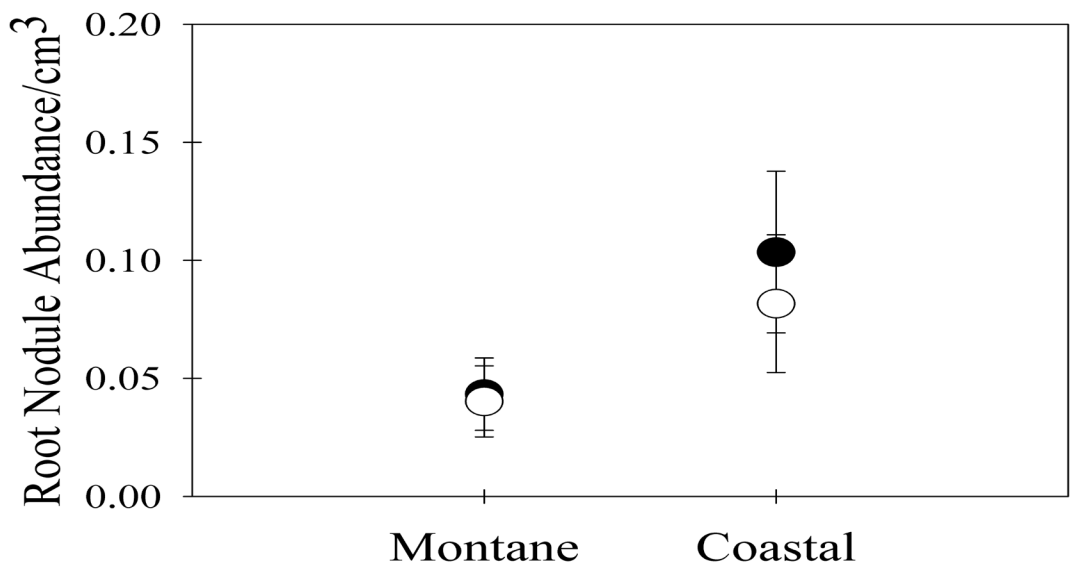


Figure 1. Coastal and montane root nodules per cm^3 of sample, both the total and amount active.

Figure 2. Abundance of root nodules per cm^3 from all sites.

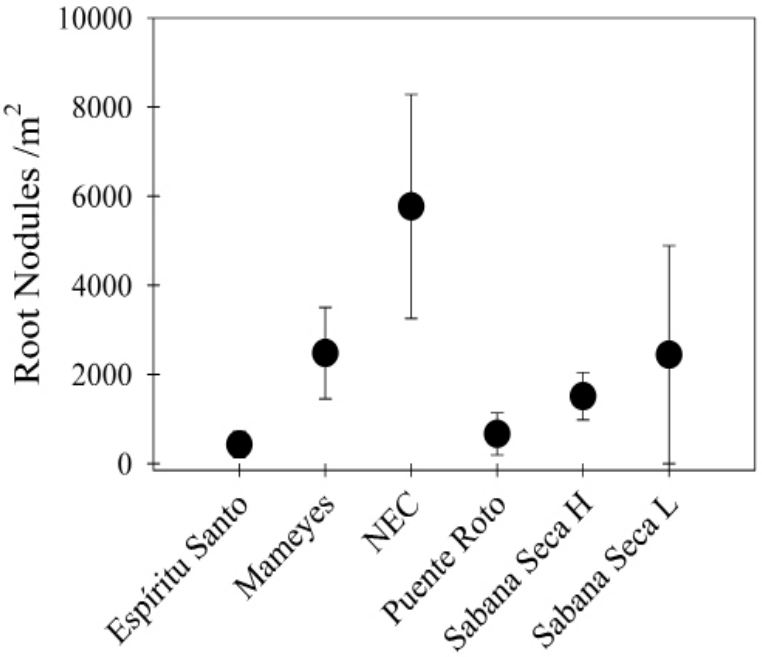


Figure 3. Root nodule mass (g) between the montane and coastal ecosystems.

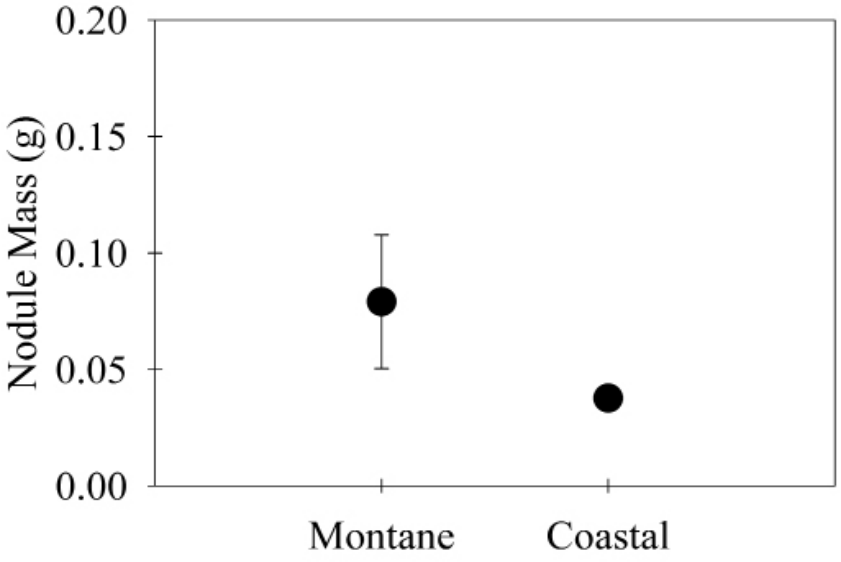
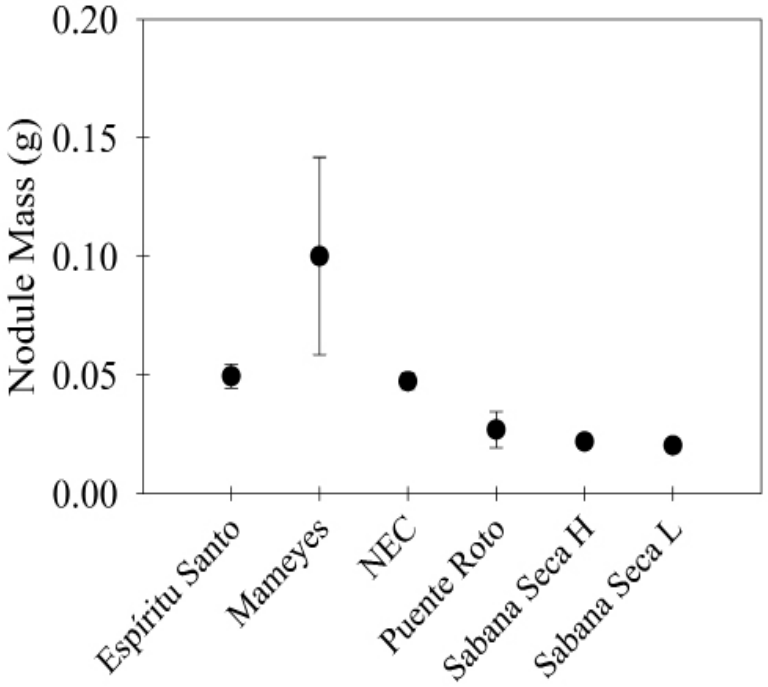


Figure 4. Root nodule mass (g) among the sites.



values at montane sites, ranging from 2.2 to 7.9 mm, while coastal sites ranged from 1.6 to 7.0 mm (Fig. 5). Once again, Mameyes River site had the largest diameter of root nodules and Sabana Seca had the lowest ($F_{5, 140}$= 7.67, p=0.0001) (Fig. 6). Overall, montane root nodules showed high variation of mass and diameter values, while the coastal sites had much less variation (Fig. 3 and 5).

The biomass of roots differed between sites, with coastal samples having more grams per cm^3 for fresh (wet) roots ($F_{1, 63}$= 13.19, p=0.0006) and dry roots ($F_{1, 63}$= 4.38 p=0.0404) than montane sites. The montane sites had lower root biomass, and this may be associated with a larger amount of rock mass found in the soil compared with the coastal samples ($F_{1, 61}$=5.69 p=0.0201) (Fig. 7).

Nodules and Roots in Relation to Soil Depth

There was no difference in quantity of nodules among soil depths of the montane and coastal sites combined ($F_{2, 62}$=1.01 p=0.3694) (Fig. 8). The amount of active nodules also did not show a significant pattern among sampled soil depths. However, there were differences between nodule characteristics among soil depths. Diameter of the root nodules from both montane and coastal sites was higher at the surface and decreased with greater depth (Fig. 9). The coastal sites showed differences in nodule diameter ($F_{2, 116}$=13.32 p=0.001) and nodule mass ($F_{2, 166}$=22.80 p=0.0001) among depths, having larger and heavier nodules at the surface. Montane nodules showed similar patterns, however due to the higher variation there were no differences for diameter ($F_{2, 24}$=1.78, p=0.1908) or mass ($F_{2, 24}$=1.58, p=0.2260) with depth.

The samples had no significant differences in fresh root biomass among soil depths ($F_{2, 62}$=1.58 p=0.2150) (Fig. 10A). However, dry root biomass was different among soil depths ($F_{2, 62}$=3.50 p=0.0362), the surface had the highest values of dry root biomass per cm^3, but there was no difference

Figure 5. Root nodule diameter (mm) between the montane and coastal ecosystems.

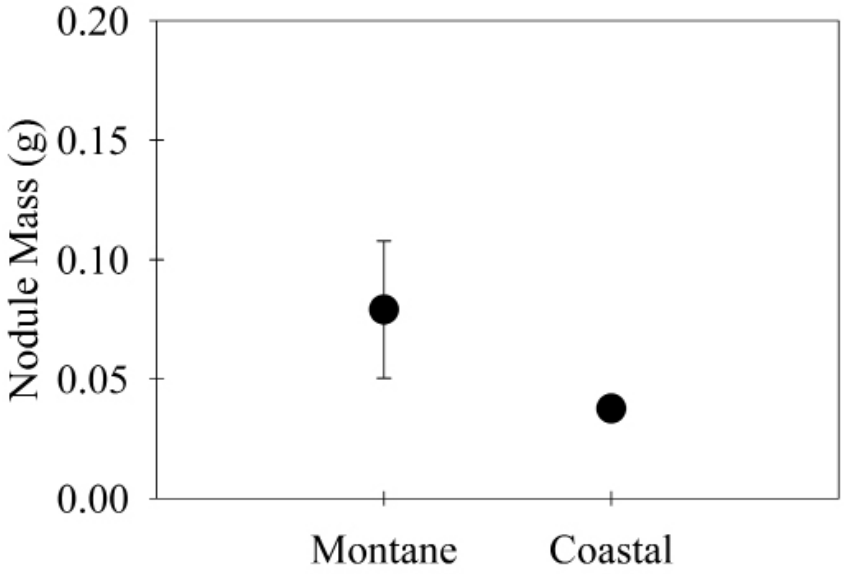


Figure 6. Root nodule diameter (mm) along the six sites.

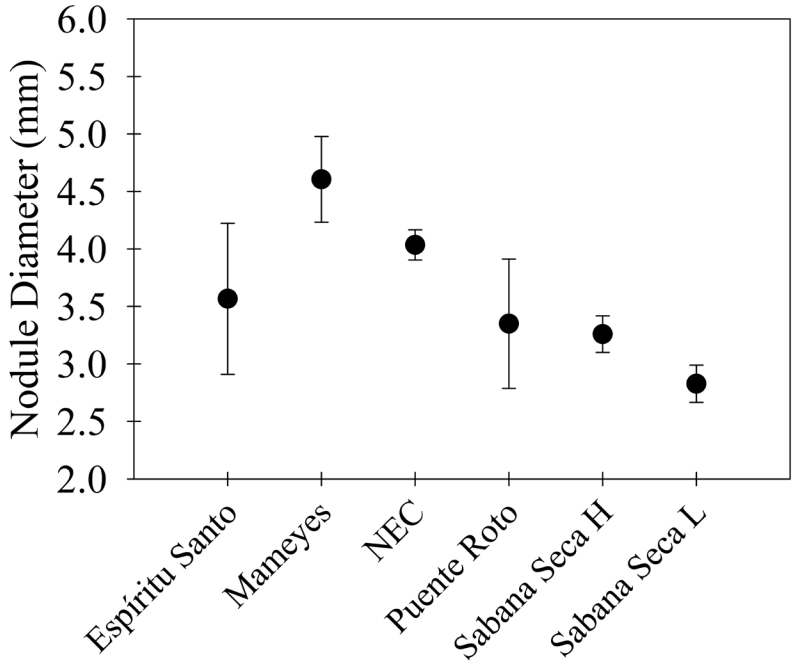


Figure 7. Coastal and montane mass (g) of soil sample components of fresh/wet roots in solid circles, dry roots in open circles, and rocks in inverted triangle between montane and coastal ecosystems.

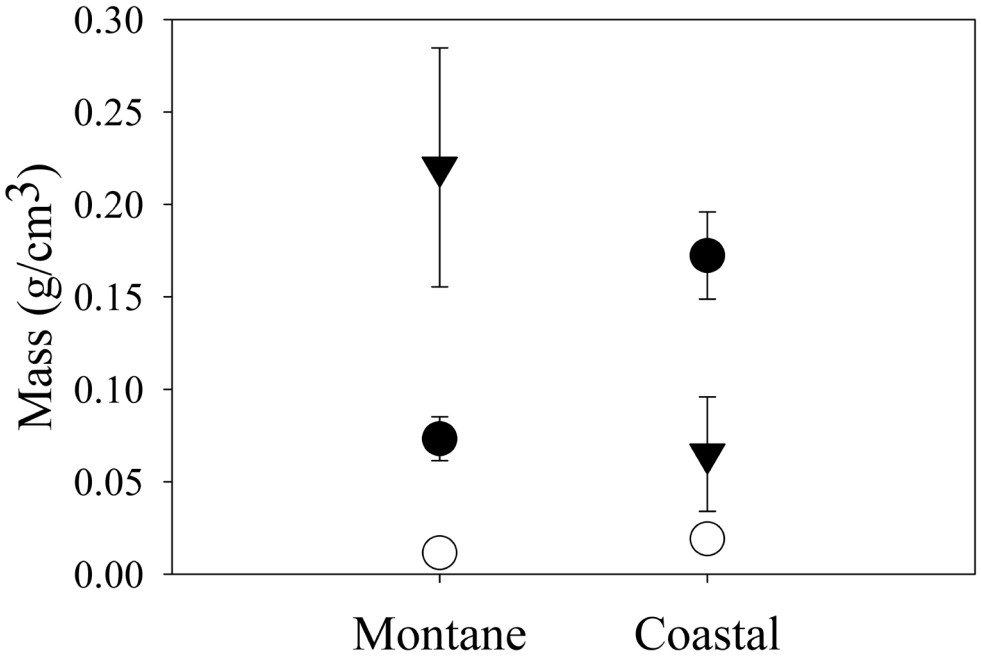
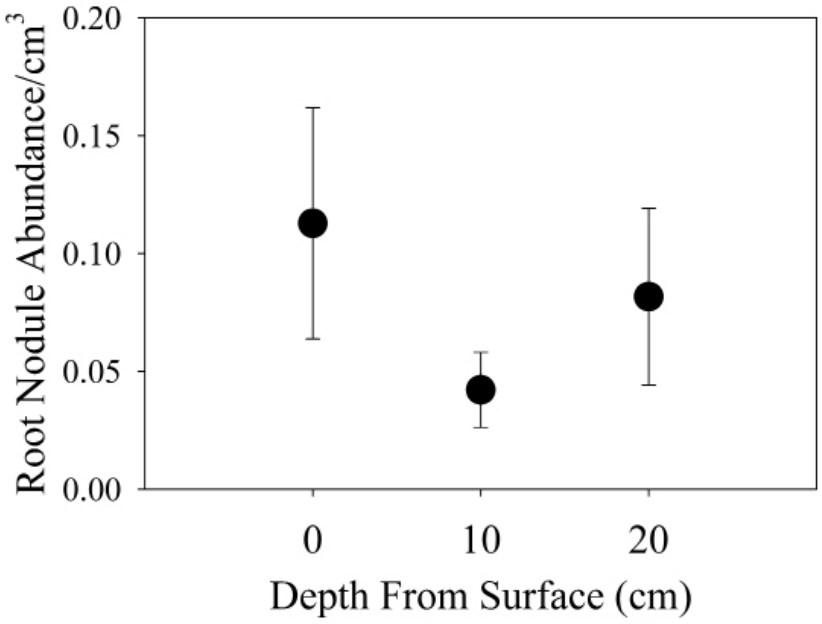


Figure 8. Root nodule abundance per cm^3 from different depths from surface.



between the samples from 10 cm and 20 cm (Fig. 10B).

DISCUSSION

Montane and coastal forests did not differ in root biomass, but the characteristic *P. officinalis* nodules were affected by the environment where they grew. There appears to be a negative effect on the amount of active nodules and in their size from being in the coastal environment, as there were smaller and less active nodules at coastal sites, and one sample tree had no nodule growth. In contrast, all samples from montane sites had nodule growth and most nodules were active and larger. We suggest that coastal conditions, such as salinity, may be having the greatest influence on the growth of root nodules. As Medina *et al*. (2007) state, *P. officinalis* may be adapted to grow in saline environments, however it is not a halophyte and will not thrive in these environments, but can survive. Eusse and Aide (1999) found that flower and fruit growth in *P. officinalis* was roughly 10 times greater in low to intermediate salinity than in high salinity. Additionally, *P. officinalis'* seedlings had higher mortality rates and slower growth in 5 percent and 10 percent salinity levels than in 0 percent (Rivera Ocasio *et al*. 2007). In our study, we observed a

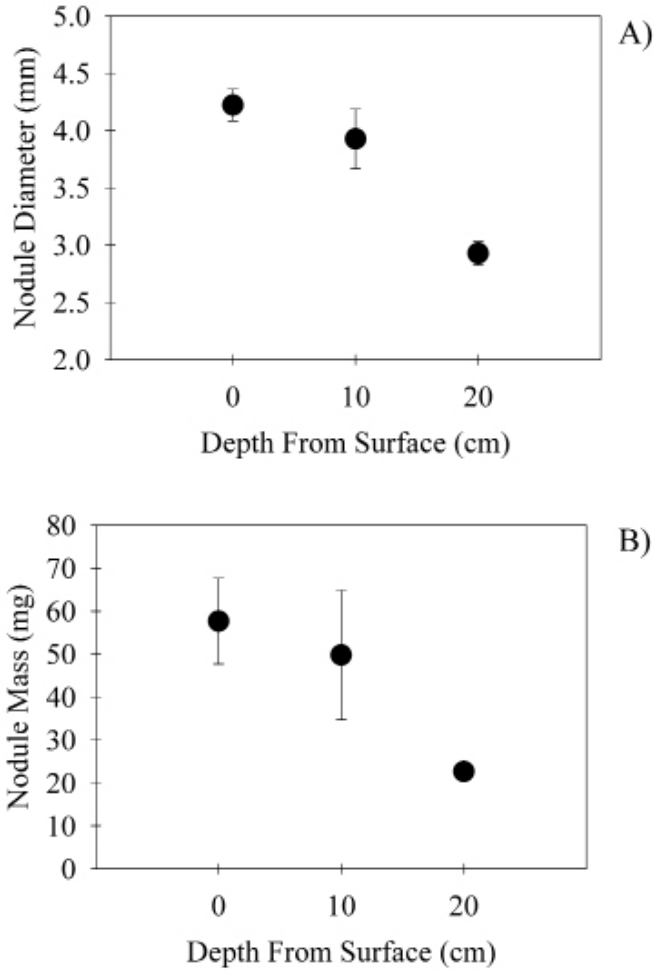


Figure 9. Mean root nodule a) diameter (mm) and b) mass (g) and depth from the surface.

coastal site without nodule growth and more non-active nodules, which affect the nitrogen intake of *P. officinalis.*

Coastal sites had greater root biomass than the montane ones. However, our technique was biased in its inability to collect larger roots, which were often seen in montane sites. In addition, more rocks were found in the montane sites, which also decreased our opportunity to sample larger roots. Further studies should be done controlling the amount of root biomass along the montane and coastal sites. The higher amounts of nodules found near the surface of *P. officinalis* roots may help with obtaining nitrogen gas from the environment, and have been also observed in other coastal site studies (Saur *et al*. 1998). Furthermore, with more root biomass near the surface there are more opportunities for root nodule growth at the soil surface. Because we found no difference among soil depths and nodule activity, we suggest soil depth (less than 20 cm from surface) is not an obstacle for nodules to be active.

An increase in sea level as well as groundwater pumping and land use change that alters flow of freshwater may increase salinity in many of these remnant forests which may further affect the population and growth of this species (Eusse and Aide 1999). *Pterocarpus officinalis* plays a major role in the environment where it grows providing structure and resources for associated wetland flora and fauna (Cintrón 1983). Studying the presence, distribution and potential environmental conditions that are related to nodule formation will be helpful in developing management strategies and conservation goals to maintain this species and the wetland forests in which it occurs.

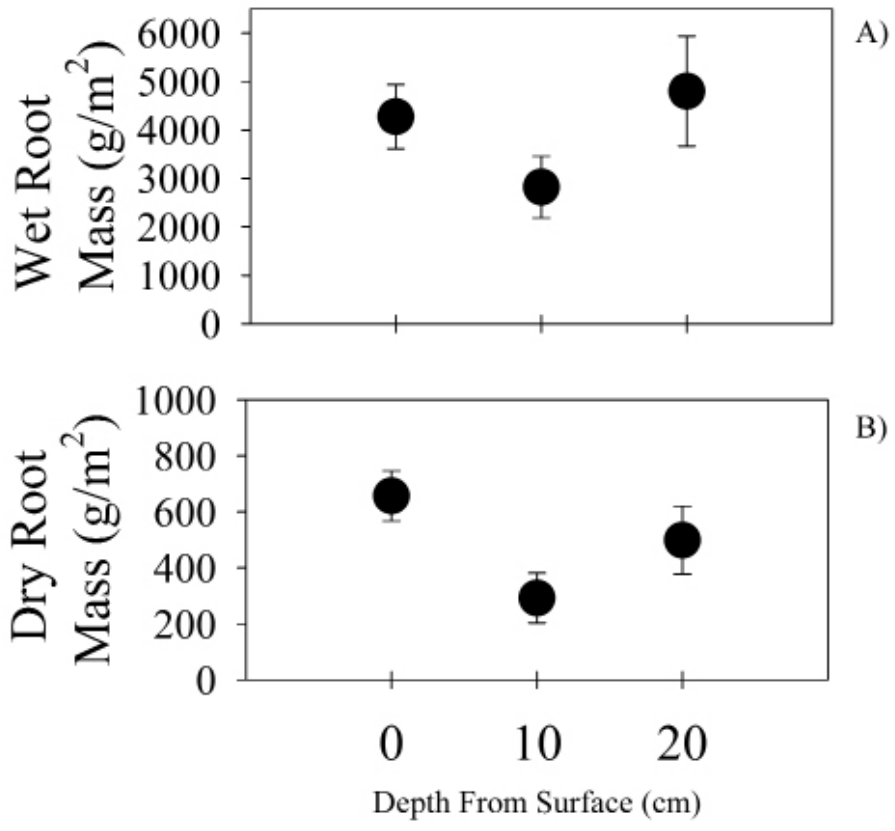


Figure 10. Mean a) wet root mass and b) dry root mass (g/m^2) and depth from the surface.

ACKNOWLEDGEMENTS

Funding for this research was provided by the REU program in Tropical Ecology and Evolution at El Verde Field Station (National Science Foundation grants DBI-0552567), University of Puerto Rico, Río Piedras and by the USDA FS International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. We thank Ricardo Rivera from UPR-Bayamón, Samuel Moya from USDA-FS International Institute of Tropical Forestry, and Omar Gutiérrez UPR-Río Piedras for their help with data collection in the field. Comments and suggestions from A. E. Lugo, P.L. Weaver, W. Arendt, and E. López improved this manuscript.

LITERATURE CITED

Álvarez López, M. 1990. Ecology of *Pterocarpus officinalis* forested wetlands in Puerto Rico. Pages 251-265 *in* Lugo, A.E., Brinson, M., and Brown, S. Ecosystems of the World 15. Forested Wetlands. Elsevier, Amsterdam.

Brinson, M.M., A.E. Lugo, and S. Brown. 1981. Primary productivity, decomposition, and consumer activity in freshwater wetlands. Annual Review of Ecology and Systematics 12:123-161.

Cintrón, B.B. 1983. Coastal freshwater swamp forests: Puerto Rico's most endangered ecosystem? Pages 249-275 *in* Lugo, A.E. Los bosques de Puerto Rico. Servicio Forestal de los E.E.U.U. y Departamento de Recursos Naturales de Puerto Rico.

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico, (DRNA) 2007. Borrador y Documentos para Vista Publica del Plan Integral. http://www.drna.gobierno.pr/corredorecologicodelnoreste/documentos

Eusse, A.M. and M.T. Aide. 1999. Patterns of litter production across a salinity gradient in a *Pterocarpus officinalis* tropical wetland. Plant Ecology 145:307-315.

Fougnies, L., S. Renciot, F. Muller, C. Plenchette, Y. Prin, S.M. Faria, J.M. Bouvet, S. Sylla, and B. Dreyfus. 2007. Arbuscular mycorrhizal colonization and nodulation improve flooding tolerance in *Pterocarpus officinalis* Jacq. seedlings. Mycorrhiza 17:159-166.

Junta de Planificación (JP). 2008. Designación de la Reserva Natural del Corredor Ecológico del Noreste, 6 de febrero de 2008 la Resolución PU-02-2008-24 (23).

Loveless, A.R. 1983. Principles of plant biology for the tropics. Longman Group Limited. Lincoln, United Kingdom, pp. 407-415.

Lugo, A.E. and S. Brown. 1988. The Wetlands of Caribbean Islands. Acta Científica 2:48-61.

Medina, E., E. Cuevas, and A.E. Lugo. 2007. Nutrient and salt relations of *Pterocarpus officinalis* L. in coastal wetlands of the Caribbean: assessment through leaf and soil analyses. Trees 21:312-327.

Rivera Ocasio, E., M. Aide, and N. Ríos López. 2007. The effects of salinity on the dynamics of a *Pterocarpus officinalis* forest stand in Puerto Rico. Journal of Tropical Ecology 23:559-568.

Saur, E., I. Bonheme, P. Nygren, and D. Imbert. 1998. Nodulation of *Pterocarpus officinalis* in the swamp forest of Guadeloupe (Lesser Antilles). Journal of Tropical Ecology 14:761-770.

Weaver, P.L. *Pterocarpus officinalis* Jacq. *In:* Francis, J.K., and Lowe, C.A., editor. Trabanino, Salvador, traductor. 2000. Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. General Technical Report IITF-15. Río Piedras, Puerto Rico: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Instituto International de Dasonomía Tropical. Pp. 443-446.

Acta Científica 22(1-3), 57-65, 2008

ORDINAL ABUNDANCE AND RICHNESS OF MILLIPEDES (Arthropoda: Diplopoda) IN A SUBTROPICAL WET FOREST IN PUERTO RICO

Christina M. Murphy[1], Grizelle González[1], and Juliana Belén[2]*
[1]International Institute of Tropical Forestry
United States, Department of Agriculture, Forest Service
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1115
[2]University of Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico

*Corresponding author:
ggonzalez@fs.fed.us

SUMMARY

Millipedes, among other soil fauna, are important components of ecosystems because of their role in nutrient cycling. In this study, we quantified the density, biomass, and richness (in terms of order) of millipedes along a toposequence (ridges, slopes, and valleys) and different ground layers (litter, humus, 0-5 cm soil depth, and 5-10 cm soil depth) in a subtropical wet forest in Puerto Rico. Millipedes were surveyed from twelve 50 x 50 cm plots (3 topographic positions x 4 replicates) by hand sorting. Four orders of millipedes were found in El Verde tabonuco forest: Stemmiulida (the most abundant), Glomeridesmida, Spirostreptida, and Polydesmida (the least abundant). The density of millipedes and the richness of Orders varied depending on the topographic position, with ridges having significantly less of both. The ground layer also significantly affected millipede richness but not density, with the humus being the richest layer. The biomass of millipedes did not significantly differ among the different topographic positions or layers. There was a significant positive correlation between the soil pH and millipede richness. The number of millipede orders was also significantly and positively correlated with the amount of wood and fruit found in the litter and humus layers. In conclusion, millipedes have higher density and richness in slope and valley topographic positions than in ridges, and in less acidic soils in this tabonuco forest.

INTRODUCTION

Decomposition is influenced by three main factors: the physico-chemical environment, the substrate quality, and the decomposer organisms (Swift *et al*. 1979). Arthropods, a major component of the soil fauna, contribute to the decomposition process by fragmenting organic matter and stimulating microbial activity (Coleman and Crossley 1996). These two processes are intricately related as the fragmentation of litter by soil fauna increases the surface area of the substrate, allowing microbes to become established, thereby increasing the nutrients released into the soil (Scheu and Wolters 1991). Some decomposer organisms can also digest organic matter through symbiotic interactions with gut microorganisms (Edwards and Fletcher 1988). The fragmentation of litter and litter passage through the gut of macroarthropods, such as diplopods and isopods, can help in the establishment of soil bacteria (Cárcamo *et al*. 2000). Millipedes in particular can be important determinants of litter decomposition by fragmenting litter (Tian *et al*. 1995) and enhancing microbial activities (Anderson and Bignell 1980). In El Verde tabonuco forest, Ruan *et al*. (2005) found that the rate of litter decomposition was significantly correlated with two factors: soil millipede density (explaining 40 percent of the variance in litter decomposition) and microbial biomass (explaining 19 percent of the variance). Millipedes can be very

selective about their microhabitat and community organization (Voigtländer and Dūker 2001; Warren and Zou 2002) which in turn can affect patterns of decomposition (Heneghan and Bolger 1998).

In the tropical wet forests of Puerto Rico the connection between species distribution and environmental variables has been well established for aboveground organisms (Holdridge 1971; Gould *et al*. 2006). Additionally, strong relationships between the distribution of tree species and topographic positions in the tabonuco forest have been noted (Wadsworth 1951, 1953, 1970; Johnston 1992); where some tree species occur only on ridges, while others occur exclusively in valleys (Wadsworth 1957; Johnston 1992) and the density, biomass, and richness of trees decreases from ridges to slopes to valleys (Basnet 1992; Weaver 2000). Earthworm distribution has also been found to vary according to topography in the tabonuco forest, with higher density and biomass of earthworms on ridges (118 ind./m^2 and 43.4 g/m^2) than in valleys (68 ind./m^2 and 23.5 g/m^2) (González *et al*. 1999). One previous study of arthropods in the tabonuco forest did not find a significant difference in the abundance of litter arthropods between ridge and valley topographic positions (Ruan *et al.* 2005) although another litter invertebrate study in this forest demonstrated a high degree of patchiness in arthropod distribution (Richardson *et al*. 2005). In this study, we quantified the density, biomass, and richness of orders of millipedes along a toposequence (ridges, slopes, and valleys) to determine if millipede distribution also follows a topographic pattern. Additionally, we quantified whether millipede density, biomass, and richness varies among different layers of the forest floor (litter, humus, 0-5 cm soil depth, 5-10 cm soil depth) to determine any interactions between topographic position and ground layer preference. We expect millipede abundance, biomass, and richness of orders to be significantly related to an increase in ground litter biomass given the results of 1) Ruan *et al*. (2005) that found millipede relative abundance significantly declined after litter removal and 2) Barros *et al*. (2002) who established that millipedes preferred litter opposed to any soil depth in Amazon forests. In the study site, litter biomass should be higher on slopes and valleys (Lugo and Scatena 1995; Weaver 2000). To our knowledge, this is the first study to describe the abundance and distribution of millipede orders within these microhabitats in a tabonuco forest in Puerto Rico.

MATERIALS AND METHODS

This study was conducted in a closed broad leaf subtropical wet forest located near El Verde Field Station (18º19' N, 65º45'W), in Río Grande, Puerto Rico. Vegetation at this elevation (420 m) is typical of a tabonuco forest, where *Dacryodes excelsa* is the dominant tree. The annual air temperature in the Luquillo Mountains is 22.3 °C (Brown *et al*. 1983), and mean annual precipitation is 3525 mm with rainfall distributed more or less evenly throughout the year (García-Martinó *et al*. 1996). The dominant soil orders in the Luquillo Experimental Forest are Ultisols and Inceptisols (Brown *et al*. 1983). Main soil series are further classified in the tabonuco forest as *Humatas* on ridges, *Zarzal* or *Cristal* on slopes, and *Coloso* in valleys (Johnston 1992; Soil Survey Staff 1995). Ridge sites often have lower pH, lower concentrations of cations, and higher carbon content while valley sites have higher pH, higher concentrations of cations, and lower carbon content (Scatena and Lugo 1995; Soil Survey Staff 1995).

Four replicates of each of the topographic positions (ridges, slopes and valleys) were chosen randomly, and sampled on June 19-23, 2006. Fifty by fifty centimeter plots were established at each site for a total of 12 plots sampled. Leaf litter, humus, 0-5 cm soil depth, and 5-10 cm soil depth were removed and placed into separate containers. Millipedes were immediately removed from each layer by hand sorting. In the lab, the millipedes were identified as to order and weighed (fresh). The density, biomass, and richness (in terms of orders) of millipedes were calculated. The litter and humus layers were collected from all 12 plots, sorted into categories (leaves, wood, fruit, and roots), dried, and weighed separately. Soil pH from each plot was measured by an Orion model 290A pH meter using a 1:1 water to soil ratio. Soil water content was also obtained from fresh soil samples from each of the 12 plots using a mix of 0-5 cm and 5-10 cm soil depth.

The general linear model procedure was used for multivariate analyses of variance (MANOVA) to test the effect of topographic positions and ground layers on the density, biomass, and orders of millipedes as well as on the characteristics of the ground litter (SPSS Inc., Statistical Package for the Social Sciences 2001, v. 11.0.1). Post hoc tests were performed to determine significant differences among topographic positions and ground layers for each of the dependent variables using Student-Newman- Keuls (SNK); alpha equaled 0.05 in all cases.

RESULTS

Millipedes

Millipedes belonging to four orders were found in this study: Stemmiulida (Family Stemmiulidae), Spirostreptida, Polydesmida and Glomeridesmida (Family Glomeridesmidae). Stemmiulida (n=67) and Spirostreptida (n=6) and Polydesmida (n=4) millipedes were the most and least abundant orders, respectively with Glomeridesmida (n=35) having an intermediate abundance. All orders of millipedes were significantly most abundant in the humus layer except Stemmiulida which was found in higher numbers in the 0-5 cm soil depth as compared to other layers (Fig. 1).

The overall mean density of millipedes in this tabonuco forest was 37.3 (±11.6) individuals/m^2. The density of millipedes was significantly less on the ridge positions (0.75 ±0.54 individuals/m^2) than in the slope and valley positions (14.00 ±5.49 and 13.25 ±3.11 individuals/m^2, respectively), although the density did not vary significantly among ground layers (Fig. 1; Table 1). The density of Glomeridesmida millipedes was significantly affected by both the topographic position and the

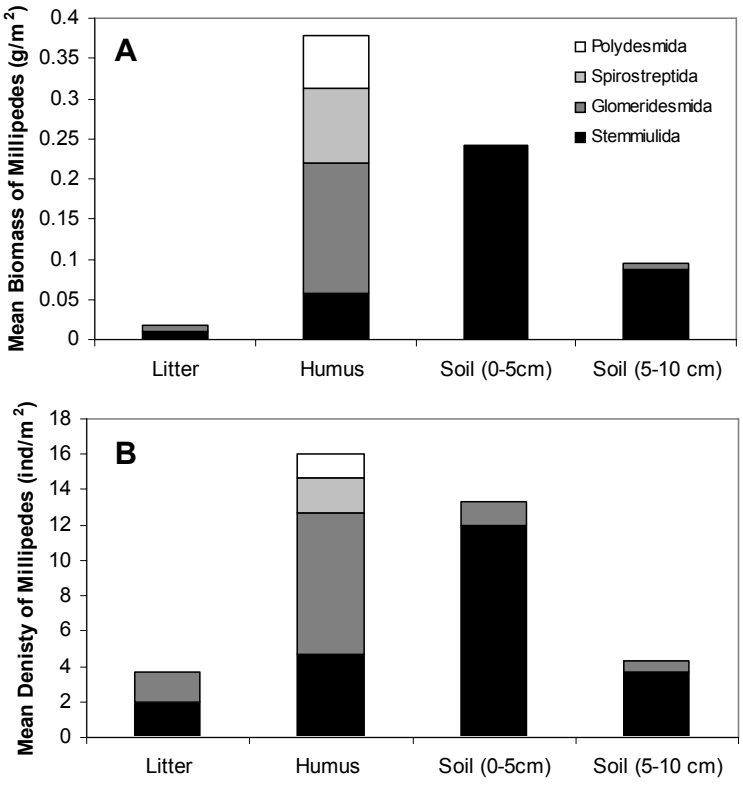


Figure 1. A) Mean biomass and B) density of millipedes among different ground layers in a subtropical wet forest in Puerto Rico.

ground layer and the interaction between them (Table 1). Glomeridesmida millipedes had a higher density in the valleys and the humus as compared to the other topographic positions and ground layers (Fig. 2). Polydesmida and Spirostreptida density was also significantly higher in the humus layer than in the other ground layers (Fig. 1). The biomass of millipedes did not significantly differ among topographic positions or ground layers (Table 1, Fig. 1). There was a significant effect of topographic position and ground layer on the richness of millipedes (Table 1). Ridges had significantly fewer orders than the slope and valley positions (Fig. 3). The humus layer had a significantly higher number of orders than the other three ground layers (Fig. 3).

Soil and Litter Characteristics

The topographic position had no significant effect on litter depth, total ground litter, leaves, wood, fruit, or root biomass (Table 2). There was significantly more biomass of wood and fruit in the humus layer than in the litter layer, while the depth, total ground biomass, leaves, and roots did not significantly differ between the two layers (Table 2). There was a significant and positive correlation between both ground wood and ground fruit biomass and the mean number of millipede orders (Table 3). In addition, there was a significant positive correlation between both ground wood and ground fruit biomass and total biomass of millipedes (Table 3). Ground fruit biomass was

Table 1. Effects of topographic position and ground layer on the density of millipedes as a whole and for each of the orders, the biomass of millipedes, and the richness of orders. Degrees of freedom (df), F and P values, and Power for MANOVA are presented. Bold numbers represent a significant effect of the source using SNK tests; α= 0.05.

Source	Dependent Variable	df	F	P	Power
Position	Overall Density	2	5.00	**0.01**	0.77
	Glomeridesmida Density	2	9.33	**<0.01**	0.97
	Polydesmida Density	2	1.50	0.24	0.30
	Spirostreptida Density	2	1.80	0.18	0.35
	Stemmiulida Density	2	2.98	0.06	0.54
	Biomass	2	1.95	0.16	0.38
	Orders	2	12.00	**<0.01**	0.99
Layer	Overall Density	3	2.60	0.07	0.59
	Glomeridesmida Density	3	6.33	**<0.01**	0.95
	Polydesmida Density	3	3.43	**0.03**	0.72
	Spirostreptida Density	3	5.40	**<0.01**	0.91
	Stemmiulida Density	3	1.50	0.23	0.36
	Biomass	3	1.75	0.17	0.42
	Orders	3	6.47	**<0.01**	0.95
Position x Layer	Overall Density	6	1.57	0.18	0.53
	Glomeridesmida Density	6	4.31	**<0.01**	0.96
	Polydesmida Density	6	1.50	0.21	0.51
	Spirostreptida Density	6	1.80	0.13	0.60
	Stemmiulida Density	6	1.05	0.41	0.36
	Biomass	6	0.78	0.59	0.27
	Orders	6	2.53	**0.04**	0.77

Figure 2. Density of Glomeridesmida millipedes in different topographic positions and ground layers from a Puerto Rican subtropical wet forest. Dissimilar letters indicate significant differences within the topographic position. (SNK, α= 0.05).

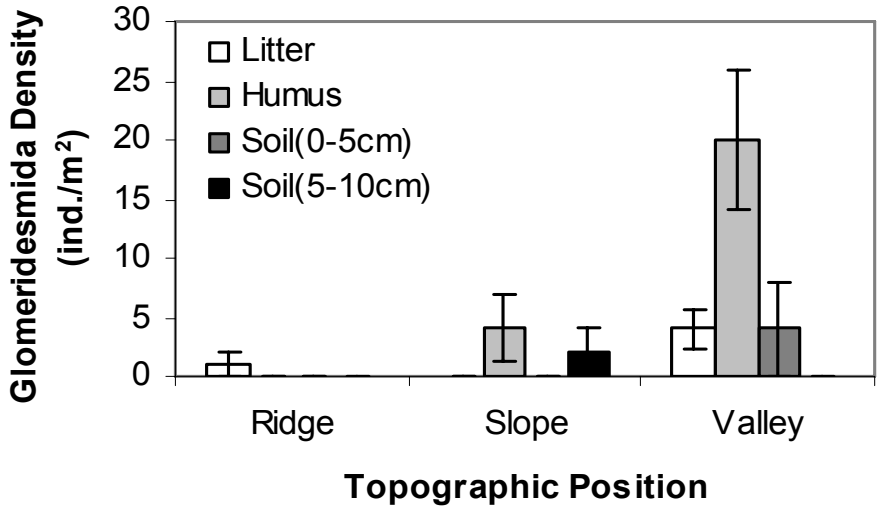


Table 2. The effect of position (Ridge, Slope, Valley) and layer (Litter and Humus) on different characteristics of the ground biomass. Degrees of freedom (df), F and P values, and Power for MANOVA are presented. Bold values represent significant effects (α= 0.05).

Source	Dependent Variable	df	F	P	Power
Position	Depth	2	1.59	0.23	0.29
	Total Ground Mass	2	0.03	0.97	0.05
	Leaves	2	0.20	0.82	0.08
	Wood	2	0.17	0.84	0.07
	Fruit	2	0.91	0.42	0.18
	Roots	2	0.58	0.57	0.13
Layer	Depth	1	2.39	0.14	0.31
	Total Ground Mass	1	3.41	0.08	0.42
	Leaves	1	1.83	0.19	0.25
	Wood	1	9.74	**<0.01**	0.84
	Fruit	1	8.73	**<0.01**	0.80
	Roots	1	2.15	0.16	0.28
Position x Layer	Depth	2	0.52	0.60	0.12
	Total Ground Mass	2	0.58	0.57	0.13
	Leaves	2	1.02	0.38	0.20
	Wood	2	0.49	0.62	0.12
	Fruit	2	0.92	0.42	0.18
	Roots	2	0.58	0.57	0.13

also significantly and positively correlated with the total density of millipedes (Table 3). We found that ridges were more acidic than slope and valley sites (Table 4). The soil pH of ridges was significantly different from the valley soil pH (Table 4). Soil pH and the number of millipede orders were significantly and positively correlated (Fig. 4).

DISCUSSION

We add to previous studies of the tabonuco forest that not just tree species and earthworms but now an arthropod's distribution is affected by topographic position, though not following the same pattern (Weaver 2000; González *et al*. 1999). As expected, slopes and valleys had significantly higher density and richness of millipedes than ridges. The biomass of millipedes followed a similar pattern but it was not significant. We also add that some variability in millipede distribution and density is affected not only by the position (ridge, slope, or valley) but also by the ground layer. Of these layers, the humus layer was the most diverse layer and had the highest biomass and density of millipedes

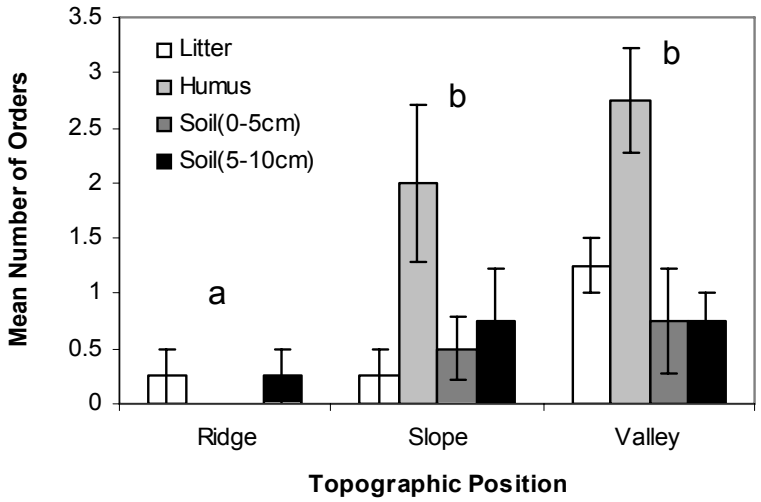


Figure 3. Mean number of orders along a toposequence for each of the ground layers in a subtropical wet forest in Puerto Rico. Error bars are + the standard error of the mean. Dissimilar letters indicate significant differences among the three topographic positions. (SNK, α= 0.05).

Table 3. Pearson correlation coefficients (r) between mean number of orders, the density, and biomass of millipedes and total biomass of ground litter, litter depth, and the biomass of individual parts of ground litter (leaves, wood, fruit, and roots). Bold numbers indicate P<0.05. Data were collected along a toposequence in the tabonuco forest in Puerto Rico.

Correlations	Mean number of orders	Total Density	Total Biomass
Leaves	0.27	0.14	0.31
Wood	**0.47**	0.28	**0.56**
Fruit	**0.64**	**0.41**	**0.79**
Roots	-0.07	-0.08	<0.01
Total Ground Litter	0.23	0.11	0.30
Litter Depth	0.24	0.06	0.12

Table 4. Mean soil pH and water content, and ground litter biomass (mean total litter, leaves, wood, fruit, and roots from the litter and humus layers per square meter) in different topographic positions in a subtropical wet forest (± standard error). Common letters within a column represent no significant difference (SNK, α= 0.05) among topographic positions.

Position	pH	Soil water content (%)	Ground litter (g)	Leaves (g)	Wood (g)	Fruit (g)	Roots (g)
Ridge	4.2±0.1[a]	211.1±34.6[a]	588.8±284.2[a]	393.2±150.3[a]	76.7±22.1[a]	6.7±4.5[a]	224.3±222.5[a]
Slope	4.5±0.1[ab]	191.9±28.6[a]	529.7±140.5[a]	390.6±69.0[a]	94.4±47.7[a]	11.7±5.1[a]	44.1±28.3[a]
Valley	4.8±0.1[b]	238.2±36.0[a]	577.8±74.7[a]	470.6±65.2[a]	73.5±16.8[a]	18.7±10.6[a]	24.1±13.0[a]

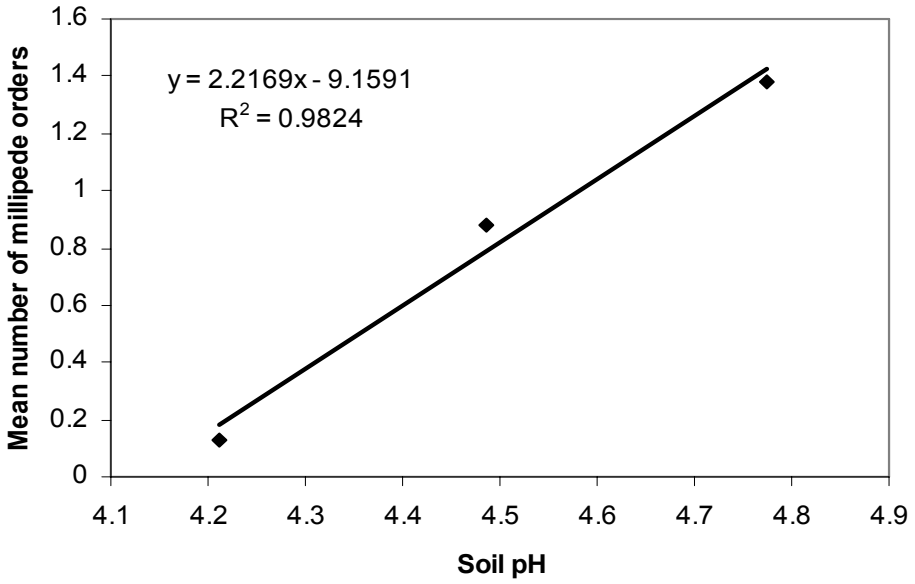


Figure 4. The relationship between the mean number of millipede orders and mean soil pH along the toposequence.

(although the latter two were not significant). This seems to be the best environment for most of the millipede orders (all of the millipede orders had the highest density in the humus except Stemmiulida) (Fig. 1). This layer retains more moisture than the litter layer and contains more wood and fruit, which could explain why millipedes prefer this microenvironment. Even though the diversity was the highest in the humus layer, the dominant group (Stemmiulida) had the highest density and biomass in the 0-5 cm of soil layer (Fig. 1), indicating the need not only to sample the litter and humus layers, which receive the most attention, but also the top soil layers when collecting and studying millipedes in this forest.

From this study, Stemmiulida seems to be the dominant order. The presence of this and other orders in the tabonuco forests in Puerto Rico was also found by Murphy and González in a pitfall trap/ soil core study but at much lower densities (unpublished data) (Table 5). Richardson *et al*. (2005) also found similar results of millipede density in their study of litter microarthropods in the same forest (Table 5). Comparison among studies is difficult because of differences in collection methods.

Hand sorting in the current study captured the larger millipedes (e.g. Stemmiulida) while hand sorting missed many of the more microscopic orders (Polyxenida and Polydesmida) that the other studies estimated at much higher densities. Also, Glomeridesmida are good at avoiding capture in pitfall traps because they can stick to the sides of containers and crawl out (C. Murphy, personal observation). Depending on the collection, method estimates of density vary, and we provide one more estimate to expand our understanding.

In other studies millipede density, biomass, and richness showed considerable variation. In Mediterranean France, Bertrand and Lumaret (1992) found millipede densities ranging from nearly 0 to 214 individuals/m^2 and biomass from 0.02 to 5.7 g/m^2. Millipedes in the Brazilian Amazon varied according to land use with a density ranging from 0-16 ind./m^2 in forests, 32-138 ind./m^2 in fallow lands, 0-86 ind./m^2 in agroforestry plantations, 13-22 ind./m^2 in pastures, and 0-64 ind./m^2 in croplands (Barros *et al*. 2002). Millipede biomass followed a similar pattern, with the lowest values in the forest (0-0.94 g/m^2) and the highest in tree plantations (0.12-10.59 g/m^2) (Barros *et al*. 2002). In tree plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Leucaena leucocephala*, and *Eucalyptus robusta* in Puerto Rico, millipede densities (individuals/m^2) were found to be 19, 56, and 15, respectively; while biomass (g/m^2) was 5.6, 15.6, and 6.4, respectively (Warren and Zou 2002). Millipede biomass was also significantly higher in the 0-10 cm depth soil than 10-20 cm depth in *C. equisetifolia* and *L. leucocephala* plantations; millipede biomass was also significantly correlated with N concentrations and C/N ratio of the incompletely decomposed litter layer (Warren and Zou 2002). Our values for millipede density and biomass fall in the middle ground of most of these studies.

Wood and fruit in the litter and humus layers were correlated with an increase in the biomass, richness, and density of millipedes (the latter was not significant for the wood). These may be important resources for millipedes both as food and shelter and may help explain the patchiness of arthropod distribution in this forest (millipedes were often found under the bark of sticks and in one instance a concentration of about 25 millipedes was found in a hollowed out fruit). Jabin *et al*. (2004) found that in the interior of an oak-beech forest in Germany there was a significantly higher density of millipedes near (within 10 cm) coarse woody debris than further from coarse woody debris (>500 cm). Topp *et al*. (2006) also confirmed that millipede density in Slovakia is much higher close to coarse woody debris than further from it (60-230 ind./m^2 and 15–75 ind./m^2 respectively) as well as significantly higher species richness near coarse woody debris than away from it. Additionally, soil pH was significantly more basic near coarse woody debris (Topp *et al*. 2006), which could also influence the presence of millipedes.

Table 5. Density of millipedes (individuals/m^2) in subtropical wet forests in Puerto Rico as found by other researchers. Data published with permission of authors.

Orders	Richardson *et al.*, 2005[1]	Murphy and González[2]	Murphy and González[3]	Current study[4]
Stemmiulida	7.67	0.45	0.00	22.33
Spirostreptida	5.00	0.00	0.00	2.00
Polyxenida	0.67	0.00	39.72	0.00
Polydesmida	17.33	0.45	52.96	1.33
Glomeridesmida	8.33	0.00	0.00	11.67

[1]Litter and humus, Tulgren funnel extraction; [2]Pitfall traps (ind./m^2/day); [3]Soil cores, high-gradient extraction; [4]Litter, Humus, and soil to 10 cm depth, hand sorted.

Finally, we found that on the ridges the soil was more acidic than in the slopes and valleys (where we found higher density and richness of millipedes). The mean number of millipede orders was highly and positively correlated (r^2=0.98) with soil pH (Fig. 4). The soil pH could have been one of the factors driving the higher order richness in the slopes and valleys, although this is based on only a small sample and pH range. Dlamini and Haynes (2004) pointed out that earthworm numbers are positively related to soil pH among 11 different land-use sites (from forests to sugarcane farms) in tropical South Africa. Abbott (1985) suggested that soil pH and soil silt and clay texture were useful predictor variables for earthworm communities among 12 soil characteristics. Soil pH could be affecting community structure for both these forest floor dwellers, although these relationships should be investigated further and along a more extended pH gradient.

We established some factors influencing the distribution of millipedes in the subtropical wet forests of Puerto Rico, such as topographic position, ground layer, wood and fruit in the ground litter, and soil pH. Future millipede studies could further investigate these relationships.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by grants #BSR-8811902, DEB-9411973, DEB-OO8538, and DEB-0218039 from the National Science Foundation to the Institute of Tropical Ecosystem Studies (IEET), University of Puerto Rico, and IITF as part of the Long-Term Ecological Research Program in the LEF. Juliana Belén was supported through the REU Site program at El Verde Field Station, University of Puerto Rico, NSF-grant number DBI-0552567. Additional support was provided by the Forest Service (U.S. Department of Agriculture) and in cooperation with the University of Puerto Rico. We would like to thank María M. Rivera, Verónica Cruz, and Carmen Marrero for help with laboratory analyses and Humberto Robles and Elías Iglesias for help with field work. Special thanks to José Fumero and Benjamín Colón and all the REU students that were working at El Verde Field Station for assisting us with this project (Karla Campos, Danielle Knight, Johanne Fernández, Sharon Machín, Rebecca Clasen, and Miriam O'Neill). Drs. Barbara Richardson, Ariel E. Lugo, William A. Gould, and two anonymous reviewers kindly provided comments on earlier versions of the manuscript.

LITERARUTE CITED

Abbott, I. 1985. Influence of some environmental factors on indigenous earthworms in the Northern Jarrah forest of western Australia. Australian Journal of Soil Research 23:271-290.

Anderson, J.M. and D.E. Bignell. 1980. Bacteria in the food, gut contents and faeces of the litter-feeding millipede *Glomeris marginata* Villers. Soil Biology and Biochemistry 12:251-254.

Barros, E., B. Pashanasi, R. Constantino, and P. Lavelle. 2002. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. Biology and Fertility of Soils 35:338-347.

Basnet, K. 1992. Effect of topography of the pattern of trees in the tabonuco (*Dacryodes excelsa*) dominated rain forest of Puerto Rico. Biotropica 24:31-42.

Bertrand, M. and J.P. Lumaret. 1992. The role of Diplopoda litter grazing activity on recycling processes in a Mediterranean climate. Vegetatio 99-100:289-297.

Brown, S., A.E. Lugo, S. Silander, and L. Liegel. 1983. Research history and opportunities in the Luquillo Experimental Forest. Gen. Tech. Rep. SO-44. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 128 p.

Cárcamo, H.A., T.A. Abe, C.E. Prescott, F.B. Holl, and C.P. Chanway. 2000. Influence of millipedes on litter decomposition, N mineralization, and microbial communities in a coastal forest in British Columbia, Canada. Canadian Journal of Forest Research 30:817-826.

Coleman, D.C. and D.A. Crossley, Jr. 1996. Fundamentals of Soil Ecology. Academic Press, London. 205 p.

Dlamini, T.C. and R.J. Haynes. 2004. Influence of agricultural land use on the size and composition of earthworm communities in northern KwaZulu-Natal, South Africa. Applied Soil Ecology 27:77-88.

Edwards, C.A. and K.E. Fletcher. 1988. Interactions between earthworms and micro-organisms in organic matter

breakdown. Agriculture, Ecosystems and Environment 24:235-247.

García-Martinó, A.R., G.S. Warner, F.N. Scatena, and D.L. Civco. 1996. Rainfall, runoff and elevation relationships in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Caribbean Journal of Science 32:413-424.

González, G., X. Zou, A. Sabat, and N. Fetcher. 1999. Earthworm abundance and distribution pattern in contrasting plant communities within a tropical wet forest in Puerto Rico. Caribbean Journal of Science 35:93-100.

González, G. and T.R. Seastedt. 2001. Soil fauna and plant litter decomposition in tropical and subalpine forest. Ecology 82:955-964.

Gould, W.A., G. González, and G. Carrero Rivera. 2006. Structure and composition of vegetation along an elevational gradient in Puerto Rico. Journal of Vegetation Science 17:563-574.

Heneghan, L. and T. Bolger. 1998. Soil microarthropod contribution to forest ecosystem process: the importance of observational scale. Plant and Soil 205:113-124.

Holdridge, L.R. 1971. Forest environments in tropical life zones: a pilot study. Pergamon Press Inc., New York, New York. 747 p.

Jabin, M., D. Mohr, H. Kappes, and W. Topp. 2004. Influence of deadwood on density of soil macro-arthropods in managed oak-beech forest. Forest Ecology and Management 194:61-69.

Johnston, M.H. 1992. Soil-vegetation relationships in a tabonuco forest community in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Journal of Tropical Ecology 8:253-263.

Lugo, A.E. and F.N. Scatena. 1995. Ecosystem-level properties of the Luquillo Experimental Forest with emphasis on the Tabonuco forest. *In*: Lugo, A.E., Lowe, C., editors. Tropical Forests: management and mcology. Springer-Verlag, New York, pp. 59-108.

Richardson, B.A., M.J. Richardson, and F.N. Soto-Adames. 2005. Separating the effects of forest type and elevation on the diversity of litter invertebrate communities in a humid tropical forest in Puerto Rico. Journal of Animal Ecology 74:926-936.

Ruan, H., Y. Li, and X. Zou. 2005. Soil communities and plant litter decomposition as influenced by forest debris: variation across tropical riparian and upland sites. Pedobiologia 49:529-538.

Scatena, F.N. and A.E. Lugo. 1995. Geomorphology, disturbance, and the soils and vegetation of two subtropical wet steepland watersheds of Puerto Rico. Geomorphology 13:199-213.

Scheu, S. and V. Wolters. 1991. Influence of fragmentation and bioturbation on the decomposition of super ^{14}C-labelled beech leaf litter. Soil Biology and Biochemistry 23:1029-1034.

Soil Survey Staff. 1995. Order 1 soil survey of the Luquillo long-term ecological research grid, Puerto Rico. USDA, Natural Resources Conservation Service (NRCS), National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska.

Swift, M.J., O.W. Heal, and J.M. Anderson, 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. Blackwell Scientific Publications, London, UK. 372 p.

Tian, G., L. Brussaard, and B.T. Kang. 1995. Breakdown of plant residues with contrasting chemical composition under humid tropical conditions: effects of earthworms and millipedes. Soil Biology and Biochemistry 27:277-280.

Topp, W., H. Kappes, J. Kulfan, and P. Zach. 2006. Distribution pattern of woodlice (Isopoda) and millipedes (Diplopoda) in four primeval forests of the Western Carpathians (Central Slovakia). Soil Biology and Biochemistry 38:43-50.

Voigtländer, K. and C. Düker. 2001. Distribution and species grouping of millipedes (Myriapoda, Diplopoda) in dry biotopes in Saxony-Anhalt/Eastern Germany. European Journal of Soil Biology 37:325-328.

Wadsworth, F.H. 1951. Forest management in the Luquillo mountains, I. Setting. Caribbean Foresters 12:114-124.

Wadsworth, F.H. 1953. New observation of tree growth in tabonuco forest. Caribbean Foresters 14:106-111.

Wadsworth, F.H. 1957. Tropical rain forest. *In*: Haig, I.T., Huberman, M.A., Din, U.A., editors. Tropical silviculture, Volume II. United Nations Food and Agriculture Organization, Rome, pp. 12-23.

Wadsworth, F.H. 1970. Review of past research in the Luquillo mountains of Puerto Rico. *In*: Odum, H.T., Pigeon, R.F., editors. A tropical rain forest. U.S. Department of Commerce, Springfield, Virginia, pp. 33-46.

Warren, M.W. and X. Zou. 2002. Soil macrofauna and litter nutrients in three tropical tree plantations on a disturbed site in Puerto Rico. Forest Ecology and Management 170:161-171.

Weaver, P.L. 2000. Environmental gradients affect forest structure in Puerto Rico's Luquillo Mountains. Interciencia 25:254-259.

Acta Científica 22(1-3), 67-77, 2008

LA POLÍTICA FORESTAL DEL MANGLAR EN PUERTO RICO DURANTE EL SIGLO XIX: EL CASO DEL MANGLAR DE JOBOS, LAS MAREAS, CAÑO GRANDE Y PUNTA CARIBE DE GUAYAMA

Carlos M. Domínguez Cristóbal
Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1115

Durante el siglo XIX el gobierno español desarrolló en Puerto Rico una política forestal que influyó de manera significativa en los manglares del país. Dentro de esa perspectiva el Manglar de Jobos, Las Mareas, Caño Grande y Punta Caribe de Guayama constituye uno de los escenarios representativos de la implantación de esa visión gubernamental.

El incremento poblacional que experimentó la Isla desde fines del siglo XVIII, la necesidad de tierras con fines agrícolas, la lejanía de la Metrópoli y las guerras de independencia de las colonias españolas en América, entre otros factores, contribuyeron para que España reenfocara la administración gubernamental de la colonia de Puerto Rico. Ante esa situación y como parte de la problemática española en América, España reconoció la importancia de las maderas del país, en especial, aquellas que eran empleadas con fines navales o de construcción. Por otro lado, la Isla experimentaba un contrabando que fue documentado en 1765 por Alejandro O'Reilly (Fernández Méndez 1981). Dentro de ese marco escénico la zona de Guayama experimentaba el liderato en el contrabando maderero.

Al convertirse Puerto Rico en un centro de operaciones anti-revolucionarias y dado el interés de la Metrópoli de mantener la Isla bajo el dominio español le otorgó varias concesiones o medidas a ésta. No obstante, esas medidas, entre las cuales se ubicaba la Cédula de Gracias de 1815, estaban encaminadas al fomento de la agricultura, el comercio y la población. Dentro de esos planes el común denominador lo constituía la deforestación del país y por consiguiente su repercusión para con los manglares.

El establecimiento de la zona marítimo terrestre el 10 de septiembre de 1815 colocó a la Comandancia de la Marina en una posición privilegiada, luego del Gobernador, en todos los asuntos inherentes al manglar. Esa inherencia emanaba de la ubicación costera de los manglares y de la definición misma de la zona marítimo terrestre:

"*una extensión de veinte varas hacia tierra, partiendo del punto de la playa hasta donde alcanzare las mareas su mayor crecimiento*" (Archivo General de Puerto Rico 1815).

Ante esa perspectiva la administración de los manglares quedó circunscrita bajo la jurisdicción de la Comandancia de la Marina. Por otro lado, ante esa definición, esa extensión descrita era de unos sesenta pies, pues una vara es "una medida de longitudes dividida en tres pies" (De la Rosa 1986).

El advenimiento del cultivo de la caña de azúcar como el principal producto agrícola de exportación durante las primeras siete décadas del siglo XIX repercutió sobre los manglares. La ubicación de los cañaverales en los llanos costeros a espaldas de los manglares contribuyó a que este ecosistema fuera influenciado por el cultivo del azúcar. La necesidad de ampliar la zona del cañaveral requería en gran medida de una fuente de combustible barata y accesible. Por otro lado, la tenencia de tierras dedicadas al azúcar cada vez se hacía más competitiva. Ante esa coyuntura histórica y dada la ubicación del mangle bobo dentro del escenario del manglar le correspondió a éste el sufrir la creciente necesidad de material combustible para las chimeneas azucareras. Por otro lado, la reputación del mangle bobo (*Laguncularia racemosa*) como leña excelente debido a que se quemaba lentamente

motivó en gran medida su empleo a tales fines. Al unísono la carencia de un buen sistema de vigilancia gubernamental para con los manglares favoreció el que los hacendados del azúcar dispusieran de los manglares como si fueran de su propiedad. Sin embargo, ya existía un esfuerzo gubernamental previo para con la protección del manglar botoncillo (*Conocarpus erectus*) el cual databa de 1816.

El documento gubernamental denominado "Aprovechamiento de maderas, sus cortes y embarques" del 21 de marzo de 1816 poseía, entre otros objetivos, los siguientes: reglamentación del comercio maderero y la clasificación de aquellas especies madereras a ser empleadas en la fabricación de buques o edificios. Ante ese cuadro escénico fue incluido el mangle botoncillo (De Córdova 1968). Éste era el tipo de manglar más distante del océano y por consiguiente el más cercano a la tierra y al cañaveral. Por otro lado, este tipo de manglar se producía "con abundancia por el sur de la Isla" (Viña 1854). Dada esa localización, el corte y la extracción de este tipo de manglar resultaba en una empresa a considerar si se deseaba extender el cañaveral. Por otro lado, dada la ubicación del manglar en la zona costanera la Corona española poseía su control y vigilancia a través de la Comandancia de la Marina pero reconocía que ya existían problemas de tenencia con los hacendados del azúcar pues éstos explotaban los manglares cuando tal tenencia le correspondía al Estado.

Entre las labores que desempeñó la Inspección de Montes de Puerto Rico en el segundo lustro de la década del 1860 e inicios de la década del 1870 se ubican el Inventario de montes de 1867 y el Inventario de los montes públicos de 1870. No obstante, el Manglar de Jobos solo aparece registrado en el primero de ellos. De hecho, este manglar adquirió dicho nombre del barrio donde se ubica. Por otro lado, el barrio Jobos ya aparece constituido dentro de esa categoría en la municipalidad de Guayama en 1831 (Rivera Arbolay 1999). No obstante, la toponimia de Guayama ya registra desde el último cuarto del siglo XVIII a un río denominado "Del Manglar" (Abbad y Lasierra 1979).

La Relación de Montes de Puerto Rico de 1867 señala la existencia de 3,555.36 hectáreas aforadas de mangle de las cuales el 80 por ciento, o sea, 2,843.44 hectáreas le correspondían al Estado (Archivo Histórico Nacional 1867). En lo que respecta a Guayama se destaca la existencia de manglar en el barrio denominado Jobos con una extensión aforada de 8.05 hectáreas las cuales en su totalidad eran de propiedad particular: 6.44 hectáreas de Jesús M. Texidor y 1.61 hectáreas a Pedro Soliveres. No obstante, la totalidad del tipo de manglar reportado por Soliveres fue catalogado o clasificado como mangle rojo mientras que el correspondiente a Texidor solo describe como especies reportadas "el mangle". Como dato curioso, en Naguabo, en los manglares del barrio Daguao y con una extensión aforada de 166.66 hectáreas y de propiedad de Guillermo Noble se informó el jobo como una de las especies reportadas no distante de ese ecosistema.

El Inventario de los Montes Públicos de Puerto Rico de 1870 describe la existencia de 2,941.68 hectáreas aforadas de mangle los cuales en su totalidad fueron reconocidos como mangle rojo (Archivo General de Puerto Rico 1870). No obstante, ninguno de ellos fue reportado en Guayama.

El restablecimiento de la Inspección de Montes mediante Real Decreto del 25 de febrero de 1875 marcó el inicio de una reorientación gubernamental para con los montes públicos del país (Archivo Histórico Nacional 1875). Ante esa perspectiva, la Inspección de Montes pasó a constituirse en la "agencia gubernamental" responsable de la implantación de una política forestal. No obstante, la legislación forestal no vislumbraba cambio alguno para con la relación existente entre la Comandancia de la Marina y los manglares.

La implantación de las Ordenanzas de Montes del 21 de abril de 1876 para las provincias de Cuba y Puerto Rico (Archivo Histórico Nacional 1876) propició la génesis de la reducción de la autoridad que ejercía la Comandancia de la Marina para con

los manglares. Aunque la Ordenanza constituía la fuerza generadora de toda actividad forestal a cargo de la Inspección de Montes de Puerto Rico, ésta provocó una serie de interrogantes que produjo el Inspector de Montes, César De Guillerna y Las Heras.

El plan de acción de la Inspección de Montes de Puerto Rico estaba basado en los siguientes planteamientos: la realidad forestal de la Isla, la inclusión de los manglares en la política forestal y la entrega oficial de los manglares de parte de la Comandancia de la Marina a la Inspección de Montes. La punta de lanza del Inspector de Montes lo constituía el reconocimiento del manglar bajo la clasificación de árbol. Al lograrse ese objetivo, el segundo paso lo representaba la entrega de los manglares de parte de la Comandancia de la Marina mediante un documento oficial.

Ante la incapacidad de Ignacio García Tudela en representación de la Comandancia de la Marina, de proveer por lo menos un inventario de los manglares con los datos particulares de cada uno, el camino se allanó para los intereses de la Inspección de Montes de Puerto Rico. La relación siguiente, la cual emana de la Comandancia de la Marina, ilustra claramente ciertos aspectos sobre la situación de los manglares al inicio de último cuarto del siglo XIX.

"*…En casi todos los distritos marítimos de esta Provincia hay manglares cuya situación es conocida pero de cuya extensión no se tiene suficientes datos…Algunos propietarios de terrenos lindantes con los manglares que bañan el mar, pretenden serlo también de éstos y suelen cortarlos por la parte de la tierra para proveer leña a sus fincas, pero este abuso se terminará en cuanto se lleve a cabo el necesario deslinde porque la zona marítima y más aún las orillas del mar, son de exclusivo dominio público y no pueden pertenecer privadamente a nadie*…"(Archivo Histórico Nacional 1877[a]).

No obstante, César De Guillerna y De Las Heras, también ilustró sobre la situación de los manglares. "*… se confunde la zona marítima con los manglares cosas completamente distintas pues la primera se estiende [sic] a muchos terrenos que no están ocupados por los segundos y éstos tienen sus límites algunas veces fuera de aquella…los manglares son objeto de abusos por parte de los propietarios colindantes que suelen cortarlos y también aunque ésto no se consigna estraen* [sic] *la cáscara del mangle colorado o zapatero muy apreciado como curtiente… el ramo de Marina ha estado hasta el presente encargado de la administración de los manglares ha debido consistir en que no existía en esta Ysla* [sic] *una legislación especial del ramo de Montes bien definida que hoy existe desde que se promulgaron las Ordenanzas del 21 de abril de 1876*…" (Archivo Histórico Nacional 1877[b]).

El 28 de junio de 1877 el Gobernador de Puerto Rico expresó su opinión y orden de cúmplase favoreciendo la posición de la Inspección de Montes. Ante esa situación, el primero de agosto de 1877 la Comandancia de la Marina la cual estuvo representada por Adolfo Tolif y De la Serna hizo entrega oficial de los manglares a la Inspección de Montes de Puerto Rico. El acta oficial de entrega, la cual se llevó a cabo mediante documentación, refleja una serie de datos para con la historia de los manglares puertorriqueños.

"*cuyos manglares están en su mayor parte en todo este Puerto Rico (Puerto de San Juan), en Vacía Talega hasta la Cabeza de San Juan, en el Puerto de Fajardo, en la Ceiba, en Ensenada Honda; en Naguabo, en Guayama, en el freo Cabuyón; en Ponce, en Salinas de Coamo, en Santa Ysabel [sic] de Coamo; en Guayanilla, en Caña Gorda; en Guánica; en la Parguera; en Cabo Rojo; y en Añasco… Ni en este centro ni en los distritos existen datos ninguno respecto a los mencionados manglares, sin duda por que la situación, estención [sic] y límites están determinados como las orillas del mar por el mar mismo y por esta razón me encuentro en la imposibilidad de dar el más puntual cumplimiento como desearía a la respectable disposición de V.E. de entregarlos a la mencionada Ynspección [sic] de Montes bajo inventario" (*Archivo Histórico Nacional 1877[c]).

El traspaso de los manglares de la Comandancia de la Marina para con la Inspección de Montes todavía implicaba que el Inspector de Montes tendría que librar largas y extensas discusiones pues la Comandancia de la Marina retenía la vigilancia del manglar. Por otro lado, ya se iban perfilando las dos vertientes para lidiar con los manglares: la conservacionista y la económica. No obstante, se pretendía que ambas vertientes fueran manejadas desde la perspectiva de unas directrices ya manifestadas en las Ordenanzas de Montes del 21 de abril de 1876.

El desarrollo de una política forestal para el manglar el cual fuera patrocinado y dirigido por el gobierno español en Puerto Rico adviene al inicio del último cuarto del siglo XIX. Dentro de esa perspectiva la Inspección de Montes y las Ordenanzas de Montes se constituyeron en los mecanismos para hacer de esa misión una realidad. No obstante, el Inspector de Montes reconocía que ello era una tarea de gran dificultad con la que tenía que lidiar sin pérdida de tiempo.

La definición de "montes públicos" que poseían las Ordenanzas de Montes de 1876 no vislumbraba que los manglares fueran considerados como tales y por ende no estaban sujetos a unos planes de aprovechamiento forestal. Ante esa consideración, el manejo de los manglares debía de permanecer bajo la jurisdicción de la Comandancia de la Marina. Tal escenario motivó que el Inspector de Montes presentara ante la Metrópoli, el Gobernador de Puerto Rico y la Comandancia de la Marina una serie de planteamientos para que el manglar fuera considerado como un monte público y de que por consiguiente estuvieran sujetos a un plan de aprovechamiento forestal. Para lograr ese propósito César De Guillerna y De las Heras utilizó la definición misma que poseía las Ordenanzas de Montes.

"*Bajo la denominación de montes, para los efectos de estas ordenanzas, se comprenden todos los terrenos destinados particularmente a la producción de maderas y leñas y las tierras de pastos no cultivados…"* (Archivo Histórico Nacional 1876).

Por otro lado, el Inspector de Montes también destacó que para que la legislación forestal extendida a Puerto Rico fuera funcional en la Isla requería de una serie de modificaciones en acorde con la realidad tropical de la misma.

El reconocimiento oficial del gobierno español del manglar como una zona productora de maderas y por tanto como montes públicos motivó que la Inspección de Montes adquiriera una mayor inherencia en la administración de ese ecosistema. Dentro de esa perspectiva, adviene una vez más la temática de la vigilancia del manglar.

El proceder de la Comandancia de la Marina sobre la vigilancia de los manglares permaneció inalterado hasta el año forestal de 1885-1886. En dicho año, el sistema de vigilancia fue modificado mediante la creación de un sistema de comarcas forestales. Esa situación fue capitalizada por la Inspección de Montes para poder ejercer su influencia sobre la vigilancia del manglar.

El establecimiento de las comarcas forestales de Luquillo, Cayey, Yauco y Utuado en 1885-1886 para viabilizar un sistema de vigilancia forestal a través de la Guardia Civil no resultaría en un recurso de gran efectividad. Entre los factores que condujeron a esa situación se ubicaban los siguientes: la escasez de personal pero muy en especial la designación de un solo montero por cada comarca forestal, el tipo de vigilancia con respecto al manglar: eventual vs permanente, la naturaleza misma del manglar lo cual facilitaba su fácil reconocimiento y la inherencia de los colindantes, en especial, la de los hacendados del azúcar en la apropiación ilegal de los terrenos y maderas del manglar, y, la visión gubernamental de que los manglares eran un obstáculo a la salud pública y de que por ende había que enajenarlos para convertirlos en zonas agrícolas.

La designación de un montero para ofrecer una vigilancia eventual o permanente en cada comarca

forestal fue una labor en extremo de carácter titánico. La realización de la misma a caballo, la inexistencia de caminos y las condiciones climatológicas influyeron sobre la calidad del tipo de vigilancia que debía de ofrecer cada montero. Por otro lado, el salario básico de un montero, 500 pesos anuales, no tomaba en consideración las diferencias existentes entre las extensiones territoriales de las comarcas forestales (Tabla 1).

En términos generales, el manglar representaba a la vigilancia de tipo eventual mientras que la vigilancia de tipo permanente se concentraba en el resto de los montes públicos (Tabla 2). La única excepción a la vigilancia de tipo eventual de los manglares se ubicaba en la Comarca Forestal de Yauco. No obstante, aún cuando en la Comarca Forestal de Cayey la zona del manglar superaba a la extensión de los montes de la altura la totalidad de su vigilancia era de naturaleza eventual. Dentro de ese marco de acción, se ubicaba el Manglar de Jobos, Las Mareas, Caño Grande y Punta Caribe de Guayama. De ahí, el que la consideración de la extensión no fuera el factor determinante a que tipo de vigilancia se ofrecía.

La naturaleza misma del manglar fue otro de los factores que determinaron el tipo de vigilancia que se le ofrecía a este ecosistema. El examen ocular mediante la realización de una o varias visitas a cada manglar, era uno de los criterios fundamentales que utilizaba la Inspección de Montes para establecer los límites físicos de un manglar.

La presencia de la Guardia Civil dentro del marco escénico forestal de Puerto Rico poseía una consideración adicional. Desde su creación a raíz de los sucesos del Grito de Lares, ésta fue utilizada como un sistema de represión política por el gobierno español en Puerto Rico (De la Rosa Martínez 1983). Por tanto el requisito de españolidad era uno de vital importancia al momento de solicitar las plazas de monteros. Ante esas consideraciones la vigilancia de los montes públicos era eminente y requerida ya que históricamente éstos constituían, según el gobierno español, parte integrante de los escenarios de los planes clandestinos o de cimarronaje político que pudieran atentar contra el orden gubernamental español en la colonia de Puerto Rico (Picó 1986).

El proceso a través del cual se realizaron los planes de aprovechamiento forestal de los manglares bajo la jurisdicción de la Inspección de Montes de Puerto Rico estaba descrito en las Ordenanzas de Montes del 21 de abril de 1876. Documentalmente, los planes de aprovechamiento forestal anual que

Tabla 1. Extensión aforada de las comarcas forestales bajo vigilancia permanente o eventual en Puerto Rico durante los años forestales de 1885-1886 a 1888-1889. (Archivo General de Puerto Rico 1885-1889).

Comarca Forestal	Vigilancia Permanente (hectáreas aforadas)	Vigilancia Eventual (hectáreas aforadas)	Extensión Total (hectáreas aforadas)
Luquillo	10,057.92	574.68	10,632.40
Utuado	6,177.65	660.14	6,837.79
Cayey	1,749.91	2,759.27	4,509.18
Yauco	3,271.42	734.51	4,005.93
TOTAL	21,256.70	4,728.61	25,985.31

Tabla 2. Estado comparativo de la extensión aforada y el tipo de vigilancia en los manglares y los montes de la altura en las Comarcas Forestales de Puerto Rico durante los años forestales de 1885-1886 a 1888-1889. (Archivo General de Puerto Rico 1885-1889).

	Montes de la altura		Manglar	
Comarca Forestal	**Vigilancia Permanente (hectáreas aforadas)**	**Vigilancia Eventual (hectáreas aforadas)**	**Vigilancia Permanente (hectáreas aforadas)**	**Vigilancia Eventual (hectáreas aforadas)**
Luquillo	10,057.72	0	0	574.68
Utuado	6,177.65	660.14	0	0
Cayey	1,749.91	249.20	0	2,510.08
Yauco	2,869.72	188.66	401.70	545.86
TOTAL	20,855.00	1,098.00	401.70	3,630.62

desarrolló la Inspección de Montes de Puerto Rico durante los años de 1877-1878 a 1888-1889 poseen un significado de un gran valor científico e histórico. Estos fueron los primeros planes de manejo racional y científico que el gobierno español aplicó a este ecosistema. Sin embargo, no todos los manglares bajo la jurisdicción de la Inspección de Montes estaban circunscritos a los planes de aprovechamiento forestal y los que así lo estuvieron fueron incorporándose por regiones o zonas en acorde a la distancia con San Juan.

Del examen de los planes de aprovechamiento forestal de la Inspección de Montes de Puerto Rico durante los años forestales de 1877-1878 a 1888-1889 se desprende que éstos no aplicaron, entre otros, a los manglares de Ponce, Mayagüez y Añasco. Dentro de esa perspectiva en esos pueblos existían grandes extensiones dedicadas al cultivo de la caña de azúcar y por consiguiente grandes extensiones de manglar que se encontraban maltrechos.

Al escudriñar los expedientes de los planes de aprovechamiento forestal también aflora la existencia de tres zonas que fueron incorporadas paulatinamente. Inicialmente, les correspondió a los manglares más distantes de San Juan, o sea, la zona que comprendía desde Cabo Rojo a Guayama sin incluir a Ponce. Éstos eran parte integrante de esos planes desde el bienio de 1877-1878 y 1878-1879. La segunda zona, la cual fue incorporada de 1879-1880 era extensiva a los manglares de los pueblos de Naguabo, Fajardo, Ceiba y Río Grande. La tercera zona, la cual fue integrada en 1885-1886 correspondía a los manglares de San Juan y los pueblos aledaños de Bayamón, Río Piedras, Carolina y Loíza. Dentro de esa zona a la isleta de San Juan se le reconocía desde fines del siglo XVIII como la "Isla del Manglar" (De Hostos 1992).

Cada manglar generaba un expediente anual cuyo objetivo era determinar el grado de manejo a que podían ser sometidos siempre y cuando la buena conservación de los mismos así lo permitiese. No obstante, la redacción de cada expediente estaba influenciada por el conocimiento y la experiencia que poseía el personal de la Inspección de Montes. Por consiguiente el Inspector de Montes y su personal subalterno realizaban con cierta regularidad una inspección ocular en cada manglar bajo consideración.

La recopilación anual de los datos de cada uno de los manglares se resumía de manera que la información resultara más manejable y de que

fuera examinada con mayor claridad. Para lograr ese objetivo se laboraba en acorde a lo estipulado en las Ordenanzas de Montes pues los planes de aprovechamiento forestal poseían una vigencia de doce meses.

Durante los años de 1877-1878 a 1888-1889 la Inspección de Montes de Puerto Rico diseñó unos planes de aprovechamiento forestal anual para una gran parte de los manglares que estaban bajo su jurisdicción. El mayor alcance de dichos planes aconteció en 1885-1886 pues éstos cubrieron un máximo de 18 pueblos en los cuales se ubicaban 31 manglares. Tal situación implica que no todos los manglares bajo la jurisdicción de la Inspección de Montes de Puerto Rico estaban sujetos a los planes de aprovechamiento forestal.

Las planillas de los planes de aprovechamiento forestal anual de los manglares adscritos a la Inspección de Montes de Puerto Rico son unos de los recursos más valiosos para el estudio de la situación de cada manglar. La documentación alusiva a la nomenclatura del manglar, su ubicación municipal, cabida aforada en hectáreas, especies dominantes y la propuesta de tasación de las leñas y las cortezas son un claro testimonio de los datos que poseían esos documentos.

Los planes de aprovechamiento forestal anual que redactaba la Inspección de Montes de Puerto Rico requerían, para hacerse efectivas, de la aprobación del Gobernador a no más tardar del día 30 de junio de cada año. Esa era la fecha límite, ya que el año forestal comenzaba el primero de julio y se extendía al 30 de junio del año siguiente. Ante ese panorama, la Inspección de Montes procuraba que las propuestas de los planes de aprovechamiento forestal anual de los manglares se efectaren entre abril y mayo de cada año. De esa forma se pretendía que el Gobernador tuviera un tiempo razonable para considerar o no su aprobación así como el hacer ciertas modificaciones o cambios.

Ningún aprovechamiento que estuviere incluido en las propuestas de aprovechamiento forestal y que eran aprobadas por el Gobernador se concedían gratuitamente. Éstas se otorgaban al mejor postor adjudicándose las mismas en el Ayuntamiento donde radicase cada manglar de referencia.

Los únicos aprovechamientos no incluidos en los planes de aprovechamiento forestal anual que el Gobernador podía autorizar gratuitamente eran los siguientes: los requeridos para los Servicios de Guerra y Marina, Telégrafos, Obras Públicas, los productos de cortas fraudulentas, de incendios o de árboles derribados por los vientos ya fuere en épocas de huracanes o fuera de ella. No obstante, para que ello se efectuase se requería de que éstos fueran tasados siempre que fuera posible por la Inspección de Montes.

Los manglares de Puerto Rico que estuvieron sujetos a los planes de aprovechamiento forestal ofrecían a los postores dos opciones o renglones: las leñas y las cortezas. Estos renglones a los cuales se les denominaban como productos primarios se subastaban en conjunto.

Las leñas del manglar se subastaban a través de una unidad denominada esteras. Una estera era el equivalente a unos 720 kilogramos de madera seca recogida en el manglar sin considerar a que especie en particular correspondía. Dentro de ese panorama existía una variante para con las esteras de leñas que procedían del mangle rojo o zapatero.

El mangle rojo era la única especie dentro del marco escénico del manglar con la cual se realizaban podas o entresacas de árboles vivos. No obstante, los ejemplares de tales especies debían de poseer un diámetro mínimo de siete centímetros a una altura de un metro ya fuere a nivel del agua o del suelo según fuere el caso. Al realizarse el descortezado, toda la leña obtenida era incluida en el cálculo del número de las esteras que producía dicho manglar.

Del examen del número de las esteras de leñas de los planes de aprovechamiento forestal de la Inspección de Montes de Puerto Rico para el Manglar de Jobos, Las Mareas, Caño Grande

y Punta Caribe de Guayama durante los años de 1877-1878 a 1888-1889 se desprende una clara tendencia a un aumento en el número de esteras de leñas a ser subastadas así como de una variación en el precio de cada estera de leña (Tabla 3). Dentro de esa perspectiva vale destacar que el 1877-1878 representa el año en que el precio de las esteras de leñas fue mayor, o sea 0.93 pesos/estera mientras que en el bienio de 1887-1888 a 1888-1889, o sea, los años con mayor número de esteras a ser subastados, su precio descendió a 0.25 pesos/ estera.

El precio promedio de las esteras de leñas de los manglares sujetos a los planes de aprovechamiento forestal estaban determinados, entre otros factores, por la necesidad de éstos como fuente de combustible, la transportación, la facilidad o dificultad de la extracción y por la existencia y la demanda de los centros de consumo. No obstante, cada manglar poseía unas particularidades que podían influir en esas condiciones: extensión, especie dominante y subordinada y ubicación.

El segundo renglón de los productos primarios de los manglares sujetos a los planes de aprovechamiento forestal de la Inspección de Montes de Puerto Rico durante los años de 1877-1878 a 1888-1889 lo constituyeron las cortezas. No obstante, las cortezas de los manglares a ser subastadas se limitaban a una especie de manglar, el rojo. Éstas se generaban como parte del proceso de descortezado de todo árbol de mangle colorado ya fuere dominante o no y que tuviera un diámetro mínimo de siete centímetros a la altura de un metro del suelo o de las aguas según fuera el caso. Ante esa circunstancia, todos los manglares rojos que estaban sujetos a los planes de aprovechamiento forestal estaban incorporados en la extracción de las cortezas.

Del examen de los planes de aprovechamiento forestal de la Inspección de Montes de Puerto Rico para el Manglar de Jobos, Las Mareas, Caño Grande y Punta Caribe de Guayama se desprende que durante los años de 1877-1878 a 1888-1889

Tabla 3. Relación económica anual de las esteras de leñas para el Manglar de Jobos, Las Mareas, Caño Grande y Punta Caribe de Guayama el cual estaba bajo la jurisdicción de los planes de aprovechamiento forestal de la Inspección de Montes de Puerto Rico durante los años forestales de 1877-1878 a 1888-1889. (Archivo General de Puerto Rico 1877-1889).

Año forestal	Número de esteras de leñas	Importe económico (pesos)	Precio de la estera de leña (pesos)
1877-1878	368	342.0	0.93
1878-1879	368	131.1	0.36
1879-1880	368	131.1	0.36
1880-1881	400	248.0	0.62
1881-1882	600	372.0	0.62
1882-1883	680	408.0	0.60
1883-1884	680	408.0	0.60
1884-1885	680	408.0	0.60
1885-1886	680	507.0	0.75
1886-1887	750	300.0	0.40
1887-1888	1,600	400.0	0.25
1888-1889	1,600	400.0	0.25
TOTAL	8,774	4,055.2	0.46

dicho manglar debía subastar 73,301 esteras de leñas las cuales de subastarse representarían 903.6 pesos (Tabla 4). El año en que mayor kilogramos de cortezas fue descrito figura en 1877-1878 con 9,201 kilogramos de cortezas. No obstante, ese número de cortezas jamás fue superado por los planes de aprovechamiento siguientes. Como dato curioso resulta que en los manglares de la zona sur, sureste y suroeste del país el Manglar de Jobos, Las Mareas, Caño Grande y Punta Caribe de Guayama lideraba el número de kilogramos de corteza de mangle así como su importe económico.

En lo referente al precio del kilogramo de corteza de mangle éste se mantuvo estable. Dicho precio osciló entre 0.012 a 0.013 pesos/kilogramo de corteza (Tabla 4). Prácticamente ese era el patrón en el resto de los manglares del país.

La realización de las subastas de los planes de aprovechamiento forestal de la Inspección de Montes de Puerto Rico constituían el paso siguiente a la aprobación de esos planes de parte del Gobernador. Ningún plan de aprovechamiento podía realizarse sin la aprobación de este. De realizarse se declaraba nulo.

La subasta era precedida de por lo menos un mes de anuncios para la consideración del público. Estos anuncios se llevaban a cabo en los boletines oficiales de las cabeceras de distrito y por medio de edictos que se ubicaban en las municipalidades donde radicaba el manglar a ser subastado. Para esa época los pueblos cabeceras de distrito eran San Juan, Arecibo, Mayagüez, Ponce, Humacao y Guayama. Dichas subastas no se publicaron en La Gaceta por que estaba estipulado que así sucedería si ésta era superior a las 12,500 pesetas.

Los edictos era un documento que se fijaba en un lugar público de la municipalidad donde radicaba el manglar anunciando el acto de la subasta. Entre la información contenida en ese documento se ubicaba la fecha, hora y los renglones a subastarse

Tabla 4. Relación económica anual de los kilogramos de cortezas de mangle rojo para el Manglar de Jobos, Las Mareas, Caño Grande y Punta Caribe de Guayama el cual estaba bajo la jurisdicción de los planes de aprovechamiento forestal de la Inspección de Montes de Puerto Rico durante los años forestales de 1877-1878 a 1888-1889. (Archivo General de Puerto Rico 1877-1889).

Año forestal	Número de kilogramos de corteza	Importe económico (pesos)	Precio (kilogramos de corteza)
1877-1878	9,201	120	0.013
1878-1879	4,600	60	0.013
1879-1880	4,600	60	0.013
1880-1881	4,800	57.6	0.012
1881-1882	5,550	66	0.012
1882-1883	6,000	72	0.012
1883-1884	6,000	72	0.012
1884-1885	6,000	72	0.012
1885-1886	6,000	72	0.012
1886-1887	6,000	72	0.012
1887-1888	7,500	90	0.012
1888-1889	7,500	90	0.012
TOTAL	73,701	903.6	0.012

con su importe económico. En múltiples ocasiones ante la llegada o cercanía de la fecha de la subasta esta era anunciada por un pregón. De esa forma, quizás en forma tardía, podían enterarse aquellos que no sabían leer ni escribir, o sea, la gran mayoría de la población del país los que a su vez tampoco poseían los ingresos disponibles para asistir a dichas subastas.

Todas las subastas de los planes de aprovechamiento forestal de la Inspección de Montes de Puerto Rico se realizaron en pujas abiertas y sin requisitos de fianza. No obstante, estas se efectuaron ante la presencia de un empleado de la Inspección de Montes.

Ante la llegada del día señalado, las subastas se efectuaban en el Ayuntamiento donde ubicaba el manglar siendo presidida por el Alcalde. Toda subasta procedía a efectuarse a los treinta minutos de la hora acordada. Al cabo de la misma ésta se adjudicaba al postor que cumpliese con la propuesta o por aquel que mejor conviniese a los intereses del Estado. Independientemente de ello se requería de un informe de la Inspección de Montes y de la Alcaldía dando cuenta al Gobernador. Toda licitación que no cumpliese con la cantidad señalada se declaraba nula. Si resultaba en un empate las Ordenanzas señalaban el que se debía realizar otra subasta ese mismo día o en el acto seguido dentro de un espacio de un cuarto de hora. Los nuevos ofrecimientos debían de constar de por lo menos 25 pesetas más de lo señalado anteriormente. En caso de que ninguno aceptara una segunda ronda se decidía por el factor suerte.

De la primera subasta quedar desierta o sin efecto ya fuere por falta de licitadores o por no ser admitidas las proposiciones presentadas, se procedía al anuncio de una segunda subasta pero reduciéndose a un 66 por ciento de lo que se había señalado anteriormente. En caso de que no sucediere licitación alguna en la segunda subasta de aprovechamiento, esta procedía a declararse sin efecto para ese año forestal. No obstante, de otorgarse la subasta se procedía a efectuarse según el mecanismo establecido en las Ordenanzas de Montes.

El postor al cual se le había otorgado la subasta venía obligado a cumplir fielmente con el pliego de condiciones de la subasta. Ninguna madera procedente de los manglares podía ser cortada ni transportada fuera de la jurisdicción donde radicaba el manglar a menos que contase con el marco real y la correspondiente guía. Toda madera y leñas que se encontradan con dicho requisito era denunciada a la autoridad más inmediata por los empleados de la Inspección de Montes.

El contrato de la subasta de aprovechamiento era a suerte y ventura sin que el rematante tuviera derecho alguno al resarcimiento de daños de ninguna clase como tampoco podía reclamar sino existían, los kilogramos de leñas o cortezas calculadas una vez iniciados los trabajos. Por otro lado, el rematante sí podía ceder en parte o totalmente sus derechos siempre y cuando hubiera sido aprobada tal acción por el Gobernador y con el conocimiento de la Inspección de Montes.

Sobre el rematante pesaban otras responsabilidades económicas. Todos los gastos de los expedientes corrían de su parte. No obstante, el precio a que se había adjudicado la subasta debía ingresar en las arcas del Tesoro de la manera siguiente: el primer plazo dentro de los quince días siguientes a la aprobación del remate y el segundo plazo en los primeros quince días del mes de enero siguiente. Por otro lado, para el rematante poder dar principio al aprovechamiento del manglar debía de recibir una licencia por escrito del Inspector de Montes. Sin embargo, éste no procedía a la otorgación de dicha licencia a menos que las cartas de pago estuvieran al día. Si ello ocurría según lo prescrito, se otorgaba dicha licencia procediéndose luego a la entrega del manglar a la vez que se levantaba un acta de dicha entrega.

Las operaciones de los aprovechamientos se verificaban siempre y cuando fuera posible bajo la dirección de un empleado designado por el Inspector de Montes. Tales aprovechamientos se realizaban a través del proceso de poda, limpia y entresaca. Las operaciones de corta se iniciaban a principios de noviembre debiendo de finalizar el 31

de enero siguiente. La saca concluía en marzo. No obstante, las prórrogas no eran admitidas.

Sobre el rematante de los planes de aprovechamiento forestal del manglar pesaban otras obligaciones y deberes. Si dentro del tiempo estipulado en el pliego de condiciones el rematante no finalizaba el aprovechamiento, este perdía los productos no aprovechados y el Estado quedaba a beneficio del mismo. Por otro lado, el rematante era responsable de cualquier infracción a las Ordenanzas de Montes, de que se cumplieran los señalamientos del pliego de condiciones así como debía de evitar que los que laborasen en los manglares bajo su responsabilidad no cometieran falta alguna.

De ocurrir algún evento no planificado el rematante poseía un término de unos seis días para informar por escrito al Inspector de Montes o al empleado encargado de la dirección del aprovechamiento. Por lo tanto venía obligado a presentar al culpable y a señalar las causas que motivaron el evento sucedido. De no hacerlo en ese lapso de tiempo el rematante asumía la responsabilidad de lo sucedido. Si para la realización de ciertas operaciones tales como carboneras, apilamiento y creación de chozas era necesario un espacio de terreno, el área a ser designada como tal se limpiaba por un empleado de la dirección del aprovechamiento.

El rematante también era responsible de que no se realizaran extracciones o descuajes de las capas o las raíces de ninguna especie arbórea. Por otro lado, el lugar debía de quedar limpio incluyendo los despojos que ocasionaba la roza. En caso de que así no sucediere la limpieza se realizaba por la administración pero el rematante pagaba los gastos de tales operaciones.

Desde el punto de vista económico las subastas efectuadas de los planes de aprovechamiento forestal anual de los manglares denotan cierto fracaso. La carencia de un buen sistema de vigilancia y las responsabilidades y deberes que debía sostener el agraciado de las subastas fueron factores que pesaron mucho en contra de la presencia de los subastadores. Por otro lado, todavía a fines del siglo XIX los manglares eran una presa fácil con la cual se podían generar ciertos ingresos económicos en forma clandestina. Adjunto a ello, existía la posibilidad de fracasar la primera subasta, de optar por una segunda opción con una reducción de precio de un 33 por ciento. Solo era cuestión de esperar. Sobre ello era determinante si existía o no una real necesidad de lo subastado del manglar. De ahí el que una gran parte de los subastadores prefiriesen tal alternativa. Adjunto a ello, la posibilidad de adquisición de las leñas y cortezas del manglar de forma clandestina era una opción real muy usual. En adición, aunque las esteras de leñas aportaron mediante las subastas un mayor ingreso que las cortezas sí existió una predominancia por las esteras en los manglares del noreste mientras que en la zona sur, sureste y suroeste del país las cortezas constituyeron el único renglón que fue subastado con un éxito parcial. En lo que respecta a las subastas efectuadas en el Manglar de Jobos, Las Mareas, Caño Grande y Punta Caribe de Guayama ninguna de ellas se llevó a cabo de forma exitosa.

LITERATURA CITADA

Abbad y Lasierra, Fray A.I. 1979. Historia geográfica, civil y natural de la isla de San Juan Bautista de Puerto Rico. Río Piedras : Editorial Universitaria, p. 116.

Archivo General de Puerto Rico. 1815. Gobernadores Españoles, Asuntos Navales (Asunto de Marina) caja 278.

Archivo General de Puerto Rico. 1870. Obras Públicas, Propiedad Pública, caja 312 "Ynventario [sic] de los montes públicos de Puerto Rico-30 noviembre 1870".

Archivo General de Puerto Rico. 1877-1889. Obras Públicas, Propiedad Pública, cajas, 88-90 (Guayama), 311-315 (Planes de aprovechamiento forestal de la Inspección de Montes de Puerto Rico durante los años forestales de 1877-1878 a 1888-1889).

Archivo General de Puerto Rico. 1885-1889. Obras Públicas, Propiedad Pública, caja 315 (Informes sobre las áreas de vigilancia permanente y eventual bajo el sistema de montería forestal en las Comarcas Forestales de Puerto Rico durante los años forestales de 1885-1886 a 1888-1889).

Archivo Histórico Nacional. 1867. Ultramar, Fomento de Puerto Rico, legajo 347, expediente 14, documento 1 (Ynventario [sic] de montes de Puerto Rico).

Archivo Histórico Nacional. 1875. Ultramar, Fomento de Puerto Rico, legajo, 349, expediente 3, documento (Decreto Real del 25 de febrero de 1875 por S.M. Alfonso XII ordenando el restablecimiento de la Inspección de Montes de Puerto Rico).

Archivo Histórico Nacional. 1876. Ultramar, Fomento de Puerto Rico, legajo, 413, expediente 5, documento (Ordenanzas de Montes para las provincias de Cuba y Puerto Rico - 21 abril 1876).

Archivo Histórico Nacional. 1877[a]. Ultramar, Fomento de Puerto Rico, legajo 350, expediente 6, documento 2 (Informe de Ignacio García Tudela en representación de la Comandancia de la Marina al Gobernador de Puerto Rico - 6 febrero 1877).

Archivo Histórico Nacional. 1877[b]. Ultramar, Fomento de Puerto Rico, legajo 350, expediente 6, documento (Informe de César De Guillerna y De las Heras, Inspector de Montes al Gobernador de Puerto Rico - 21 marzo 1877).

Archivo Histórico Nacional. 1877[c]. Ultramar, Fomento de Puerto Rico, legajo 350, expediente 6, documento (Carta que envía la Comandancia de la Marina al Gobernador de Puerto Rico - 4 julio 1877).

De Córdova P.T. 1968. Memorias geográficas, históricas, económicas y estadísticas de la isla de Puerto Rico. San Juan : Instituto de Cultura Puertorriqueña, vol. 3, pp. 261-267.

De Hostos, A. 1992. Tesauro de datos históricos. 5 tomos. Río Piedras : Editorial Universidad de Puerto Rico, Tomo 3 p. 594.

De la Rosa Martínez, L. 1986. Lexicón histórico documental de Puerto Rico 1812-1899. San Juan : Centro de Estudios Avanzados de Puerto Rico y El Caribe, pp. 63, 117.

Fernández Méndez, E. 1981. "Memorias de D. Alexando O'Reylly sobre la isla de Puerto Rico, año 1765" en Crónicas de Puerto Rico. Río Piedras : Editorial Universitaria, p. 258.

Picó, F. 1986. Historia general de Puerto Rico. Río Piedras: Ediciones Huracán, p. 17.

Rivera Arbolay P. (Coordinador). 1999. Pueblos de nuestro Puerto Rico. Hato Rey : Publicaciones Puertorriqueñas, Inc., p. 126.

Viña A. 1854. "Memoria descriptiva de la primera esposición [sic] pública de la industria, agricultura y bellas artes de la isla de Puerto Rico en junio de 1854" en Cayetano Coll y Toste, 1916, Boletín histórico de Puerto Rico (3):173-192.

Acta Científica 22(1-3), 79-84, 2008

APUNTES EN TORNO A LA TENENCIA, LA TOPONIMIA Y USOS DE LA TIERRA EN LA SIERRA DE LUQUILLO SEGÚN LA "RELACIÓN GENERAL DE LOS MONTES DE PUERTO RICO DE 1867"

Carlos M. Domínguez Cristóbal
Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1115

RESUMEN

La "Relación general de los montes de Puerto Rico de 1867" constituye uno de los documentos históricos más valiosos para el estudio de la toponimia, la tenencia y usos de la tierra en la Sierra de Luquillo en el último tercio del siglo XIX. Del estudio de ese documento se destaca que para ese año la denominación Sierra de Luquillo hace referencia a un monte del Estado ubicado en el barrio Río Blanco de Naguabo. No obstante, sí se pueden identificar en ese documento aquellas propiedades del Estado o particulares que para la década de 1870 van a corresponder toponímicamente al monte del Estado denominado Sierra de Luquillo.

El advenimiento de la "Relación general de los montes de Puerto Rico de 1867" obedecía a una serie de directrices que el Ministro de Ultramar había suministrado de manera que éste pudiera identificar, entre otras cosas, aquellas extensiones de terreno que estaban cubiertas por montes ya fueran de propiedad particular o correspondientes al Estado. Entre las especificaciones para la redacción de ese documento se ubicaban las siguientes: nombre del monte, tenencia, pueblo, barrio, extensión aforada y especies reportadas.

Del examen de "La relación general de los montes de Puerto Rico de 1867" se despende que, algunos de los montes carezcan de alguna que otra información solicitada y/o especificada. La ausencia del nombre del monte, el señalamiento de "diversos dueños" o "particulares" para con la tenencia y el no reporte de algunas extensiones aún cuando fueran aforadas, o sea, estimadas, figuran entre esos señalamientos. Por otro lado, las especies reportadas hacen referencia a las de mayor importancia, uso y distribución.

El panorama de "La relación general de los montes de Puerto Rico de 1867" destaca la existencia de 106,864.2453 hectáreas aforadas de las cuales un 18 por ciento, o sea, 19,235.56 hectáreas aforadas le correspondían al Estado (Archivo Histórico Nacional 1867). El documento antes descrito incluye a todo aquel pueblo de Puerto Rico que se había fundado con anterioridad al 1867 excepto los siguientes: Aguadilla, Añasco, Cabo Rojo, Cayey, Loíza, Rincón, Sabana Grande y Toa Alta. Para éstos aplica la no disponibilidad de los datos en ese momento o que no existiera extensión alguna reconocida o designada como monte. Aquellos pueblos que se fundaron con posteridad al 1867 tales como Las Marías, Hormigueros y Lajas aparecen incluidos como barrios de aquellos pueblos de los cuales se segregaron.

Los datos que reportó "La relación general de los montes de Puerto Rico de 1867" fueron empleados con una segunda finalidad, o sea, en una evaluación para determinar si el mejor uso de éstos era conservarle como montes o dedicarles a la agricultura. Para lograr esa evaluación fue necesario el examinar, entre otras cosas, los archivos de la Junta Superior para el Repartimiento de los Terrenos Baldíos de manera que se pudiera determinar si la otorgación de los terrenos baldíos

había cumplido o no con el propósito del incremento agrícola mediante el cual fue creada dicha Junta en 1818. Dentro de esa perspectiva el incremento en la agricultura motivaba un ascenso en el número de las relaciones comerciales, el fortalecimiento de las arcas gubernamentales y una merma en la cobertura forestal de la Isla.

El proceso a través del cual la tenencia de los terrenos del Estado se transformaban en particulares obedecía a dos mecanismos: las otorgaciones de mercedes mediante mandato real y la inherencia de la Junta Superior para el Repartimiento de los Terrenos Baldíos. Dentro de esa perspectiva, la concesión al Duque de Crillón-Mahón es un ejemplo de las otorgaciones reales de fines del siglo XVIII.

La Junta Superior para el Repartimiento de los Terrenos Baldíos, la cual funcionó en Puerto Rico de 1818 a 1875, era una agencia gubernamental presidida por el Gobernador de Puerto Rico la cual intervenía en la distribución y otorgación de los títulos de propiedad de aquellos terrenos pertenecientes a la Corona que eran solicitados por particulares. No obstante, esas otorgaciones requerían del cumplimiento de una serie de obligaciones de parte del nuevo propietario. Entre esas obligaciones se requería de un desmonte de un 10 por ciento en el primer año de la otorgación del título de propiedad y de que esas tierras se transformaran en pastos o zonas agrícolas (Cruz Monclova 1979). Usualmente el desmonte se efectuaba mediante la tala o quema del arbolado. El incumplimiento de esos requisitos conducía a la pérdida de la concesión recuperándola el Estado para proceder a otorgarla a otro solicitante de terrenos baldíos.

Tenencia y uso de la tierra son dos términos que guardan una íntima relación y a su vez poseen una inherencia con "La relación general de los montes de Puerto Rico de 1867". Un terreno que poseía una tenencia particular podía permanecer total o parcialmente con su superficie forestal virgen. Ello implicaba que la concesión no fue trabajada en ningún momento. Por otro lado, la arboleda original de una tenencia correspondiente a la Corona podía ser influenciada de ocurrir una invasión de terrenos por una o varias familias. De ahí la importancia de estudiar, desde su origen, el uso y tenencia de cada finca que eventualmente pasó a constituir lo que hoy día se denomina como "El Yunque National Forest". Ante ese escenario, "La relación general de los montes de Puerto Rico de 1867" constituye uno de los documentos vitales para ese estudio.

El 23 de abril de 1867, el Consejo de Administración de Puerto Rico, señaló que desde 1818, fecha en que creó la Junta Superior para el Repartimiento de los Terrenos Baldíos se habían concedido en la Isla 95,671.5 cuerdas de las cuales un 25.4 por ciento, o sea, 24,300.56 cuerdas se encontraban cultivadas. (Archivo General de Puerto Rico 1867). Esa cifra denota el incumplimiento de los requisitos entre el desmonte y el área de cultivo de aquellos a los cuales se le otorgaron terrenos baldíos. Por otro lado, se destaca la existencia de 26,956 cuerdas de terreno clasificados como pedregosos, quebrados, montuosos o no montuosos que no habían sido otorgados. Gran parte de ellos se ubicaba en lo que hoy día se denomina la zona cársica.

Al examinar los barrios en los cuales para el 1867 existen zonas de montes de propiedad particular o del Estado que pasarán a ser denominados forestalmente como Sierra de Luquillo en la década del 1870 encontramos que éstos se ubican en los barrios siguientes: Sabana y Mameyes de Luquillo, Duque, Maizales y Río Blanco de Naguabo, Río Arriba de Ceiba, Río Arriba de Fajardo, El Río de Las Piedras y Guzmán Arriba, Zarzal y Jiménez de Río Grande (Tabla 1). Estos barrios, al considerarse en su conjunto poseen colindancias entre unos y otros constituyendo una zona aforada de 9,404.3613 hectáreas de las cuales 5,122.688 hectáreas aforadas, o sea un 54.47 por ciento le correspondían al Estado (Tabla 2). No obstante, podemos examinar las respectivas particularidades pueblo por pueblo. En Río Grande, se ubicaba la mayor parte de los terrenos denominados como

Tabla 1. Relación de la tenencia y extensión de los montes existentes en 1867 en los barrios Sabana y Mameyes de Luquillo; Duque, Maizales y Río Blanco de Naguabo; Río Arriba de Ceiba; Río Arriba de Fajardo, El Río de Las Piedras y Guzmán Arriba, Zarzal y Jiménez de Río Grande (Archivo Histórico Nacional -Madrid, Ultramar, Fomento de Puerto Rico, Legajo 347, Documento núm. 1).

Pueblo	Barrio	Nombre del Monte	Tenencia	Extensión Aforada (hectáreas)	Especies Reportadas
Luquillo	Sabana		Pedro Maldonado, Manuel Matienzo, Manuel Calzada, Sucn. José Prieto, Sunc. Juan del Río, Sucn. Juan de Mata Fernández, Sucn. Juan Beyley Nepomuceno Corsino Alejo Corsino Diversos	35.0869 105.2607 70.1738 70.1738 35.0869 140.3476 140.3476 70.1738 35.0869 245.6883	Tabonuco, ausubo, laurel sabino
Luquillo	Sabana		Estado	245.6083	Igual que el anterior
Luquillo	Mameyes		Estado	175.4345	Igual que el anterior
Naguabo	Duque	Sierra del Duque	Nepomuceno Dávila	35.0869	Aguacatillo, palo blanco, ausubo, tabonuco, guamá, masa, yaguas
Naguabo	Duque	Sierra del Duque 2	Federico Molina	105.2607	Guaraguaos, tabonuco, aguacatillo, masa, guamá, palo blanco, ausubo, almendrillo, cedro, granadillo, roble, palo de matos
Naguabo	Duque	Sierra del Duque 3	Fidel Vásquez	26.3151	Igual que el anterior
Naguabo	Duque	Sierra del Duque	Sucn. Gregorio Hernández	26.3151	Igual anterior y mangle rojo
Naguabo	Maizales	Tumbado	Gregorio Hernández	280.6952	Ausubo, tabonuco, higüero
Naguabo	Maizales	Quebrada de Maizales	Juan Rodríguez	17.5432	Ausubo, tabonuco, roble, moca, palo blanco
Naguabo	Maizales	La Abeja	Sucesión de Pedro Ramón Villafañe	2.8069	Ausubo, tabonuco, roble, moca, masa, guayabota
Naguabo	Maizales	Empedrado	Laureano Arce	17.5432	Igual que el anterior
Naguabo	Río Blanco	Quebrada de La Cruz	Condesa de Gálves	70.1738	ausubo
Naguabo	Río Blanco	Cubuy 1	Tomás Chiclana	35.0869	Ausubo, guaraguao
Naguabo	Río Blanco	Cubuy 2	Condesa de Gálves	63.1564	Capá blanco y prieto, ausubo, guaraguaos
Naguabo	Río Blanco	Boca de Sabana	Sucesión de Lluveras	140.3476	Ausubo, palo colorado,

Tabla 1. Relación de la tenencia y extensión de los montes existentes en 1867 en los barrios Sabana y Mameyes de Luquillo; Duque, Maizales y Río Blanco de Naguabo; Río Arriba de Ceiba; Río Arriba de Fajardo, El Río de Las Piedras y Guzmán Arriba, Zarzal y Jiménez de Río Grande (Archivo Histórico Nacional -Madrid, Ultramar, Fomento de Puerto Rico, Legajo 347, Documento núm. 1).

Pueblo	Barrio	Nombre del Monte	Tenencia	Extensión Aforada (hectáreas)	Especies Reportadas
					palo blanco
Naguabo	Río Blanco	Río Gicaco [sic]	Condesa de Gálves	17.5432	Ausubo, tabonuco, guaraguao
Naguabo	Río Blanco	Sierra de Luquillo	Estado	701.7386	Palo Colorado, tabonuco, guaraguao
Naguabo	Río Blanco	Río Gicaco 2 [sic]	Juan Torres	17.5432	Tabonuco, palo colorado
Naguabo	Río Blanco	Río Blanco	Antonio Molina	140.4376	Igual que el anterior.
Ceiba	Río Arriba	Sierra	Juan Nepomuceno Dávila (por concesión)	91.9276	Yagrumo, tabonuco, palma de sierra, guajanilla, guaraguao
Ceiba	Río Arriba	Sierra 2	Estado	210.5214	Igual que el anterior
Fajardo	Río Arriba	Coscarrón	Manuel González	7.0173	Guamá, tabonuco, ausubo
Fajardo	Río Arriba	Juan Diego	E. Pacheco	8.7717	Igual que el anterior
Fajardo	Río Arriba	Aguas Buenas	Jesús Ortiz	0.5262	Yaya, yagrumo, guamá
Fajardo	Río Arriba	Las Chispas	Federico García	63.1564	Igual que el anterior
Fajardo	Río Arriba	Cuchilla Palo Quemado	Estado	280.6952	Jobo, palma de sierra, yagrumo
Las Piedras	El Río	Sierra	Particulares	40.0200	Yagrumos, cojoba, péndula, ausubo, tabonuco, guamá, yayas
Río Grande	Guzmán Arriba	Nacimiento de Canóvanas	Estado	1,754.3450	Mangle rojo, palo colorado, tabonuco y otros
Río Grande	Guzmán Arriba	Lázaro	Estado	1,754.3450	Tabonuco, ausubo, algarrobo
Río Grande	Guzmán Arriba	Yunque	Estado	No se reporta	Tabonuco, ausubo, abicú, nuez moscada, guaraguaos
Río Grande	Zarzal	Picúas	Juan Hernández, Sucesión Rodríguez, José y Micaela Padrón	210.5214	Mangle rojo y palo de pollo
Río Grande	Zarzal	Salto	Dionisio Encarnación	421.0428	Tabonuco
Río Grande	Jiménez	El Jiménez	Señores Merle, Sucesión Caraballo, Cosme Delgado, Manuel Ginorio, Domingo Rafucci, Lino Saldaña, Carmen Santana y los baldíos	1,403.4760	Ausubo, tabonuco y sabinón

Tabla 2. Resumen por pueblo, tenencia de tierra y extensión aforada de los montes existentes en los barrios Sabana y Mameyes de Luquillo; Duque, Maizales y Río Blanco de Naguabo; Río Arriba de Ceiba, Río Arriba de Fajardo, El Río de Las Piedras y Guzmán Arriba, Zarzal y Jiménez de Río Grande en 1867 (Archivo Histórico Nacional -Madrid, Ultramar, Fomento de Puerto Rico, Legajo 347, Documento núm. 1).

Pueblo	Estado	Propiedad Particular	Total (hectáreas aforadas)
Río Grande	3,508.6900	2,035.0402	5,543.7302
Naguabo	701.7386	1087.7876	1789.5262
Luquillo	421.0428	947.4263	1,368.4691
Fajardo	280.6952	79.4716	360.1668
Ceiba	210.5214	91.9276	302.4490
Las Piedras	0	40.0200	40.0200
TOTAL	5,122.6880	4,281.6733	9,404.3613

montes, o sea, 5,543.7302 hectáreas aforadas (58.95 por ciento) de las cuales 3,508.69 hectáreas aforadas correspondían al Estado. En los pueblos de Luquillo y Naguabo las tierras descritas como montes correspondían en su mayoría a propiedad particular. En Ceiba y Fajardo la mayor parte de la extensión clasificada como montes correspondían al Estado. En Las Piedras, la totalidad de los montes reportados poseían la tenencia particular. Por otro lado, Las Piedras, era el pueblo con menor extensión de montes reportados que eventualmente pasarían a ser denominados como la Sierra de Luquillo.

La toponimia, o sea, el estudio del origen, significado y evolución de los nombres propios y comunes de un lugar (Real Academia Española 1984) constituye una aportación muy significativa para con la denominación forestal que se desarrolla en la década del 1870, la Sierra de Luquillo. Dentro de esa perspectiva, "La relación general de los montes de Puerto Rico de 1867" posee una serie de nombres adjudicados a montes que aún son conocidos hoy día o con ciertas variantes en "El Yunque National Forest". Entre ellos figuran Sierra de Luquillo, Yunque y Sierra del Duque.

Sierra de Luquillo es el nombre adjudicado a un monte perteneciente al Estado en el barrio Río Blanco de Naguabo. Poseía una extensión aforada de 701.7386 hectáreas en la cual las especies reportadas eran el palo de colorado, el tabonuco y el guaraguao. Este dato es de gran valor toponímico pues destaca que para el 1867 la denominación Sierra de Luquillo es empleada para hacer referencia a un monte en particular. En la década siguiente Sierra de Luquillo va a ser utilizado para hacer referencia a una "masa forestal" que se extiende por los pueblos de Río Grande, Naguabo, Luquillo, Fajardo, Ceiba y Las Piedras

Yunque es voz indígena (Hernández Aquino 1977). En el documento carece del artículo "el". Figura en la "La relación general de montes de Puerto Rico de 1867" para reconocer un monte del Estado ubicado en el barrio Guzmán Arriba de Río Grande. No obstante, es el único monte incluido en ese documento que no reporta extensión. Por otro lado, las especies reportadas fueron las siguientes: tabonuco, ausubo, nuez moscada y guaraguao. También se reportó una especie arbórea denominada "abicú" de la cual carecemos de información hasta este momento.

La denominación Sierra de Duque es empleada en cuatro ocasiones para describir la continuidad de un monte ubicado en Naguabo

los cuales pertenecían en 1867 a Nepomuceno Dávila, Federico Molina, Fidel Vásquez y la Sucesión de Gregorio Hernández. En su totalidad representan 192.9778 hectáreas aforadas en las cuales se reportan las especies arbóreas siguientes: aguacatillo, almendrillo, ausubo, cedro, granadillo, guamá, guaraguao, masa, roble, palo de matos, palo blanco, tabonuco y mangle rojo. La inclusión del mangle rojo en la propiedad de la Sucesión de Gregorio Hernández denota que la Sierra de Duque abarcaba desde la zona costera de Naguabo.

Duque es a su vez el nombre de uno de los barrios de Naguabo. Ese aspecto de la toponimia mediante la cual se otorga el nombre, apodo o apellido de una persona a un lugar es denominado como antroponimia (Torrech San Inocencio 1998). Por consiguiente, los terrenos denominados como Sierra del Duque correspondían a parte de a una concesión que el Rey Carlos III le otorgó al Duque de Crillón-Mahón por Real Decreto del 4 de julio de 1776, o sea, 42 años antes de la creación de la Junta Superior para el Repartimiento de los Terrenos Baldíos (Coll y Toste 1914).

La "Relación general de los montes de Puerto Rico de 1867" incluye en su tenencia particular dos nombres que actualmente se utilizan como nombres de lugares en el Bosque Nacional El Yunque: La Condesa y Bisley. La Condesa de Galvés aparece registrada en la "Relación general de los montes de Puerto Rico de 1867" como la dueña de tres montes ubicados en el barrio Río Blanco de Naguabo: Quebrada de la Cruz, Cubuy 2 y Río Gicaco. La extensión total aforada de éstos asciende a 150.8734 hectáreas en las cuales las especies reportadas eran ausubo, capá blanco, capá prieto, guaraguaos y tabonucos. Estos terrenos guardan una relación con la concesión otorgada al Duque de Crillón-Mahón. A inicios de la década del 1860 el Conde Manfredo Bertone de Sambery había recibido mediante cesión del Duque de Crillón-Mahón parte de la concesión de terrenos que a éste le había sido otorgada en el barrio Río Blanco de Naguabo. Por herencia esos terrenos pasaron a manos de su hija Matilde de Gálvez, Marquesa de Sonora quien la testó a su hija, la Condesa de Gálvez, Clotilde Capace Menutolo y Gálvez (Bagué Ramírez 1962). De ahí el advenimiento de esa propiedad con el nombre de La Condesa.

Los montes descritos en la "Relación general de los montes de Puerto Rico de 1867" para los barrios Sabana y Mameyes de Luquillo poseen una característica muy llamativa: no poseen nombre alguno. Por otro lado, en uno de los montes del barrio Sabana se utilizó la palabra "diversos" para hacer referencia a una serie de propietarios que en su conjunto poseen una extensión aforada de 245.6883 hectáreas.

Entre los propietarios de montes del barrio Sabana de Luquillo de la "Relación general de los montes de Puerto Rico de 1867" figuran varios propietarios que intervinieron en mayor o menor grado en la historia de esa municipalidad. Manuel Matienzo, Juan Beyley y Alejo y Nepomuceno Corsino son ejemplos de lo antes descrito. Manuel Matienzo es el padre de Rosendo Matienzo Cintrón (De Hostos 1992) luquillense, abogado y líder político de Puerto Rico entre fines del siglo XIX e inicios del siglo XX. Bisley, el cual hoy día constituye unos de los lugares que integran el Luquillo Long Term Ecological Research procede del apellido Beyley. Los terrenos así denominados fueron otorgados por la Junta Superior para el Repartimiento de los Terrenos Baldíos el 24 de diciembre de 1835 a Juan O'Kelly (Archivo General de Puerto Rico 1835). O'Kelly era un irlandés (Cifre de Loubriel 1964) residente en Puerto Rico desde 1802 (Cifre de Loubriel 1962) el cual obtuvo carta de naturalización en marzo de 1816 al amparo de la Cédula de Gracias de 1865. El apellido Corsino, el cual todavía figura entre las familias actuales del barrio Sabana de Luquillo ha contribuido con empleados que han laborado por muchos años en el hoy denominado Bosque Nacional El Yunque.

Las especies que reporta la "Relación general de los montes de Puerto Rico de 1867" en los barrios Sabana y Mameyes de Luquillo; Duque,

Maizales y Río Blanco de Naguabo; Río Arriba de Ceiba, Río Arriba de Fajardo, El Río de Las Piedras y Guzmán Arriba, Zarzal y Jiménez de Río Grande hacen referencia a su importancia, uso y distribución. A pesar de que el tabonuco y el ausubo son las especies más mencionadas también se incluyen a las siguientes: abicú, aguacatillo, algarrobo, almendrillo, capá blanco, capá prieto, cedro, cojoba, granadillo, guajanilla, guamá, guaraguao, guayabota, higüero, jobo, laurel sabino, mangle rojo, masa, nuez moscada, palo blanco, palma de sierra, palma de yaguas, palo colorado, palo de matos, palo de pollos, péndula, roble, sabinón, yagrumos y yaya. Eventualmente, de 1880-1881 a 1888-1889 el tabonuco y el ausubo serán las únicas dos especies arbóreas que figuran en los planes de aprovechamiento forestal que la Inspección de Montes de Puerto Rico estableció para la Sierra de Luquillo (Archivo General de Puerto Rico 1880-1889).

LITERATURA CITADA

Archivo General de Puerto Rico. 1835. Obras Públicas, Propiedad Pública. Caja 134.

Archivo General de Puerto Rico. 1867. Obras Públicas, Propiedad Pública, caja 312 "Terrenos Baldíos-Espediente [sic] sobre si se debe o no cesar la concesión de los existentes en la Ysla [sic].

Archivo General de Puerto Rico. 1880-1889. Obras Públicas, Propiedad Pública, cajas 314-315. Planes de aprovechamiento forestal de la Inspección de Montes de Puerto Rico durante los años de 1880-1881 a 1888-1889.

Archivo Histórico Nacional (Madrid). 1867. Fomento de Puerto Rico. Legajo 347, Expediente 14, Documento 1 (Relación general de los montes de Puerto Rico en 1867).

Bagué Ramírez, J. 1962. "Presencia de los montes en nuestra historia: apuntes conjuntivos" en Revista de Agricultura de Puerto Rico, Vol. LIX, núm. 1 pp. 12-13.

Cifre de Loubriel, E. 1962. Catálogo de extranjeros residentes en Puerto Rico en el siglo X IX. Río Piedras: Editorial de la Universidad de Puerto Rico, p. 93.

Cifre de Loubriel, E. 1964. La inmigración a Puerto Rico durante el siglo XIX. San Juan: Instituto de Cultura Puertorriqueña, p. 284.

Coll y Toste, C. (editor). 1914. "La propiedad territorial en Puerto Rico: su desenvolvimiento histórico" en Boletín Histórico de Puerto Rico. Vol. 1, p. 281.

Cruz Monclova, L. 1979. Historia de Puerto Rico (Siglo XIX). Tomo 1 (1808-1868) Río Piedras : Editorial Universidad de Puerto Rico, p. 344.

De Hostos, A. 1992. Tesauro de datos históricos. Tomo 3. Río Piedras : Editorial de la Universidad de Puerto Rico.

Hernández Aquino, L. 1977. Diccionario de voces indígenas de Puerto Rico. Río Piedras : Editorial Cultural, p. 440.

Real Academia Española. 1984. Diccionario de la Lengua Española. Madrid, España : Editorial Espasa, Calpe S.A., p. 714.

Torrech San Inocencio, R. 1998. Los barrios de Puerto Rico. San Juan : Publicación de la Fundación Puertorriqueña de las Humanidades, p. 121.

Acta Científica 22(1-3), 87-93, 2008

LA CELEBRACIÓN DEL DÍA DEL ÁRBOL EN PUERTO RICO (1897-1903)

Carlos M. Domínguez Cristóbal
Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1115

RESUMEN

La génesis para la celebración del Día del Árbol en Puerto Rico aconteció durante los años de 1897-1903. Dentro de ese marco escénico se establecieron las primeras directrices para que las escuelas públicas del país asumieran el liderato de esa actividad. Ante esa circunstancia, cerca de un centenar de árboles fueron considerados en un proyecto cuya fuerza motriz lo constituía la selección del árbol simbólico de Puerto Rico.

Este artículo describe el procedimiento que se llevó a cabo en los distritos escolares del país para el logro de tal objetivo, así como la documentación de cuales fueron las modificaciones iniciales en la Ley del Día del Árbol en Puerto Rico durante el período antes descrito.

En Puerto Rico, la primera celebración o fiesta del Día del Árbol, se efectuó en la tarde del lunes 3 de mayo de 1897 en la Plaza de La Lealtad en San Juan (Bagué Ramírez 1962). No obstante, esa actividad posee una relación directa con el acontecer religioso, educativo y militar del país. Dentro de esa perspectiva, el engranaje de esa festividad lo constituía la conmemoración del primer centenario del sitio inglés el cual se llevó a cabo bajo el mando del Almirante Henry Harvey y del General Sir Ralph Abercromby.

La invasión inglesa de 1797 posee una relación directa con los manglares. El desembarco de la flota inglesa, así como gran parte del escenario de ese conflicto militar, se ubicó hacia la zona noroeste del actual Bosque Estatal de Piñones extendiéndose hacia otras zonas de manglar tales como Boca de Cangrejos, Laguna de Los Corozos, Caño de Martín Peña, Caño de San Antonio y El Condado (Negroni 1992).

La heroica resistencia de las Milicias Disciplinadas de Puerto Rico propició, entre otros resultados, el que a la ciudad de San Juan se le concediera:

"*el derecho de orlar en su escudo la frase: Por su constancia, amor y fidelidad es muy noble y muy leal esta ciudad*" (Picó 1986).

Por otro lado,

"*para los puertorriqueños, esa victoria asumió proporciones épicas. Acababan de derrotar a la primera potencia naval del mundo*" (Picó 1986).

Dentro de esa perspectiva, fue en el puente de Martín Peña en el pleno marco escénico del manglar, que se dio origen al registro de uno de los ejemplos más conocidos de la tradición oral aún hoy día muy latente y alusivo a dicho evento militar. En ese puente, el día 3 de mayo de 1797, fue muerto en acción el Sargento Mayor de las Milicias Disciplinadas de Toa Alta, José Díaz (Picó 1986). De ahí emergió el siguiente cántico, como también el topónimo Martín Peña.

En el puente de Martín Peña
mataron a Pepe Díaz
qu'era el soldado más bravo
qu'el rey de España tenía.

No obstante, vale destacar que junto a José Díaz fallecieron otros milicianos y cangrejeros anónimos que también contribuyeron de forma significativa a esa ilustre página de nuestra historia.

Esa fecha, el tres de mayo, ya poseía de por sí en la liturgia de la Iglesia Católica la celebración de la fiesta o altares de la santa cruz.

"Solían los isleños festejar el 3 de mayo la Exaltación de la Cruz, fecha que la Iglesia conmemora el triunfo de la cruz sobre el mundo pagano" (López Cantos 2000).

Ante la conmemoración de ese evento histórico se organizó una comisión presidida por Ricardo Ortega Díaz, el Gobernador Militar de la Plaza de San Juan de Puerto Rico. El escenario principal de esta actividad fue efectuado en la Plaza de La Lealtad. A este lugar acudieron, entre otros, los niños del Colegio de Santurce así como más de un centenar de estudiantes de las escuelas municipales del país (Junta del Centenario… 1897).

Adjunto a la siembra de unos quinientos arbolitos por igual número de estudiantes dicha actividad poseía el propósito adicional de que:

"*las tiernas generaciones se encariñasen con la tierra y sus óptimos productos y se aficionen muy especialmente a la arboricultura*" (Junta del Centenario…1897).

De esa forma, se efectuaba la última actuación pública que las autoridades españolas realizaron a favor de la silvicultura puertorriqueña. Ante esa situación la Liga Agraria de Madrid publicó un editorial, "La Fiesta del Árbol", mientras que La Gaceta de Madrid daba a conocer una Real Orden del Ministro de Fomento disponiendo:

"*lo conveniente para efectuar plantaciones de árboles en las mejores condiciones posibles, eligiéndoles en los viveros o comprando las más a propósito para los terrenos en que han de desarrollarse, siempre que tales medidas no contraríen las disposiciones vigentes, ni originen gastos superiores a los créditos concedidos o que se conceden*" (Toro Nazario 1944).

La celebración del Día del Árbol en las escuelas públicas de Puerto Rico no volvió a celebrarse sino hasta fines de 1902. Tal acción estuvo motivada por Manuel V. Domenech, un republicano miembro de la Cámara de Delegados de Puerto Rico por el Distrito Electoral de Ponce. El primero de febrero de 1902 éste presentó ante ese cuerpo legislativo el proyecto número 70. "Disponiendo la celebración de la fiesta del árbol por los niños de las escuelas del país" (Archivo General de Puerto Rico, 1902). Según el proyecto radicado se facultaba al Comisionado de Educación para implementar la medida la cual debía de llevarse a cabo el primer viernes del mes de abril. Luego de una evaluación del proyecto de ley, el cual fue modificado y aprobado el 28 de febrero de 1902, se determinó por el Consejo Ejecutivo que dicha actividad se efectuaría el primer viernes del mes de diciembre (Archivo General de Puerto Rico 1902).

Las directrices para el desarrollo de esta actividad se recopilaron en un folleto a manera de guía el cual fue preparado por el Departamento de Educación y distribuido a todos los maestros del país (Hunt 1903). Las dos principales directrices describían los procedimientos para la siembra de árboles en las escuelas públicas del país y el brindarle la oportunidad a los estudiantes para que se seleccionaran un árbol simbólico para Puerto Rico.

Dentro de esa perspectiva el periódico "The San Juan News" en su edición del 26 de noviembre de 1902 describía lo siguiente:

"*El Comisionado de Instrucción Pública ha publicado un folleto donde destaca las instrucciones de cómo el Día del Árbol debe celebrarse. El primer Día del Árbol en Puerto Rico será festejado el 5 de diciembre y tiene por objeto grabar en la imaginación de los niños la importancia que tienen las plantas y las flores, y para llegar a este fin se hará que los niños de todas las escuelas públicas de la isla, siembren sus árboles y al mismo tiempo penetrarles de que la semilla que se riega será premiada en amor y civismo a la patria. En el folleto hay un discurso del Gobernador y otro del Comisionado del Interior que serán leídos a los alumnos en todos los planteles de enseñanza. Otro*

de los atractivos interesantes será la votación que se hará por los niños respecto del cual ha de ser el árbol simbólico de Puerto Rico.

Esa es una costumbre seguida en los Estados Unidos donde cada estado y territorio tiene un árbol. El año próximo habrá otra votación y después de compararse ambos certámenes y el que haya obtenido mayor número de votos en las elecciones será proclamado el árbol simbólico de Puerto Rico. Programa: canción, lectura de la Carta del Comisionado por el maestro o por algún funcionario escolar, recitación, árboles de Puerto Rico, recitación o disertación, canciones citación de autores españoles o de otras nacionalidades, votación para el árbol emblemático, canto América. Es un programa sugestivo y debe usarse según las situaciones locales. Deben de leer en todo con la Ley del Día del Árbol, la carta del Gobernador y la Carta del Comisionado y que se haga la votación para árbol emblemático de Puerto Rico" (The San Juan News, 26 noviembre 1902).

El señalamiento del periódico antes descrito es alusivo al primer Día del Árbol luego del cambio de soberanía pues la documentación consultada ilustra que ésta fue celebrada por primera vez en Puerto Rico el 3 de mayo de 1897.

Aunque la propaganda de la actividad se había circulado por todos los distritos escolares una atención muy especial se escenificó en el Distrito Escolar de Ponce pero sobre todo en dos escuelas de Coto Laurel (The San Juan News, 2 diciembre 1902[a]). Las actividades de esas escuelas, las cuales eran lideradas por los profesores Joaquina Arguero y Antonio Olivo incluían una disertación de labios del Comisionado de Educación (The San Juan News, 2 diciembre 1902[b]). De ahí la atención especial de dicha actividad.

En acorde a lo estipulado en la Ley del Día del Árbol, el día 5 de diciembre de 1902, el primer viernes de diciembre de ese año se llevaron a cabo las directrices que la legislación poseía. Al tabularse los resultados en las oficinas centrales del Departamento de Educación las cuales se ubicaban en San Juan los 19 distritos escolares reportaron 7,106 árboles plantados (Gaceta de Puerto Rico, 24 enero 1903). De esos datos se desprende que los distritos escolares de Carolina, Caguas y Humacao asumieron el liderato en cuanto al número de árboles sembrados en la festividad (Tabla 1). Estas cifras son significativas pues esos tres distritos escolares lograron sembrar 1,884 árboles (26.51 por ciento). Por otro lado, en esos distritos escolares figuraban tres superintendentes norteamericanos (Tabla 2). Los únicos distritos escolares con superintendentes puertorriqueños se ubicaban en Vega Baja, Aibonito y Fajardo.

Las noticias de diversas partes del país describen que entre las primeras impresiones de lo estipulado se destacaba que:

"*el éxito obtenido en la primera celebración del Día del Árbol asegura su continuación*" (The San Juan News, 6 diciembre 1902).

La Ley del Día del Árbol de 1902 también contemplaba que los estudiantes de las escuelas públicas del país seleccionaran el árbol emblemático de Puerto Rico. Ante esa consideración cada estudiante contaría con una papeleta de votación en la cual seleccionaría solo un árbol. Dentro de esa perspectiva un total de 98 especies arbóreas, entre las cuales figuraban algunos nativos, introducidos, frutales y maderables, acumularon 23,293 votos (Gaceta de Puerto Rico, 24 enero 1903). De ellas, solamente unas 23 especies lograron una votación mínima de unos cien votos. Ante ese cuadro escénico esas 23 especies arbóreas acumularon el 96.42 por ciento de los votos emitidos, o sea, unos 22,460 sufragios (Tabla 3). El mango, la palma real y el café resultaron en las tres especies arbóreas con mayor número de votos (Tabla 3). Estos resultados demuestran una tendencia muy significativa de una relación directa entre los estudiantes y las especies frutales.

No obstante, hay que destacar que en los pueblos que componían los diferentes distritos escolares existieron una variedad de resultados. En Ciales, el cual era catalogado como un pueblo cafetalero,

Tabla 1. Relación del número de árboles sembrados en los distritos escolares de Puerto Rico el Día del Árbol de 1902 (Gaceta de Puerto Rico 1903).

Distrito Escolar	Número de árboles sembrados	Por ciento
Carolina	748	10.53
Caguas	570	8.02
Humacao	566	7.97
Vega Baja	517	7.28
Bayamón	501	7.05
Yauco	490	6.90
Aguadilla	398	5.60
San Germán	392	5.52
Manatí	357	5.02
Aibonito	344	4.84
Utuado	317	4.46
Ponce	308	4.33
Fajardo	299	4.21
Coamo	289	4.07
Camuy	272	3.83
Mayagüez	255	3.59
Guayama	216	3.04
Arecibo	182	2.56
San Juan	85	1.20
TOTAL	7,106	100.00

resultó vencedor como árbol simbólico de Puerto Rico, el café (La Democracia, 15 diciembre 1902). Sin embargo, en el barrio Mameyes de Utuado, otro baluarte cafetalero del país fue seleccionado el mango por cuya causa se sembró un ejemplar de esa especie arbórea en el patio de la casa escuela (La Democracia, 25 diciembre 1902).

En pueblos como Río Piedras y Guayama el proceso para la selección del árbol simbólico adquirió diversos matices pues se llevaron a cabo debates y disertaciones alusivos al tema.

El 6 de diciembre de 1902 el periódico La Democracia, el cual ofreció una mayor cobertura informativa del evento, describía lo siguiente:

"*A la hora de entrar en prensa nuestro periódico, no se habían recibido todos los detalles. El éxito obtenido en la primera celebración del Día del Árbol asegura su continuación*" (La Democracia, 6 diciembre 1902[a]).

En la Escuela Normal Insular de Río Piedras se desarrolló un programa el cual fue catalogado de "interesante" (La Democracia, 6 diciembre 1902[b]). Su dirección estaba a cargo del ilustre profesor Felipe Janer. El escenario de la celebración estaba constituido por un palmar con banderas norteamericanas en la cual figuraba una pintura de Francisco Oller. La pintura representaba una montaña típica de Puerto Rico con un palmar. Janer, quien a su vez se desempeñó como maestro de ceremonia, leyó un poema titulado ¿Qué es el árbol? (La Democracia, 6 diciembre 1902[c]). No obstante, luego de un largo debate se resolvió que la palma real representaría a la Escuela Normal de Río Piedras (La Democracia, 6 diciembre 1904[b]). En lo

Tabla 2. Composición de los pueblos comprendidos en los distritos escolares de Puerto Rico con sus respectivos Superintendentes de Escuelas en 1903 (Hunt 1903).

Distrito Escolar	Pueblos comprendidos	Superintendente de Escuelas
Carolina	Carolina, Río Grande, Loíza, Trujillo Alto	Alfred S. Northrup
Caguas	Caguas, Aguas Buenas, Cayey, Cidra, Gurabo	Roger L. Conant
Humacao	Humacao, Las Piedras, Juncos, Yabucoa	Geo Wendell Moore
Vega Baja	Vega Baja, Vega Alta, Toa Alta, Toa Baja, Dorado, Corozal	Andrés Rodríguez Díaz
Bayamón	Bayamón, Naranjito, Cataño	O.M. Wood
Yauco	Yauco, Sabana Grande, Lajas	Francis Lynch
Aguadilla	Aguadilla, Aguada, San Sebastián, Moca	Daniel F. Kelley
San Germán	San Germán, Cabo Rojo, Maricao	R.R. Lutz
Manatí	Manatí, Morovis, Ciales	Edgar L. Hill
Aibonito	Aibonito, Barros, Comerío	Enrique Landrón
Utuado	Utuado, Adjuntas	M.A. Ducout
Ponce	Ponce, Peñuelas, Guayanilla	Jean L. Ankrom
Fajardo	Fajardo, Naguabo, Vieques, Culebra	José L. Fajardo
Coamo	Coamo, Juana Díaz, Santa Isabel	S.W. Eckman
Camuy	Camuy, Isabela, Quebradillas, Hatillo	E. Hutchinson
Mayagüez	Mayagüez, Rincón, Añasco	John Millowes
Guayama	Guayama, Salinas, Arroyo, Patillas	Jno W. Zimmerman
Arecibo	Arecibo, Lares	Frank. S. Roberts
San Juan	San Juan, Río Piedras	L.W. Northrup

respectivo a la siembra a efectuarse ésta resultó de la siguiente forma: un mango en la preparatoria y un laurel, una palma real y una palma de cocos para el primer, segundo y tercer año respectivamente.

El 7 de diciembre de 1902, el Corresponsal del periódico The San Juan News, describió que la celebración del Día del Árbol en el pueblo de Guayama, la cual se efectuó en la Escuela George Washington, había resultado en un éxito (The San Juan News, 9 diciembre 1902). Los alumnos de las once escuelas de la municipalidad se dieron cita en ese lugar procediendo, entre otras actividades, a la siembra de un total de catorce árboles en el patio de esa escuela. El Sr. Muñiz, Director de la escuela, así como las siguientes señoritas Pilar y María Vásquez y Aurora Villodas leyeron varios ensayos sobre el arbusto del café, la palma de cocos y el níspero. Por su parte, el Dr. Benedict, Pastor de la Iglesia Metodista, pronunció un corto discurso sobre el origen del Día del Árbol. Aunque la parte noticiosa no señala el número de votos emitidos en el pueblo de Guayama sí señala que el níspero triunfó sobre el mamey, la palma de cocos y el mango.

En la celebración del Día del Árbol de 1903 unos 34,050 estudiantes de las escuelas públicas del país participaron de una elección para seleccionar el árbol emblemático de Puerto Rico (La Democracia, 3 febrero 1904). Las únicas dos opciones la

Tabla 3. Relación de las especies arbóreas que obtuvieron más de cien votos en la celebración del Día del Árbol de 1902 (Gaceta de Puerto Rico 1903).

Especie	Nombre científico	Número de votos	Por ciento
Mango	*Mangifera indica*	5,108	22.74
Palma real	*Roystonea borinquena*	3,619	16.11
Café	*Coffea arabica*	2,519	11.22
Níspero	*Manilkara zapota*	1,696	7.55
Mamey	*Mammea americana*	1,646	7.33
Naranja dulce	*Citrus sinensis*	1,639	7.30
Palma de cocos	*Cocos nucifera*	1,157	5.15
Naranja agria	*Citrus aurantium*	817	3.64
Almendro	*Terminalia catappa*	784	3.49
Laurel	No se especifica	584	2.60
Granada	*Punica granatum*	431	1.92
Caimito	*Chrysophyllum cainito*	402	1.79
Roble	*Tabebuia heterophylla*	338	1.50
Cedro	*Cedrela odorata*	290	1.29
Ceiba	*Ceiba pentandra*	244	1.09
Aguacate	*Persea americana*	244	1.09
Quenepa	*Melicoccus bijugatus*	204	0.91
Acacia	*Leucaena glauca*	155	0.69
Flamboyán	*Delonix regia*	134	0.60
Pana	*Artocarpus altilis*	132	0.59
Guamá	*Inga laurina*	108	0.48
Limón	*Citrus aurantifolia*	107	0.48
Jobos	*Spondias mombin*	102	0.45

constituían la palma real y el mango ya que éstas fueron las dos especies arbóreas con mayor número de votos en la festividad del Día del Árbol de 1902. La palma real, una especie autóctona, resultó favorecida con 18,218 votos, o sea, con el 53.5por ciento de los sufragios. No obstante, el mango resultó triunfante en los distritos escolares de Yauco, Guayama, Camuy, Manatí y Toa Alta (Tabla 4). La palma real obtuvo el mayor número de votos en el Distrito Escolar de Caguas mientras que la correspondiente al mango se efectuó en Yauco (Tabla 4). En Vieques la votación resultó en un empate mientras que la votación más cerrada aconteció a favor de la palma real en el Distrito Escolar de Mayagüez por un margen de 21 votos (Tabla 4). En el Distrito Escolar de San Juan la palma real obtuvo el mayor margen de ventaja, o sea, unos 1,150 votos. Para el mango, ese escenario aconteció en el Distrito Escolar de Yauco por unos 838 votos. Por otro lado, los tres distritos escolares con mayor número de sufragios fueron Caguas, San Juan y Ponce. En lo respectivo al número de árboles plantados los distritos escolares de Ponce, Aguadilla y Coamo fueron los más destacados.

El triunfo de la palma real como árbol emblemático del país descansaba, entre otros atributos, en los siguientes:

" por ser autóctono y uno de los más bellos, útiles y resistentes de nuestra flora, respetado por el hombre y el huracán, provee a aquel de un alimento exquisito y al cerdo, de otro muy suculento; sirve

Tabla 4. Relación del número de árboles sembrados y votación de los estudiantes en los distritos escolares de Puerto Rico entre la palma real y el mango el Día de Árbol de 1903 (La Democracia 1904).

Número del Distrito Escolar	Distrito Escolar	Número de árboles sembrados	Votos Palma Real	Votos Mango	Total Votos
	Vieques	43	184	184	368
1	San Juan	731	2,184	1,034	3,218
2	Fajardo	615	1,644	643	2,287
3	Humacao	690	762	1,001	1,763
4	Caguas	609	2,350	1,367	3,717
5	Guayama	375	328	1,081	1,409
6	Aibonito	310	641	515	1,156
7	Coamo	778	1,048	988	2,036
8	Ponce	865	1,655	817	2,472
9	Yauco	375	353	1,202	1,555
10	San Germán	385	743	544	1,287
11	Mayagüez	214	1,444	1,423	2,467
12	Aguadilla	804	763	544	1,438
13	Camuy	232	477	914	1,391
14	Arecibo	352	826	781	1,607
15	Utuado	253	782	313	1,095
16	Manatí	450	346	866	1,212
17	Toa Alta	703	559	746	1,305
18	Bayamón	568	1,229	736	1,965
TOTAL		8,854	18,218	15,832	34,050

de excelente material de construcción; durante siglos ha cobijado los ranchos de nuestros jíbaros e indigentes aledaños; ha sido un consumado paisajista que ha puesto sorprendentes pinceladas en sus valles, riscos y arrabales; percha favorita del ruiseñor y oras avecillas cantoras; facilita llenar el ambiente de armonía. También ha servido a menudo de salvador pararayo al transeúnte" (De Hostos 1976).

Tras una enmienda aprobada el 10 de marzo de 1904 a la Ley de la festividad del Día del Árbol, se señalaba que:

"El viernes que sigue inmediatamente al último jueves del mes de noviembre de cada año se conocerá en toda la isla de Puerto Rico con el nombre de Día del Árbol y se declarará festivo en todas las escuelas públicas, a cargo del Comisionado de Instrucción. Será deber de dicho Comisionado hacer que los alumnos de todas las escuelas o en cualquier otro lugar que considere adecuado para el fin de disponer o dirigir bajo la dirección de la junta escolar o de otros funcionarios que tengan a su cargo la protección y conservación de árboles y arbustos y a familiarizarse con los mejores métodos que deban de adoptarse para obtener los resultados apetecidos" (Toro Nazario 1944).

LITERATURA CITADA

Archivo General de Puerto Rico. 1902. Legislatura de Puerto Rico, Proyectos y Anteproyectos de los Cuerpos (Cámara de Delegados), caja número 2.

Bagué Ramírez, J. 1962. Presencia de los montes en la historia de Puerto Rico: apuntes conjuntivos. Revista de Agricultura de Puerto Rico, 49 (1):4-77.

De Hostos, Ad. 1976. Diccionario histórico, bibliográfico comentado de Puerto Rico. San Juan : Publicación de la Academia Puertorriqueña de la Historia. Pp. 50-51.

Gaceta de Puerto Rico, 24 de enero 1903. El árbol emblemático de las escuelas de Puerto Rico. Pp. 3, 14.

Hunt, W. 1903. Third annual report of the governor of Porto Rico covering the period from July 1, 1902 to June 30, 1903. Washington, D.C.: Government Printing Office. P. 171.

Junta del Centenario para la Defensa de San Juan de Puerto Rico en 1797. 1897. Lealtad y heroísmo en la isla de Puerto Rico. San Juan : Imprenta de A. Lynn e Hijos de Pérez Morris. Pp. 342-343.

La Democracia, 6 diciembre 1902[a]. Ejercicios del Día del Árbol. p. 4.

La Democracia, 6 diciembre 1902[b]. Celebración Día del Árbol. p. 4.

La Democracia, 6 diciembre 1902[c]. Poema del Día del Árbol. p. 5.

La Democracia, 15 diciembre 1902. Notas de Ciales -Fiesta del Árbol. p. 5.

La Democracia, 25 diciembre 1902. Desde Mameyes (Utuado)-Fiesta del Árbol. p. 1.

La Democracia, 3 febrero. 1904. Department of Education of Porto Rico, Office of District Superintendent. p. 4.

López Cantos, Á. 2000. Los puertorriqueños: mentalidad y actitudes (Siglo XVIII). Río Piedras : Editorial Universidad de Puerto Rico & San Juan: Ediciones Puerto. p. 116.

Negroni, H.A. 1992. Historia militar de Puerto Rico. España : Ediciones Siruela, S. A. (Publicación de la Comisión Puertorriqueña para la Conmemoración del Quinto Centenario del Descubrimiento de América y Puerto Rico, Instituto de Cultura Puertorriqueña, Centro de Estudios Avanzados de Puerto Rico y El Caribe y la Comisión Quinto Centenario de España). Pp. 256-263.

Picó F. 1986. Historia general de Puerto Rico. Río Piedras : Ediciones Huracán. p. 123.

The San Juan News, 26 noviembre. 1902. Primer ejercicio del Día del Árbol. Bella costumbre americana será introducida en las escuelas de Puerto Rico. p. 2.

The San Juan News, 2 diciembre 1902[a]. Coto Laurel First Arbor Day. p. 2.

The San Juan News, 2 diciembre. 1902[b]. Fiesta del Árbol en Coto Laurel. p. 7.

The San Juan News, 6 diciembre de 1902. Ejercicios del Día del Árbol. p. 4.

The San Juan News, 9 diciembre 1902. El níspero: árbol favorito. Las escuelas de Guayama celebran votación el Día del Árbol. p. 4.

Toro Nazario, J. 1944. El primer Día del Árbol fue auspiciado por el último gobernador español. Revista de Agricultura, Industria y Comercio de Puerto Rico 35(1):46-52.

Acta Científica 22(1-3), 95-97, 2008

PRESENCIA DE LAS PALMAS EN LOS ESCUDOS MUNICIPALES DE PUERTO RICO

Carlos M. Domínguez Cristóbal
Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1115

RESUMEN

Las palmas constituyen uno de los recursos heráldicos que fueron utilizados en el diseño y oficialización de varios escudos municipales. Dicha actuación fue promovida, entre otros factores, por la toponimia, la tradición oral y el legado histórico y cultural de las palmas. No obstante, la palma real ha sido la especie arbórea de mayor utilización en los escudos municipales de Puerto Rico. Ante esa perspectiva, es el propósito de este artículo el hacer un inventario de aquellos escudos municipales que poseen palmas y señalar las razones que motivaron tal utilización.

En la historia de Puerto Rico las palmas han jugado un rol de destacada importancia. Ejemplo de ello lo constituye su presencia en la toponimia de los barrios oficiales del país. Dentro de ese marco escénico figuran las siguientes: Palma Escrita en Las Marías, Palmar en Aguadilla, Palmarejo en Coamo, Corozal y Lajas, Palmarito en Corozal, Palmas en Arroyo, Cataño, Guayama y Salinas, Las Palmas en Utuado, Palmas Altas en Barceloneta y Collores, en alusión a la palma de color, en Humacao, Jayuya, Juana Díaz, Las Piedras, Orocovis y Yauco (Torrech San Inocencio 1998). No obstante, existe un mayor número de voces alusivas a las palmas que son utilizados como nombres de sectores de barrios. Entre ellos figuran Palma Sola en los barrios Caonillas Abajo y Hato Puerco de Villalba y Canóvanas respectivamente. Por otro lado, existen nombres pertenecientes a barrios que son relativos a las palmas pero que están en desuso o son poco conocidos por las nuevas generaciones. Ejemplo de ello lo constituye el lugar denominado Palma Bonita el cual se ubica a la entrada del sector La Cuarta del barrio Pesas de Ciales (Pagán Burgos 1978). Por otro lado, este nombre figura en la Descripción Topográfica de Ciales de 1846 (Archivo General de Puerto Rico 1846).

Los nombres de barrios, sectores o lugares a los cuales hemos hecho referencia, excepto Collores, no indican a qué tipo de palma se hace referencia. Ante esa situación es necesario, entre otras, el estudio de la historia poblacional del área, su tenencia, los usos del terreno y la tradición oral.

La tradición oral puede ilustrarnos u ofrecer pistas sobre qué tipo de palma se hacía referencia anteriormente. Ante esa consideración, el lugar denominado Palma Bonita a la entrada del sector La Cuarta del barrio Pesas de Ciales hace referencia a una palma real calificada de bonita la cual estaba ubicada en una loma a la entrada de dicho sector (Montes Sedré 1987).

En diversos capítulos de la historia de Puerto Rico las palmas han sido utilizadas con diversos propósitos. La selección de la palma real en 1903 por los estudiantes de las escuelas públicas del país como el árbol símbolo de Puerto Rico (La Democracia 1904), la designación de la palma real como el símbolo de la insignia de la estadidad en el plebiscito de 1967 (Cruz Hernández 1993), el uso de la palma de cocos como el distintivo del Partido Nuevo Progresista (Quiñones Calderón 2002), la celebración del Festival del Petate de Sabana Grande (Sánchez Martínez 1992), y la denominación de Los Cocoteros al equipo AA del beisbol de Loíza, el diseño y fabricación de obras artesanales con los frutos de la palma de corozo (Nogueras Balasquide, Borras y Dávila 2000), el óleo de Francisco Oller,

Bodegón con cocos (Delgado 1998), el cognomento de Los Come Cocos de Luquillo (Rivera Arbolay 1999), la canción popular de gran arraigo pueblerino *Bajo un palmar* de Pedro Flores (Crescioni Neggers 1986), la leyenda histórica *La Palma del Cacique* (Rivera de Álvarez 1983), el poema criollista *La Palma Real* de Virgilio Dávila (Rivera de Álvarez 1983) y la tipificación del paisaje puertorriqueño con la palma real (Joglar 2008) son ilustrativos de lo antes expresado.

En Puerto Rico, ocho de los setenta y ocho municipios, o sea, un 10.25 por ciento poseen o integran algún tipo de palma o parte de ésta en sus escudos municipales. Dentro de esa perspectiva se ubican dos pencas de la palma de cocos (*Cocos nucifera*) en los escudos municipales de Cataño, Luquillo y Naguabo; tres palmas reales (*Roystonea borinquena*), tres palmas de corozo (*Acrocomia media*) y una penca de la palma de petate (*Thrinax morrissii*) en los escudos de los municipios de Comerío, Corozal y Sabana Grande respectivamente. Por otro lado, el escudo municipal mayagüezano posee seis palmas reales mientras que el de Aguadilla hace alusión a las palmas que posee Nuestra Señora de la Victoria.

Los escudos municipales de Naguabo, Cataño y Luquillo, los cuales poseen cada uno de ellos una penca de la palma de cocos en los extremos derecho e izquierdo de ese símbolo heráldico también concuerdan en que son municipios de la zona costera del país. No obstante, el fundamento o la razón para la incorporación de esa especie arbórea en esos escudos municipales no es la misma.

En el escudo municipal de Cataño las dos pencas de la palma de cocos hacen referencia al antiguo nombre de ese lugar, o sea, el Hato de las Palmas de Cataño (Morales Muñoz 1946). Ante esa circunstancia, este pueblo incorpora y da perpetuidad con ese nombre al recuerdo del licenciado Hernando de Cataño, el cual también fue un dueño del Hato de las Palmas de Cataño, médico sevillano avecinado en Puerto Rico para mediados del siglo XVI (Beascoechea Lota 1974). Por otro lado, la voz Palmas permanece como nombre de un barrio de ese pueblo.

En el escudo municipal de Luquillo las dos pencas de la palma de cocos hacen alusión a la playa de Luquillo. Ese detalle es reforzado en el escudo ya que "la rada de oro con la sierra al fondo, simboliza a la playa de Luquillo" (Rivera Arbolay 1999). La inherencia de esta especie arbórea en Luquillo se demuestra de forma adicional en la celebración del Festival del Coco (Sánchez Martínez 1992).

Las dos pencas del cocotero en el escudo municipal de Naguabo simbolizan la riqueza de sus plantaciones de coco las cuales abundan en su litoral costero (Rivera Arbolay 1999). Sin embargo, ese escenario no es particular del pueblo de Naguabo.

Las tres palmas reales que se ubican en el escudo municipal de Comerío hacen alusión al antiguo nombre de este pueblo, Sabana del Palmar (Asamblea Municipal de Comerío 1983). Dentro de esa perspectiva, las tres palmas reales son indicativas de la abundancia de esa especie arbórea en el lugar seleccionado para la fundación del pueblo. De hecho, a Comerío se le conoce, entre otros cognomentos, con el de Sabana del Palmar.

En el escudo municipal de Mayagüez se ubican seis palmas reales, o sea, tres a cada lado de la carabela española. Éstas "son de la flora indígena, la más regia manifestación" (Beascoechea Lota 1996). Ese simbolismo heráldico proviene y constituye parte integrante del escudo de armas que le fue concedido a Mayagüez mediante Real Orden número 690 del 19 de diciembre de 1894 (De Hostos 1992).

De primera impresión, al examinarse el escudo municipal de Aguadilla, tal parece que éste posee dos pencas de palmas al extremo derecho e izquierdo del mismo. No obstante, son dos ramas verdes que "significan victoria y triunfo contra los corsarios y en las lides intelectuales" (Asamblea Municipal de Aguadilla 1972). De hecho, en el santoral de la Iglesia Católica, Santa María de la

Victoria, posee palmas en señal de victoria. De ahí la incorporación de forma indirecta en el escudo municipal de Aguadilla. Por otro lado, las voces Palmas y Victoria figuran como nombres de dos barrios contiguos de Aguadilla los cuales colindan con la jurisdicción territorial de Aguada.

LITERATURA CITADA

Archivo General de Puerto Rico. 1846. Obras Públicas, Obras Municipales. Caja 216. Descripción Topográfica de Ciales.

Asamblea Municipal de Aguadilla. 1972. Ordenanza núm. 50. Serie 1971-1972.

Asamblea Municipal de Comerío. 1983. Ordenanza núm. 19. Serie 1982-1983.

Beascoechea Lota, R. 1974. Correspondencia de fecha 23 de enero de 1974 entre el Ayudante del Director del Instituto de Cultura Puertorriqueña, Sr. Beascoechea Lota, y el Hon. José Álvarez Brunet, Alcalde de Cataño.

Beascoechea Lota, R. 1996. "Addenda al escudo de armas de Mayagüez: su descripción en términos heráldicos" en Asamblea Municipal de Mayagüez, Ordenanza núm. 38 Serie 1996-1997.

Crescioni Neggers, G. 1986. Breve introducción a la cultura puertorriqueña. Madrid : Editorial Playor, S. A., p. 176.

Cruz Hernández, E. 1993. El plebiscito de 1967. Río Piedras : Editorial Edil., p. 163.

De Hostos, A. 1992. Tesauro de datos históricos. Río Piedras: Editorial de la Universidad de Puerto Rico, Tomo 3, p. 676.

Delgado, O. 1998. "Francisco Oller y Cestero en el proceso forjador de la identidad cultural puertorriqueña" en Hermandad de Artistas Gráficos de Puerto Rico, Puerto Rico Arte e Identidad. Río Piedras : Editorial de la Universidad de Puerto Rico, p. 47.

Joglar, R.L. (editor). 2008. Biodiversidad de Puerto Rico: Agustín Stahl, flora, hongos. Río Piedras : Editorial de la Universidad de Puerto Rico, Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico y Proyecto Coquí. p. 133.

La Democracia. 1904. Informe del Departamento de Educación de Puerto Rico sobre la selección del árbol simbólico celebrado en el país el Día del Árbol de 1903, p. 4.

Montes Sedré, C. 1987. Entrevista realizada el 25 de mayo de 1987. Mayor de 90 años.

Morales Muñoz, G. 1946. Fundación del pueblo de Cataño. San Juan, pp. 33-36.

Nogueras Balasquide P., G. Borrás, y T. Dávila. 2000. Manos del pueblo: artesanos de Puerto Rico. Asia Pacific : China, p. 198.

Pagán Burgos, F. 1978. Entrevista realizada el 17 de diciembre de 1978. Edad 106 años.

Quiñones Calderón, A. 2002. Historia política de Puerto Rico. The Credibility Group, Tomo 1, p. 393.

Rivera Arbolay, P. 1999. Pueblos de Puerto Rico. San Juan : Publicaciones Puertorriqueñas, Inc., pp. 190, 199.

Rivera de Álvarez, J. 1983. Literatura Puertorriqueña: su proceso en el tiempo. Madrid : Ediciones Partenón, p. 148 y 280.

Sánchez Martínez, H. 1992. Puerto Rico Turístico: guía de viaje para Puerto Rico. San Juan : Publicaciones Puertorriqueñas, Inc., pp. 92 y 126.

Torrech San Inocencio, R. 1998. Los barrios de Puerto Rico. San Juan : Fundación Puertorriqueña de las Humanidades, pp. 172 y 181.

Acta Científica 22(1-3), 99-103, 2008

APUNTES EN TORNO AL ESTABLECIMIENTO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VEREDAS INTERPRETATIVAS EN LOS BOSQUES O RESERVAS NATURALES DE PUERTO RICO: LA PRESENCIA DE LA TOPONIMIA, LA TENENCIA Y USOS DE LA TIERRA

Carlos M. Domínguez Cristóbal
Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1115

RESUMEN

El establecimiento de un sistema de veredas interpretativas en los bosques o reservas naturales de Puerto Rico constituye uno de los recursos más destacados para ilustrar cuan interdisciplinario es su desarrollo en cualquier lugar de nuestro país o fuera de éste. Dentro de ese panorama se ubican, entre otros, los proyectos que en esa dirección desarrollan el Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico, el Bosque Nacional El Yunque y la División Forestal del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico.

Ante ese escenario, el propósito de este artículo es ilustrar sobre la presencia de la toponimia, la tenencia y usos de la tierra en el establecimiento y desarrollo de un sistema de veredas interpretativas. Al unísono se destaca la presencia o ausencia de la flora en las zonas tabacaleras, cañeras o cafetaleras y su respectiva aportación para con el tema en discusión. Por otro lado, se destacan ciertas consideraciones de seguridad que deben de estar presentes en este tipo de proyecto.

En la naturaleza interdisciplinaria del establecimiento y desarrollo de un sistema de veredas interpretativas de los bosques o las reservas naturales de Puerto Rico se entrelazan, junto a otros, los siguientes parámetros: la toponimia, la tenencia y los usos de la tierra. No obstante, esos parámetros van encaminados o dirigidos hacia la respectiva misión y visión de aquella institución a la que éstas pertenecen. Por otro lado, esos parámetros deben de ser utilizados con mayor intensidad por los intérpretes de veredas. Entre los factores que limitan esa situación se ubican los siguientes: el énfasis en la condición actual de las veredas, la ubicación dispersa de las fuentes de información, el lapso de tiempo de los recorridos y la necesidad de un mayor recurso humano.

La toponimia, o sea, el estudio del origen, significado y evolución del nombre o los nombres comunes de un lugar (Real Academia Española 1984) juega un papel destacado como un recurso informativo del sistema de veredas interpretativas. Dentro de esta perspectiva resulta muy valioso el efectuar investigaciones en esa dirección. Para lograr ese propósito se inicia esa labor desde el presente hacia el pasado. No obstante, debemos de poseer la cautela de que no siempre la información toponímica fue recopilada con anterioridad y/o plasmada para la posteridad en un documento, en una grabación o en cualquier otro medio de comunicación. Ante esa circunstancia la evaluación de la información que posee la tradición oral resulta de gran valor. Debido a esa particularidad es necesario, de ser posible, el visitar, entrevistar o recopilar información de aquellos individuos que habitaron por esos lugares o que posean algún tipo de relación directa o indirecta con el área en la cual se estableció una vereda interpretativa.

Es natural el que la toponimia de un lugar, guarde una relación con la distribución original de las especies arbóreas o con el proceso de poblamiento (Torrech San Inocencio 1998). Entre los ejemplos ilustrativos de esa particularidad se ubican muchos de los nombres de los barrios de Puerto Rico.

Dentro de ese escenario figuran el barrio Tabonuco en Sabana Grande; Mamey en Aguada, Guaynabo, Juncos, Gurabo y Patillas; Jaguas en Ciales. Esos ejemplos también destacan la influencia indígena en la toponimia de nuestro país la cual, de hecho, es la de mayor antigüedad o permanencia en la geografía insular (Hernández Aquino 1969). Otros nombres de barrios poseen su génesis en especies que fueron introducidas. Dentro de ese escenario se ubica el nombre del barrio Limón en los pueblos de Utuado y Mayagüez y Cocos en Quebradillas.

La tenencia, o sea, la propiedad de la tierra ya fuere del Estado o particular determina en gran medida los usos que se brindan a ésta. Dentro de esa perspectiva, la extensión de las propiedades es otro de los factores que puede ofrecer información de gran utilidad para el desarrollo de un sistema de veredas interpretativas. Entre las interrogantes que afloran de forma inmediata emergen las siguientes: ¿Quiénes son o fueron los dueños de la propiedad? ¿A qué estrata social de su época pertenecían? ¿Cuál era su nivel educativo? ¿Cuáles eran sus intereses económicos y agrícolas? En ese marco escénico el contraste también era una realidad. Por un lado, los grandes latifundios poseían una relación con los principales productos de la riqueza agrícola del país mientras que del lado contrario miles de pequeños propietarios luchaban por una economía de subsistencia (Sánchez 2004). No obstante, los latifundios como las pequeñas propiedades estaban definidos por líneas de colindancia denominadas como cotos o guardarrayas (De la Rosa Martínez 1986).

Los cotos o guardarrayas constituyen un recurso muy valioso para el estudio de las veredas interpretativas. Éstos establecen los límites de las propiedades. No obstante, éstos van variando o modificándose en acorde se llevan a cabo compraventas, sucesiones o segregaciones. Independientemente de esas variantes en la tenencia de la tierra, los cotos o guardarrayas quedan establecidos. Por tanto al examinar el paisaje existen detalles en el mismo que nos indican linderos. Entre ellos los más usuales son los alambres de púas y la maya (*Bromelia pinguin*). De hecho, se considera a la maya como la bromelia nativa de mayor utilidad por el campesinado puertorriqueño (Acevedo Rodríguez 2008). Por otro lado, en otras ocasiones, las quebradas, ríos, riachuelos o las crestas de montañas, entre otros, son o fueron utilizadas como guardarrayas. Adjunto a ello, también fue una práctica muy usual el uso de piedras enterrados hasta la mitad o el pintar o cortar parte de la corteza de aquellos árboles guardarrayantes (Archivo General de Puerto Rico 1826-1835). Entre los ejemplos ilustrativos en la toponimia de los barrios de Puerto Rico lo constituyen el nombre del barrio Coto Laurel entre los pueblos de Ponce y Juana Díaz, el barrio Guardarraya entre Maunabo y Patillas y los barrios Coto Norte y Coto Sur de Manatí.

Al examinarse un paisaje, en especial a la distancia, suele apreciarse que las colindancias entre fincas la constituyen una línea de árboles de diversas especies. Tal información puede ser corroborada con la escritura y los planos de la propiedad. Por otro lado, esos documentos nos pueden ilustrar sobre los usos de la tierra al momento de efectuarse una compraventa, segregación o sucesión. Para el caso de Puerto Rico, de ser aplicable, poseemos otros recursos muy valiosos que deben ser integrados en la interpretación de un sistema de veredas. Entre ellos figuran los siguientes: mapas o croquis desde fines de la década del 1810, mapas y fotos aéreas desde la década del 1930 y mapas e informes específicos y detallados por municipalidad de los usos de la tierra en 1950. Por otro lado, el desarrollo de la tecnología posee hoy día el Sistema de Posicionamiento Global y el Sistema de Información Geográfica, los cuales nos permiten al unísono la integración y análisis de una serie de parámetros de aquellos lugares en donde efectuamos investigaciones o se planifica el desarrollo de un sistema de veredas interpretativas.

En Puerto Rico el uso de la tierra con fines agrícolas guarda una relación con la historia de la economía agrícola. Dentro de ese marco escénico el uso agrícola de la tierra durante el siglo XIX y la

mayor parte del siglo XX estuvo influenciado por tres productos principales: la caña de azúcar, el café y el tabaco. En términos generales, dichos cultivos poseían una localización geográfica, un plan de deforestación para la preparación del terreno y un sistema de veredas cuyo principal objetivo era el transporte de los productos agrícolas. Por consiguiente, esos sistemas de veredas podrían integrarse, aunque fueran de forma parcial, en el establecimiento de un sistema de veredas interpretativas.

El cultivo de la caña de azúcar se ubicó mayormente en la zona costera del país y en muchos valles de los pueblos del interior (Dietz 1989). En ese marco escénico, las zonas dedicadas a este cultivo independientemente de su variedad requerían de una deforestación total. Ante esa circunstancia la flora aledaña que permanecía era aquella que era empleada como guardarraya o fuente de combustible. No obstante, los cañaverales se ubicaron, entre otros lugares, muy cercanos a las zonas de mangle ya que éstos proveían una fuente de combustible barato y abundante. A pesar de que éstos eran considerados del Estado, el Estado mismo favoreció su explotación y traspaso de su tenencia a manos particulares. De esa forma se pretendía que los manglares se convirtieran en zonas agrícolas y de que se contrarrestara el problema de salud pública que representaba la malaria (Archivo General de Puerto Rico 1877-1889). Ante esa circunstancia, los hacendados de la caña de azúcar poseían los medios económicos para la explotación del manglar y de esa forma contribuían y hacían alianzas con las diferentes administraciones gubernamentales.

El cultivo del tabaco, el cual es un producto autóctono de Puerto Rico (Picó 1975) poseía en términos generales dos grandes zonas de producción: el interior y el costero. La zona tabacalera del interior se ubicaba "*desde San Lorenzo hasta Utuado pasando por Caguas, Cayey, Aibonito, Barranquitas, Aguas Buenas, Cidra y Comerío*" mientras que la denominada como costera "*comprendía a Isabela y Camuy, en el norte, San Germán y Yauco en el sur y Patillas en el sureste*" (Baldrich 1988). No obstante, en ambas zonas se requería de una deforestación prácticamente total para la preparación del terreno. En muchos lugares dedicados al cultivo del tabaco la única especie arbórea que permanecía era la palma real. Entre los motivos para esa situación se ubicaban el uso de las pencas en la construcción de los bohíos y los ranchones de tabaco, la corteza en la fabricación de tablas para construir pisos o setos de los bohíos, los frutos para la ceba del ganado de cerda, las pencas en la procesión de la Semana Santa de la Iglesia Católica, la florescencia seca como escobas y las yaguas como setos de los bohíos. En los pueblos antes descritos como zonas tabacaleras del interior o de costa todavía el paisaje expone ciertas características que pueden ser incorporadas en el establecimiento de un sistema de veredas interpretativas. La característica más predominante la constituyen la altura y distribución que poseen las palmas reales de tales pueblos.

El café, principal renglón de la economía agrícola de Puerto Rico hacia la última década del siglo XIX (Picó 1986) también posee una clara manifestación para con el establecimiento y desarrollo de un sistema de veredas interpretativas. Este cultivo se circunscribía en forma general a la zona central montañosa del país mientras que el desmonte para la preparación del terreno era de forma parcial. Inicialmente el café que se empleó lo constituía el de sombra y por consiguiente los árboles que se utilizaron con ese motivo fueron aquellas especies que fijaban nitrógeno en el suelo. Entre esas especies arbóreas figuraban la guaba y el guamá (Little, Wadsworth y Marrero 2001).

En la zona del cafetal era muy usual el que las parcelas de café estaban descritas por nombres. Tales voces enriquecieron la toponimia del cafetal y constituyen hoy día, de haber prevalecido en la tradición oral, una fuente de información muy valiosa para el desarrollo de un sistema de interpretación de veredas. De hecho, en el cafetal se fueron desarrollando para el transporte y comunicación un sistema de veredas, denominados trillos, que de existir, pueden rescatarse e integrarse

a las veredas interpretativas de hoy día. Por otro lado, también existieron caminos de herradura o de bestias, los cuales procedían "*desde las haciendas de la altura hasta las poblaciones del interior desde donde había caminos carreteros hasta los puertos de exportación*" (Pumarada O'Neill 1990). Tales caminos como los denominados reales pueden ser integrados o no, dependiendo del trayecto de las veredas interpretativas. Dentro de ese marco escénico también se ubican las carboneras.

Especialmente en el cafetal, el escenario de las carboneras o chimbas pueden constituir parte integrante del recorrido de un sistema de veredas interpretativas. Las carboneras o chimbas es una especie de horno rústico o primitivo en la cual la materia prima que produce el carbón vegetal, o sea, las ramas y los troncos de las diversas especies arbóreas utilizadas, quedan cubiertas, entre otros materiales, de tierra y hojas a la cual se le aplica la técnica del fuego encerrado por espacio de aproximadamente unas 24 horas (Díaz Montero 1984). El fuego se introduce a través de una boca o apertura que conecta a un hoyo sobre el cual se ubica la materia prima antes descrita (Álvarez Nazario 1990). Éste era un recurso que poseía, en especial, el hombre del cafetal para incrementar mediante la venta del carbón vegetal sus ingresos económicos, máxime en la época del tiempo muerto de esa zona agrícola. Es por ello que en muchos lugares de esa zona se ubican o se encuentran remanentes de esa actividad. Éstos son reconocidos por una tierra negra por lo regular cercano o aledaño a un cuerpo de agua o por la creación de unos grandes huecos u hoyos en la tierra cuyo propósito era el de recolectar y/o almacenar el agua de lluvia que era necesaria utilizar en la elaboración del carbón vegetal. En la toponimia del país la voz "Chimborazo" entre los pueblos de Florida y Ciales señala o apunta hacia esa particularidad. Testimonio de ese capítulo de nuestra historia figuran en un gran número de fincas hoy clasificadas como bosques particulares o del Estado. Ante esa situación, una vereda interpretativa puede integrar un modelo de carbonera o de poseer los recursos visuales como fotografías para ilustrar ese capítulo de nuestra historia.

Del examen de los remanentes de los escenarios agrícolas de la caña de azúcar, el café y el tabaco y su relación con la tradición oral y otras fuentes de información tales como las fotos aéreas obtenemos varios puntos de vista que contribuyen de forma significativa en la explicación de ciertas particularidades que pueden constar en la creación y desarrollo de un sistema de veredas interpretativas. De ahí, por ejemplo, el que podamos inferir de forma generalizada que los árboles de mayor diámetro son aquellos que poseen un mayor número de años. Por lo regular éstos se ubican en las guardarrayas. Por tanto, al examinar los árboles de un sistema de veredas actual sí podemos hacer una radiografía actual de ésta pero necesitamos de las fuentes de información antes descritas para explicar tales escenarios. Dentro de esa perspectiva se ubica la publicación **La flora del Cañón de San Cristóbal** (Francis John K; S. Alemañy; H.A. Lioger y G.R. Proctor 1998). La limitación de esa publicación consiste en la carencia de una investigación histórica que considere, entre otros factores, la tenencia y uso de la tierra, la toponimia y el proceso poblacional del área.

La tradición oral posee otras variantes relativas a la flora que guardan una relación con el establecimiento de un sistema de veredas interpretativas. En otros tiempos era una práctica muy común la siembra de árboles con motivo de la celebración de un evento significativo para una familia. Entre esos eventos se ubican los siguientes: bodas, defunciones, nacimientos, bautismos o cualquier otro evento particular. No obstante, dicha información constituía parte de la tradición de la familia que era transmitida de una generación a otra.

La tradición oral, en algunas ocasiones ya plasmada en la literatura, también aporta aunque ya no de una forma cuantitativa como en otras épocas, con historias, leyendas o cuentos. Entre ellas figuran como eje central las apariciones de los difuntos, los ahorcados y las de entierros de dinero en envases de barro cocido denominados botijuelas. Dentro de esa perspectiva la zona del cafetal aparenta poseer

el mayor caudal informativo. Ejemplo de lo antes descrito se escenifica en la obra **Cuentos y leyendas del cafetal** de Antonio Oliver Frau. En esas manifestaciones, los árboles constituyen un punto de referencia y deben de constituir parte integrante de la información que se brinda a los visitantes del área. Ante esa consideración la integración de la flora en las diversas manifestaciones de la cultura puertorriqueña juega un papel primordial. Ejemplo de ello lo constituyen el refranero popular (Domínguez Cristóbal 2006[a]), la presencia de la palma real (Domínguez Cristóbal 2003[a]), el tabonuco (Domínguez Cristóbal 2006[b]), el café (Domínguez Cristóbal 2006[c]), la maga (Domínguez Cristóbal 1994[a]), la ceiba (Domínguez Cristóbal 1994[b]), y el higüero (Domínguez Cristóbal 2003[b]) en la historia de Puerto Rico.

En el establecimiento de un sistema de veredas interpretativas, independientemente de su relación histórica con el cultivo de la caña de azúcar, el café o el tabaco, la accesibilidad y la seguridad de los visitantes y/o guías interpretativos debe de constituir parte integrante y fundamental. No obstante, accesibilidad y seguridad son dos parámetros a considerar previamente al establecimiento de un sistema de veredas interpretativas ya que éstas se entrelazan entre sí con el tipo de actividad a desarrollarse.

El reconocimiento de las diversas especies arbóreas que se ubican en un lugar a ser considerado dentro de un sistema de veredas interpretativas debe de examinar, entre otras, las siguientes situaciones: troncos espinosos, bejucos rastreros, árboles en diversos estados de composición, lianas, ramas desprendidas o colgantes, época de producción de frutos y flores, especies melíferas. Aquellos árboles que manifiestan una o varias características de las descritas no deben de ser excluidos como parte de un recorrido en las veredas interpretativas. No obstante, su integración debe de efectuarse a cierta distancia y puede apreciarse a través del uso de los binoculares. Por otro lado, todos los parámetros a considerarse en el establecimiento y desarrollo de un sistema de veredas deben de ser evaluados periódicamente ya que la naturaleza está en continuo dinamismo y el escenario que apreciamos ayer no necesariamente es el mismo que veremos mañana.

LITERATURA CITADA

Acevedo Rodríguez, P. 2008. Los bejucos de Puerto Rico. En Rafael Joglar (editor) Biodiversidad de Puerto Rico: Agustín Stahl, flora, hongos. Río Piedras : Editorial de la Universidad de Puerto Rico, Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico y Proyecto Coquí, p. 131.

Álvarez Nazario, M. 1990. El habla campesina del país: orígenes y desarrollo del español en Puerto Rico. Río Piedras : Editorial de la Universidad de Puerto Rico., p. 277.

Archivo General de Puerto Rico. 1826-1835. Obras Públicas, Propiedad Pública (Solicitudes de terrenos baldíos-Ciales), caja 49.

Archivo General de Puerto Rico. 1877-1889. Obra Públicas, Propiedad Pública (Inspección de Montes de Puerto Rico), caja 311-315.

Baldrich, J. 1988. Sembraron la no siembra (Los cosecheros de tabaco puertorriqueños frente a las corporaciones tabacaleras, 1920-1934). Río Piedras : Editorial de la Universidad de Puerto Rico, pp. 45-46.

De la Rosa Martínez, L. 1986. Lexicón histórico documental de Puerto Rico 1812-1899. San Juan : Centro de Estudios Avanzados de Puerto Rico y El Caribe, p. 63.

Díaz Montero, A. 1984. Del español jíbaro (vocabulario). Santurce : Editorial Díaz Mont, p. 59.

Dietz James, L. 1989. Historia económica de Puerto Rico. Río Piedras : Ediciones Huracán, p. 123.

Domínguez Cristóbal, C. 1994[a]. Presencia del árbol y la flor de maga en el acontecer histórico de Puerto Rico. Acta Científica 8(3):141-143.

Domínguez Cristóbal, C. 1994[b]. Presencia del árbol de ceiba en el acontecer histórico de Puerto Rico. Acta Científica 8(3):145-149.

Domínguez Cristóbal, C. 2003[a]. Presencia de la palma real (*Roystonea borinquena*) en la cultura puertorriqueña. ICONOS 2(19):20-23.

Domínguez Cristóbal, C. 2003[b]. Presencia del higüero en el acontecer histórico de Puerto Rico. Acta Científica 17(1-3):101-103.

Domínguez Cristóbal, C. 2006[a]. Presencia de la flora (árboles y arbustos) en los refranes de Puerto Rico. Ecos de Plazuela 17(68):14-15.

Domínguez Cristóbal, C. 2006[b]. Presencia del tabonuco (*Dacryodes excelsa*) en el acontecer histórico de Puerto Rico. Acta Científica 20(1-3):33-37.

Domínguez Cristóbal, C. 2006 c. Presencia del café (*Coffea arabica*) en el acontecer histórico de Puerto Rico. Acta Científica 20(1-3):43-46.

Francis, J.K., S. Alemañy, H.A. Lioger, y G.R. Proctor. 1998. The Flora of Cañón de San Cristóbal, Puerto Rico. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. General Technical Report IITF-4, 37 pp.

Hernández Aquino, L. 1969. Diccionario de voces indígenas de Puerto Rico. Bilbao, España : Editorial Vasco Americana, pp. 11-12.

Little, E.L., F. Wadsworth, y J. Marrero. 2001. Árboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Río Piedras : Editorial de la Universidad de Puerto Rico, pp. 155 y 161.

Picó, F. 1986. Historia general de Puerto Rico. Río Piedras : Ediciones Huracán, p. 197.

Picó, R. 1975. Nueva geografía de Puerto Rico: física, económica y social. Río Piedras : Editorial de la Universidad de Puerto Rico., p. 281.

Pumarada O'Neill, L. 1990. La industria cafetalera de Puerto Rico 1736-1969. San Juan : Oficina Estatal de Preservación Histórica, pp. 38-39.

Real Academia Española. 1984. Diccionario de la Lengua Española. Madrid, España : Editorial Espasa-Calpe S.A., Vol. 2, p. 320.

Sánchez, C. 2004. Geografía e historia de Puerto Rico. Madrid : Ediciones SM., pp. 126-127.

Torrech San Inocencio, R. 1998. Los barrios de Puerto Rico. San Juan : Fundación Puertorriqueña de las Humanidades, p. 107.

Acta Científica 22(1-3), 105-113, 2008

LA REFORESTACIÓN GUBERNAMENTAL EN PUERTO RICO

Frank H. Wadsworth
Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1115

ABSTRACTO

Se presenta un resumen de la experiencia de reforestación por el gobierno en los terrenos deforestados de los bosques reservados de Puerto Rico principalmente desde 1935 a 1943. Suplementariamente se incluye una evaluación de los resultados y pruebas de especies adicionales de árboles hasta 1975. De 129 especies de árboles plantados en 15,000 hectáreas (36,000 acres) se encontraron prometedoras 28 nativas y 23 introducidas.

INTRODUCCIÓN

Entre los bosques públicos de Puerto Rico los primeros con terrenos deforestados eran Guánica y Maricao, reservados en 1919. Para su reforestación el Servicio Forestal Insular abrió un vivero forestal en Río Piedras en 1921. El apoyo federal para viveros forestales llegó en 1924. Ya para 1930 se habían plantado 200,000 árboles en los Bosques de Guánica y Maricao (Kramer 1929/30). La primera plantación forestal en el Bosque Nacional fue en los predios Harvey y Del Valle en 1931 con caoba híbrida de St. Croix.

Comenzando en 1935, el Servicio Forestal federal, por adquisición aumentó el área del Bosque Nacional duplicándola y añadió la unidad de Toro Negro. El *Puerto Rico Reconstruction Administration* (PRRA) adquirió como Bosques Insulares Carite, Río Abajo, Guajataca, Guilarte y Susúa. Estos terrenos nuevos, mayormente deforestados, marcaron un auge en la reforestación hasta 1943, al principio de la Segunda Guerra Mundial. Desde entonces hasta 1975 siguieron los estudios de las plantaciones establecidas y pruebas con especies adicionales.

MÉTODOS

La selección de las especies de árboles para plantar se hizo inicialmente por la calidad de su madera y su presencia en los bosques anteriores en los sitios a plantarse. Tuvieron que determinar qué extremos de clima y suelo toleraba cada especie. Fue necesario para muchas de estas especies el aprender cómo coleccionar, almacenar, y germinar las semillas. Además, en el vivero había que probar el espacio, profundidad, el transplante, la poda de raíces, el riego y uso de fungicidas. Semillas grandes plantadas directamente en los bosques incluían las de algarrobo, (*Hymenaea courbaril* L.), cóbana negra (*Stahlia monosperma* (Tul.) Urban), jácana, (*Pouteria multiflora* (A.DC.) Eyma), mangle colorado (*Rhizophora mangle* L.), maría (*Calophyllum calaba* L.), y moca, (*Andira inermis* (W.Wright) DC.).

Como 2,000 campesinos agricultores, muchos hospedados en campamentos por quincenas alternadas con sus fincas, hicieron la colección de semillas, la preparación de sitios para plantar, la plantación en sí, y los desyerbas posteriores. Con la reforestación y rápido alcance de la meta, se introdujo especies de otros países tropicales, como eucaliptos adicionales, pinos, caobas y teca. El pino tardó décadas esperando un hongo mycorrhizal obligado (Briscoe 1959). Las personas quienes adquirieron el conocimiento técnico para lograr esto fueron José A. Gilormini en los viveros (Gilormini 1949) y en las plantaciones Leslie R. Holdridge (Holdridge 1942), Joaquín Martínez Oramas y José Marrero Torrado (Marrero 1948, 1950).

Tabla 1. Las especies prometedoras de árboles.

Las especies del programa principal de plantaciones tienen en la tabla los números de los árboles (o semillas) plantados. Las especies prometedoras como resultados solamente de investigaciones están denotadas "x".

ÁRBOLES NATIVOS (y plantados)	
Abeyuelo	*Colubrina arborescens* (Mill.) Sarg. 32, 779
Aceitillo	*Zanthoxylum flavum* Vahl. x
Algarrobo	*Hymenaea courbaril* L. x
Almendrón	*Prunus occidentalis* Sw. x
Ausubo	*Manilkara bidentata* (A. DC) Chev. 21, 500
Canelilla	*Licaria parvifolia* (Lam.) Kosterm. x
Capá blanco	*Petitia dominicensis* Jacq. 149, 260
Capá prieto	*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. 1, 535, 137
Cedro macho	*Hyeronima clusioides* (Tul.) Muell-Arg. 200
Guaba	*Inga vera* Willd. x
Guamá	*Inga fagifolia* (L.) Willd. 3,000
Guaraguao	*Guarea guidonia* (L.) Sleumer 482, 520
Guayacán	*Guaiacum oficinale* L. 7, 836
Higüerillo	*Vitex divaricata* Sw. 272, 502
Jácana	*Pouteria multiflora* (A. DC) Eyma 6,467, 436
Maga	*Thespesia grandiflora* DC. 849, 457
Mago	*Hernandia sonora* L. x
Mangle blanco	*Laguncularia racemosa* (l.) Gaertn. 202, 119
Mangle colorado	*Rhizophora mangle* L. 6, 252, 137
María	*Calophyllum calaba* L. 3, 678, 755
Maricao	*Byrsonima spicata* (Cav.) H.B.K. 18, 857
Moca	*Andira inermis* (W.Wright) DC 1, 009, 800
Nuez moscada	*Ocotea moschata* (Maesn.) Mez. 99, 851
Palma de sombrero	*Sabal causiarum* (O.F.Cook) Beccari x
Roble blanco	*Tabebuia heterophylla* (DC) Britton 108, 730
Tabonuco	*Dacryodes excelsa* Vahl. 22, 375
Úcar	*Bucida buceras* L. x
Uvilla	*Coccoloba diversifolia* Jacq. x
ÁRBOLES INTRODUCIDOS	
Bayahonda	*Prosopis pallida* (H&B) ex (Willd.) H.B.K x
Bambú	*Bambusa tulda* Roxb. x
Campeche	*Haematoxylum campecheanum* L.
Caoba dominicana	*Swietenia mahagoni* Jacq. 2, 934, 805
Caoba hondureña	*Swietenia macrophylla* King. 4, 129, 776
Casuarina	*Casuarina equisetifolia* L. 226, 507
Casuarina	*Casuarina fraseriana* Miq. x
Caucho	*Castilla elastica* Cervantes 200

Tabla 1. Las especies prometedoras de árboles. (continuación).

Las especies del programa principal de plantaciones tienen en la tabla los números de los árboles (o semillas) plantados. Las especies prometedoras como resultados solamente de investigaciones están denotadas "x".

Crappo	*Carapa guianensis* Aubl. x
Cyprés	*Cupressus lusitanica* Mill. x
Eucalipto	*Eucalyptus* spp. 371, 241
Eucalipto	*Eucalyptus deglupta* Blume x
Fresno	*Fraxinus uhdei* (Wenzig.) Lingelsh. x
Guanacaste	*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. x
Kadam	*Anthocephalus chinensis* (Lam.) A. Rich x
Majó	*Hibiscus elatus* Sw. x
Musizi	*Maesopsis eminii* Engl. x
Palma de coco	*Cocos nucifera* L. x
Pino	*Pinus caribaea* Morelet x
Pino kauri	*Agathis robusta* (C. Moore) F. M. Bailey x
Primavera	*Cybistax donnell-smithii* (Rose) Siebert x
Roble dominicano	*Catalpa longissima* (Jacq.) Dum. x
Teca	*Tectona grandis* L. 204, 042

RESULTADOS

De la reforestación antes de 1930 quedan en Guánica los árboles de campeche (*Haematoxylum campechianum* L.), plantados en Las Cobanitas y bayahonda (*Prosopis pallida* (H&B.) ex (Willd.) H.B.K.) en la falda hacía la bahía del puerto del pueblo. Las dos especies se han reproducido. El resto de la reforestación de este periodo es de eucalipto (*Eucalyptus robusta* J. E. Smith) plantado al lado este de la carretera PR 120 donde se entra al bosque de Maricao.

Hasta 1943 habían muerto 56 por ciento de los árboles plantados, debido a tiempo adverso, especies desconocidas y suelos pobres. El cedro hembra (*Cedrela odorata* L.), especie nativa plantada en 800 hectáreas (2,000 acres) casi toda falló sin explicación, como ha resultado en gran parte de América tropical (Beard 1942). En algunas áreas secas fue necesario resembrar repetidamente. El costo repetitivo de desyerbo de bejucos sobrepasó el de plantar. Debido al alto número de fallos en las plantaciones llegó en 1939 la *Tropical Forest Experiment Station* del gobierno federal. Le tocaba la determinación de las causas de los resultados de las plantaciones, su manejo y pruebas con especies adicionales.

A pesar de los errores, fueron propagados y plantados casi 30 millones de arbolitos de 38 especies nativas y 17 especies introducidas. Los datos en detalle de las plantaciones aparecen en el libro original de las plantaciones de los bosques en la biblioteca del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. Al fin del periodo quedaba reforestado todo, más de 3,200 hectáreas (8,000 acres) en los Bosques Federales y 11,000 hectáreas (28,000 acres) en los Bosques Insulares. La investigación posterior probó 15 nativas y 53 introducidas en adición. Algunas de estas plantaciones de exóticos están sirviendo como protectores de reproducción de arbolitos nativos debajo de sus doseles.

Especies prometedoras están listadas en la Tabla 1. El término "prometedor" se refiere a especies que sobrevivieron en exceso de 50 por ciento y lograron el dominio sobre la vegetación a su alrededor. La Tabla 2 presenta todas las

Tabla 2. Los datos completos sobre las plantaciones.

Las especies plantadas en cantidad con el número de arbolitos o semillas plantadas, las solamente probadas con "x", las prometedoras en negrillas.

BOSQUE ESTATAL DE AGUIRRE
Especies nativas

***Laguncularia racemosa* x**
***Rhizophora mangle.* 2,674,000**

BOSQUE ESTATAL DE BOQUERÓN
Especies nativas

***Rhizophora mangle* 1,321,000**

BOSQUE ESTATAL DE CAMBALACHE
Especies nativas

Acacia farnesiana x
***Andira inermis* x**
***Bucida buceras* x**
Cedrela odorata x
Ceiba pentandra x
***Coccoloba diversifolia* x**
Citharexlum fruticosum x
Colubrina arborescens x
Genipa americana x
Guazuma ulmifolia x
Hernandia sonora x
***Licaria salicifolia* x**
Lonchocarpus latifolius x
Manilkara pleeana x
Piscidia piscipula x
Platimiscium pinnatum x
***Sabal causiarum* x**
Stahlia monosperma x
Zanthoxylum flavum x

Especies exóticas

Acacia seyal x
Araucaria integrifolia x
Bambusa tulda x
Berria amonilla x
Bursera graveolens x
Calycophyllum candidissimum x
Carmonema ovalifolia x
Casuarina equisetifolia x
***Casuarina fraseriana* x**
***Casuarina lepidophloea* x**
Cybistax donnel-smithii x
***Enterolobium cyclocarpum* x**
Luchea speciosa x
Macrocatalpa longissima x
Pera bumelifolia x
Piptadenia peregrina x
Poeppigia procera x
Prosopis inermes x
Simaruba glauca x
Swietenia microphylla x
***Swietenia mahagoni* x**
***Tectona grandis* x**
***Terminalia latifolia* x**
Tipuana tipu x

BOSQUE ESTATAL DE CARITE
Especies nativas

***Andira inermis* 11,400**
Byrsonima spicata 16380
***Calophyllum calaba* 161,530**
Cedrela odorata 324190
***Cordia alliodora* 425,162**
Dacryodes excelsa 300
Petitia domingensis 87864
***Pouteria multiflora* 1,101,660**
Sideroxylon foetidissimum 25148
Sloanea berteriana 145
***Tabebuia heterophylla* 25,580**
Tetragastris balsamífera 4668

Tabla 2. Los datos completos sobre las plantaciones. (continuación).

Las especies plantadas en cantidad con el número de arbolitos o semillas plantadas, las solamente probadas con "x", las prometedoras en negrillas.

***Guarea guidonia* 293,078**
Hymenaea courbaril 105000
***Ocotea moschata* 13,720**

Bambusa vulgaris 3000
Dalbergia sissoo 32490
***Pinus caribaea* x**
Pinus otras x
Thespesia grandiflora 171295
Vitex divaricata 21165

Especies exóticas

***Eucalyptus* spp. 165,591**
***Tectona grandis* 156,115**
***Swietenia microphylla* 922,069**
Swietenia mahagoni 267240

BOSQUE ESTATAL DE CEIBA

Especies nativas

***Rhizophora mangle* 4,528,000**

EL YUNQUE NATIONAL FOREST

Especies nativas

***Andira inermis* 862,170**
***Bysonima spicata* 18,857**
***Calophyllum calaba* 1,094,100**
Cedrela odorata 524450
Ceiba pentandra 7000
Coccoloba swartzii x
***Cordia alliodora* 349,865**
***Dacryodes excelsa* x**
***Guarea guidonia* 49,991**
Hernandia sonora x
Hymenaea courbaril 4729
Inga vera x
***Manilkara bidentata* 18,000**
***Ocotea moschata* 15,000**
Petitia domingensis 197921
***Pouteria multiflora* 1,920,400**
***Prunus occidentalis* x**
***Tabebuia heterophylla* 70,750**
Sloanea berteriana x
Thespesia grandiflora 222375
***Vitex divaricada* 2,900**

Especies exóticas

Acrocarpus fraxinifolius x
Agathis robusta x
Albizia lebbek 45350
Anthocephalus chilensis x
Araucaria angustifolia x
Bambusa gigantochloea x
Bambusa longispiculata x
Bambusa textiles x
Bambusa tulda x
Bambusa tuldoides x
Carapa guianensis x
Callitris gladea x
Callitris intratropica x
Casuarina cunninghamia x
Casuarina equisetifolia 121819
Catalpa longissima x
Cedrela toona x
Chickrasia tebularia x
Cinchona ledgeriana x
Entandrophragma angolense x
Eucalyptus spp. 28,090
Fraxinus uhdei x
Hibiscus elatus x
Khaya grandifolia x
Khaya nyasica x
Khaya senegalensis x
Maesopsis eminii x
Pinus caribaea x
Pinus otras x
Pterocarpus indicus x
Pterocarpus vidalianos x
Schizolobium parahybum x
Sequoia sempervirons x
Senna siamea 43155
Swietenia microphylla 1,130,801
Swietenia mahagoni 938002
Syzygium jambosa 1975
Taxodium mucronatum x

Tabla 2. Los datos completos sobre las plantaciones. (continuación).

Las especies plantadas en cantidad con el número de arbolitos o semillas plantadas, las solamente probadas con "x", las prometedoras en negrillas.

Cryptomeria japonica x
Cunninghamia lanceolada x
Cupressus lusitánica x
Cybistax donnell-smithii x
Dalbergia sissoo 60920
Tectona grandis 68134
Terminalia catappa x
Terminalia ivorensis x
Toona sureni x
Widdringtonia whitty x

BOSQUE ESTATAL DE GUAJATACA
Especies nativas

Andira inermis 118,200
Calophyllum calaba 545,160
Cordia alliodora 44,650
Guarea guidonia x
Petitia domingensis 110,400
Pouteria multiflora 160,000
Thespesia grandiflora 488,000
Tabebuia heterophylla x

Especies exóticas

Eucalyptus spp. x
Hibiscus elatus x
Swietenia macrophylla 2,100
Swietenia mahagoni 1,281,500
Tectona grandis x
Zanthoxylum flavum x

BOSQUE ESTATAL DE GUÁNICA
Especies nativas

Cordia alliodora x
***Guaiacum officinale* 7,836**
Zanthoxylum flavum 500

Especies exóticas

***Casuarina equisetifolia* x**
Eucalyptus spp. 3100
***Haematoxylum campechianum* 1,000**
***Prosopis pallida* x**
***Swietenia mahagoni* 120,861**

BOSQUE ESTATAL DE GUILARTE
Especies nativas

Cedrela odorata 25250
***Cordia alliodora* 87,960**
Colebrina arborescens 5000
***Guarea guidonia* 30,100**
Hyeronima clusioides x
***Pouteria multiflora* 321,640**
Thespesia grandiflora 4500
***Tabebuia heterophylla* x**
***Vitex divaricada* 73,720**

Especies exóticas

***Eucalyptus* spp. 13,500**
***Swietenia macrophylla* 358,665**
Tectona grandis 1600

BOSQUE ESTATAL DE MARICAO
Especies nativas

***Byrsonima spicata* x**
***Calophyllum calaba* 432,300**
Dipholis salicifolia 26300
***Guarea guidonia* x**
Petitia domingensis 338844
Thespesia grandiflora x

Tabla 2. Los datos completos sobre las plantaciones. (continuación).

Las especies plantadas en cantidad con el número de arbolitos o semillas plantadas, las solamente probadas con "x", las prometedoras en negrillas.

Especies exóticas

***Agathis robusta* x**
Aleurites moluccana 778
Bambusa vulgaris 5000
Eucalyptus spp. 10800
***Pinus caribaea* x**
Pinus elliottii x
***Swietenia microphylla* 923,300**
***Swietenia mahagoni* 376,600**

ISLA DE MONA
Especies nativas

Colubrina.arborescens 1356

Especies exóticas

***Casuarina equisetifolia* 102,688**
***Cocos nucifera* x**
***Swietenia mahagoni* 160,290**

BOSQUE ESTATAL DE RÍO ABAJO
Especies nativas

***Andira inermis* 18,030**
***Bucida buceras* x**
Byrsonima spicata x
***Calophyllum calaba* 1,381,125**
Cedrela odorata 264050
***Cordia alliodora* 73,608**
***Colubrina arborescens* 32,779**
Cupania americana x
***Guarea guidonia* x**
***Hyeronima clusioides* 200**
***Inga fagifolia* 3,000**
***Inga vera* x**
***Petitia domingensis* 38,860**
***Tabebuia heterophylla* x**
***Thespesia grandiflora* 361,457**

Especies exóticas

Albizia procera 22000
Calycophyllum candidissimum x
***Castilla elástica* 200**
***Casuarina equisetifolia* 2,000**
***Eucalyptus* spp. 5,150**
***Hibiscus elatus* x**
Senna siamea 20000
***Swietenia microphylla* 389,170**
Swietenia mahagoni 309455
***Tectona grandis* 47,927**

BOSQUE EXPERIMENTAL DE RÍO PIEDRAS
Especies nativas

Byrsonima spicata x
Hernandia sonora x
***Hymenaea courbaril* x**

Especies exóticas

***Swietenia macrophylla* x**
Syzygium jambos x

BOSQUE EXPERIMENTAL DE ST. JUST
Especies nativas

Buchenavia tetraphylla x
***Bucida buceras* x**
Byrsonima spicata x
***Hernandia sonora* x**
Lonchocarpus latifolius x
Pouteria multiflora x

Tabla 2. Los datos completos sobre las plantaciones. (continuación).

Las especies plantadas en cantidad con el número de arbolitos o semillas plantadas, las solamente probadas con "x", las prometedoras en negrillas.

Especies exóticas

***Casuarina equisetifolia* x**
Hibiscus elatus.x
Piptadenia peregrina.x.
Pterocarpus macrocarpus.x
Senna siamea.x
***Swietenia microphylla*.x**

BOSQUE ESTATAL DE SAN JUAN

Especies nativas

Avicennia germinans.44831
***Laguncularia racemosa*.202,119**
***Rhizophora mangle*.139,137**

BOSQUE ESTATAL DE SUSÚA

Especies nativas

***Calophyllum calaba* 64,540**
Cordia alliodora x
Colubrina arborescens 10275
***Guaiacum officinale* x**
Hymenaea courbaril.144240
Petitia domingensis.353044
***Tabebuia heterophylla*.x**

Especies exóticas

Acacia woody x
Calycophyllum candidissimum x
***Casuarina equisetifolia* x**
Eucalyptus spp.2279
Gmelina arborea.x
***Prosopis pallida*.428,444**
Simaruba glauca.x
Swietenia macrophylla 6615
***Swietenia mahagoni* 995,547**
Tectona grandis 635
Terminalia arjona
Terminalia muelleri.x
Terminalia tomentosa.x

BOSQUE ESTATAL DE TORO NEGRO

Especies nativas

Buchenavia tetraphylla.200
Calophyllum calaba.52990
Cedrela odorata.499526
***Cordia alliodora*.553,892**
***Dacryodes excelsa*.22,375**
Eugenia stahlii.6500
***Guarea guidonia*.109,351**
Hymenaea courbaril.14
***Manilkara bidentata*.3,500**
***Ocotea moschata*.71,131**
Ocotea spathulata.1000
Petitia domingensis.9200
Podocarpus coreacius.x
***Pouteria multiflora*.2,963,736**
***Prunus occidentales*.x**
Sideroxylon foetidissimum.2098
***Tabebuia heterophylla*.12,400**
Thespesia grandiflora.141885
***Vitex divaricada*.195,874**

Especies exóticas

Bambusa vulgaris.2350
***Cupressus lusitanica*.x**
***Eucalyptus* spp..158,910**
***Fraxinus uhdei*.x**
***Hibiscus elatus*.x**
***Pinus caribaea*.x**
***Swietenia macrophylla*.764,436**
Swietenia mahagoni.35443
Tectona grandis.850

BOSQUE ESTATAL DE VEGA

Especies ex*óticas

Eucalyptus deglupta.x

Tabla 2. Los datos completos sobre las plantaciones. (continuación).

Las especies plantadas en cantidad con el número de arbolitos o semillas plantadas, las solamente probadas con "x", las prometedoras en negrillas.

FINCAS PRIVADAS	
Especies nativas	
Cedrela odorata.x	Stahlia monosperma.x
Especies exóticas	
Araucaria.heterophylla x	***Pinus caribaea* x**
Albizia carbonera x	*Pinus oocarpa* x
***Enterolobium cyclocarpum* x**	*Senna siamea* x
***Eucalyptus* spp. x**	***Swietenia macrophylla* x**
Hibiscus elatus x	***Swietenia macrophylla/mahagoni* x**
Inga fastuosa x	***Swietenia mahagoni* x**
***Maesopsis eminii* x**	***Tectona grandis* x**

plantaciones y pruebas en cada bosque, las prometedoras imprentas con negrillas.

CONCLUSIONES

- Las semillas de la mayoría de las especies de árboles retienen viabilidad por poco tiempo.
- Los climas húmedos favorecen el éxito de la plantaciones mucho más que los climas secos.
- Por cada bosque había ciertos meses del año para plantar con esperanza de éxito.
- La calidad del suelo es tan importante como el clima para la adaptación de las especies de árboles tropicales.
- Crecimiento rápido inicial de árboles plantados es imprescindible para evitar costos prohibitivos de limpiezas y desyerbos.
- Para la producción de madera hay varias especies de árboles prometedores nativas pero hay árboles introducidos más productivos.
- Pocas de las especies de árboles exóticos se vuelvan invasoras.
- Las plantaciones no entresacadas a tiempo no producen madera en tiempo razonable.

LITERATURA CITADA

Beard, J.S. 1942. Summary of silvicultural experience with cedar (*Cedrela mexicana* Roem.) in Trinidad. The Caribbean Forester 3(3):91-102.

Briscoe, C.B. 1959. Early results from mycorrhizal inoculation of pine in Puerto Rico. The Caribbean Forester 20(3/4):73-77.

Gilormini, J.A. 1949. Manual para la propagación de árboles y el establecimiento de plantaciones en Puerto Rico. Río Piedras, Puerto Rico Puerto Rico Departamento de Agricultura y Comercio. Segunda edición. 109 p.

Holdridge, L.R. 1942. Trees of Puerto Rico. Río Piedras Puerto Rico. USDA Forest Service. Tropical Forest Experiment Station Occasional Paper 1. 105 p.

Holdridge, L.R. 1942. Trees of Puerto Rico. Río Piedras, Puerto Rico. USDA Forest Service. Tropical Forest Experiment Station Ocassional Paper 2. 105 p.

Kramer, W.P. 1929/30. Informe de la División Forestal, Departamento de Agricultura y Trabajo. Revista de Agricultura (PR) 25:104-117, 129.

Marrero, J. 1948. Repoblación forestal en el Bosque Nacional Caribe de Puerto Rico: Experiencia en el pasado como guía para el futuro. The Caribbean Forester 9(2):148-213.

Marrero, J. 1950. Resultados de la repoblación forestal en los Bosques Insulares de Puerto Rico. The Caribbean Forester 11(4):151-195.

ACTA CIENTÍFICA is the multidisciplinary journal of the Puerto Rico Science Teachers Association. ACTA publishes research papers in any scientific field, i.e. physics, chemistry, biochemistry, botany, zoology, ecology, biomedics, medicine, behavioral psychology, and/or mathematics. An *article* describes a complete definite study. *Notes* describe a complete project, shorter, and osually referring to original findings or important modifications of previously described techniques. *Essays* discuss general scientific problems but are not based on original experimental results. *Reviews* discuss the most recent literature on a given subject.

Manuscripts should be sent io triplicate to the Editor, who will submit them for review to a referee in the field of science involved. Acceptance of papers will be based on their scientific content and presentation of material according to **ACTA's** editorial norms. Manuscripts can be presented in English or Spanish. Papers submitted for publication should be concise and appropriate in style and use of abbreviation. Submission of a manuscript implies it has not been published nor is being considered for publication by any other joumal.

Ariel E. Lugo
Editor Acta Científica
International Institute of Tropical Forestry
USDA Forest Service
1201 Ceiba St., Jardín Botánico Sur
Río Piedras, PR 00926-1119

In order to ensure due consideration to each manuscript, authors are advised to consult the fnllowing INSTRUCTIONS TO AUTHORS.

- Manuscripts should be accompanied by a summary in Spanish and an abstract in English, double-spaced and on separate pages, headed by the complete title of the paper translated into English/ Spanish in each case. The title should be informative and short, generally no longer than 12 words; a shorter title (no more than 40 letters) in the paper's original language should be included for use as a running head.

- Figures and photos should identified on the reverse side by sequential number, first author's name, and manuscript title. A list of figures with corresponding legends should be typed double- spaced on separate pages.

- Tables should be typed double-spaced, presented on separate pages, numbered consecutively, have a short title, sod be precise. Do not repeat the same material in figures and tables.

- Authors should use the metric system for their measurement. Consult the International System of Units (SI) as a guide in the conversion of measurements. When preparing text and figures, note in particular that SI requires: (1) the use of the terms "mass" or "force" rather than "weight"; (2) when one unit appears in a denominator, use the solidus (e.g. g/m^2); for two or more units a denominator, use one solidus and a period (e.g. $g/m^2.d$); (3) use the capital "L" as the symbol for litre.

- Assemble the parts of the manuscript in this order: title page, abstract, text, acknowledgements, literature cited, appendices, tables, figure legends, and figure. Number all pages.

- We recommend authors accompany the manuscript text with a list of all appendices, figures, photos, tables, etc.

ACTA provides authors with 25 reprints of each article, free of cost. Additional reprints can be ordered at the time of receiving the galleys.

The Editor is responsible for unsigned comments and editorials. The Science Teachers Association of Puerto Rico does not necessarily agree with any opinions expressed in **ACTA** nor do these opinions represent those of any individual member. Readers are cordially invited to make comments by sending letters to the Editor. This journal serves so commercial interest and does not provide economic benefit to its editors.

ACTA CIENTÍFICA

TABLA DE CONTENIDO

EDITORIAL 1

Sección Especial Sobre Bosques Novedosos

Densidad de artrópodos activos en la superficie del suelo de un bosque novedoso de *Castilla elastica* 3
María M. Rivera Costa, Ariel E. Lugo y Shalom V. Vázquez

Balance de carbono en un bosque novedoso de *Castilla elastica*: resultados preliminares 13
Ariel E. Lugo, Jéssica Fonseca da Silva y Alejandra María Sáez Uribe

Estructura y química del suelo en un bosque de *Castilla elastica* en el carso del norte de Puerto Rico: resultados de una calicata 29
Christian A. Viera Martínez, Oscar J. Abelleira Martínez y Ariel E. Lugo

Observations on the fauna that visit African tulip tree (*Spathodea campanulata* Beauv.) forests in Puerto Rico 37
Oscar J. Abelleira Martínez

ARTÍCULOS

Root nodulation in the wetland tree *Pterocarpus officinalis* along coastal and montane systems of Northeast of Puerto Rico 45
Rachel Pérez and Tamara Heartsill Scalley

Ordinal abundance and richness of millipedes (Arthropoda: Diplopoda) in a subtropical wet forest in Puerto Rico 57
Christina M. Murphy, Grizelle González, and Juliana Belén

La política forestal del manglar en Puerto Rico durante el siglo XIX: el caso del manglar de Jobos, las Mareas, Caño Grande y Punta Caribede Guayama 67
Carlos M. Domínguez Cristóbal

NOTAS

Apuntes en torno a la tenencia, la toponimia y usos de la tierra en la Sierra de Luquillo según la "relación general de los montes de Puerto Rico de 1867" 79
Carlos M. Domínguez Cristóbal

La celebración del día del árbol en Puerto Rico (1897-1903) 87
Carlos M. Domínguez Cristóbal

Presencia de las palmas en los escudos municipales de Puerto Rico 95
Carlos M. Domínguez Cristóbal

Apuntes en torno al establecimiento y desarrollo de un sistema de veredas interpretativas en los bosques o reservas naturales de Puerto Rico: la presencia de la toponimia, la tenencia y usos de la tierra 99
Carlos M. Domínguez Cristóbal

La reforestación gubernamental en Puerto Rico 105
Frank H. Wadsworth