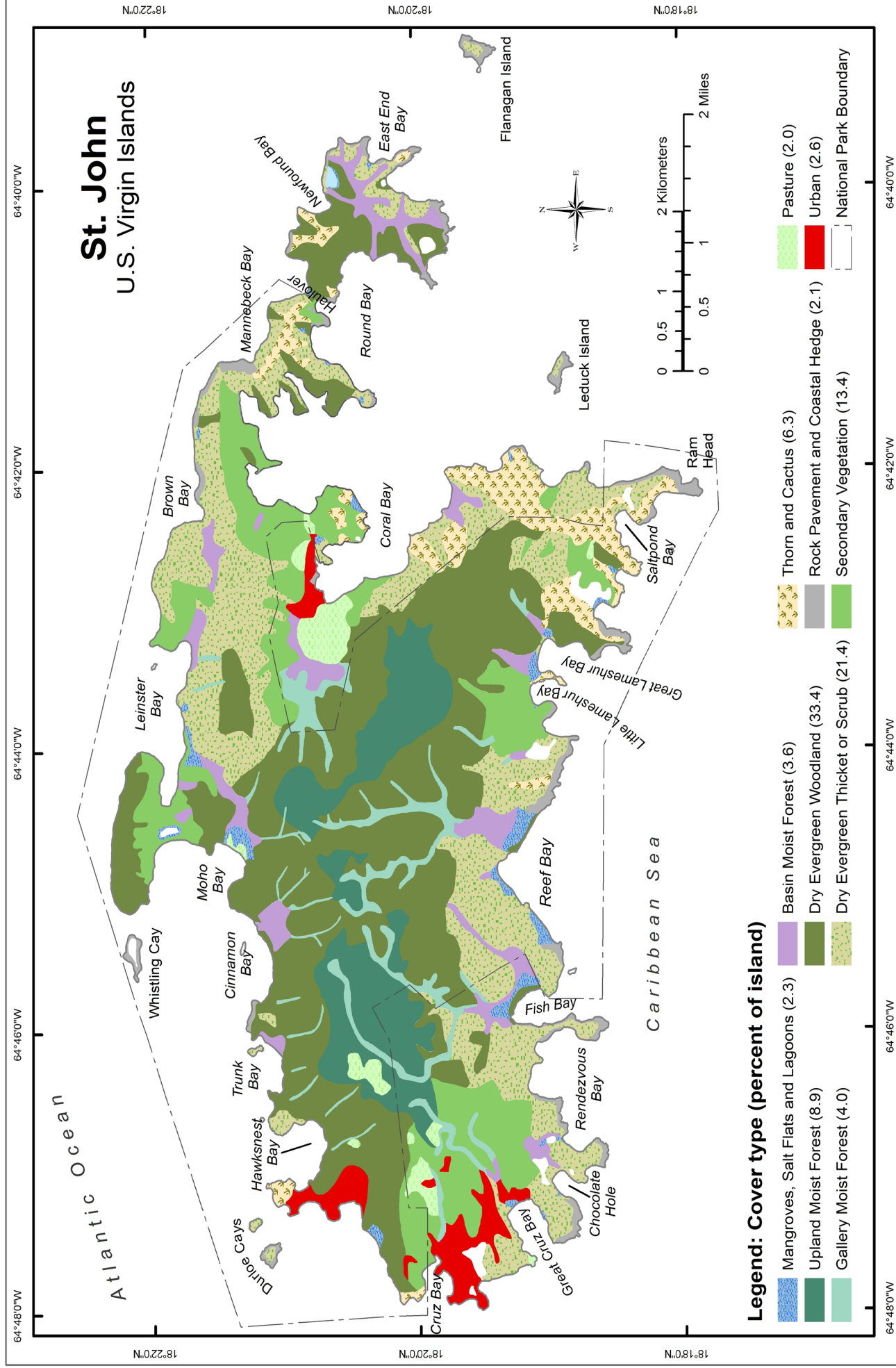




ACTA CIENTÍFICA

TABLA DE CONTENIDO

EDITORIAL	1
ARTÍCULOS	
Aves municipales oficiales de Puerto Rico <i>Carlos M. Domínguez Cristóbal</i>	3
Hurricane recovery at Cabezas de San Juan, Puerto Rico, and research opportunities at conservation trust reserves <i>Peter L. Weaver and Elizabeth Padilla Rodríguez</i>	12
Long-Term diameter growth for trees in the Cinnamon Bay Watershed <i>Peter L. Weaver</i>	23
Comparación entre los flujos de escorrentía pluvial y aguas subterráneas que nutren la reserva estuarina de la bahía de Jobos en Salinas, Puerto Rico <i>Ferdinand Quiñones</i>	35
Regeneración boscosa en un parque urbano en Río Piedras: recomendaciones para incrementar la biodiversidad <i>Oscar J. Abelleira Martínez y Manuel S. Sanfiorenzo de Orbeta</i>	49
ENSAYOS	
El Historiador en una institución científica (Instituto Internacional de Dasonomía Tropical) apoyo o controversia <i>Carlos M. Domínguez Cristóbal</i>	60
El matuhi de los matojos y el gato del farolero: ¿Ciencia o folclor ecológico? <i>Francisco Watlington Linares</i>	64
Guaraguaos, Ardillas, Cotorras y Cuervos en el “Central Park” de Puerto Rico <i>Francisco Watlington Linares</i>	69
NOTAS	
Conserva a Puerto Rico con bosques maderables <i>Frank H. Wadsworth</i>	73
Apuntes en torno a la caoba dominicana y hondureña en Puerto Rico durante el siglo XIX e inicios del siglo XX <i>Carlos M. Domínguez Cristóbal</i>	81
La flor del tulipán africano (<i>Spathodea campanulata</i>): candidato idóneo a flor oficial del pueblo de Loíza <i>Carlos M. Domínguez Cristóbal</i>	86
Presencia de las aves en los escudos municipales de Puerto Rico <i>Carlos M. Domínguez Cristóbal</i>	88

Early assessment of the trees of the Luquillo Mountains	96
<i>Frank H. Wadsworth</i>	
Topographic frequency of trees in the tabonuco forest of the Luquillo Mountains	97
<i>Frank H. Wadsworth</i>	
Unas opciones para muestras de la naturaleza	100
<i>Frank H. Wadsworth</i>	
From Puerto Rico with love: the Coqui invades Hawaii	103
<i>Francisco Watlington Linares</i>	
Índice de Acta Científica, Volúmenes 16-20 (2002-2006).....	104
<i>Irma Quiñones y Danilly Ramos</i>	
Índice de autores	105
Índice de títulos	110
Índice de materias	113

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 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, or mathematics. An *article* describes a complete definite study, *Notes* describe a complete project, are shorter, and usually refer 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 in by mail or email 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 abbreviations. Submission of a manuscript implies it has not been published nor is being considered for publication by any other journal.

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
alugo@fs.fed.us

In order to ensure due consideration to each manuscript, authors are advised to consult the following 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. Use of keywords to describe the article is recommended.
- Literature cited should be in the style used in the journal *Ecology*.
- Figures and photos should be 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, and be precise. Do not repeat the same material in figures and tables.
- Figures and tables should not be embedded in the text but should be presented as separate files.
- 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/m²); for two or more units in a denominator, use one solidus and a period (e.g. g/m².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 figures. 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 and a .pdf, 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 no commercial interest and does not provide economic benefit to its editors.

PORTADA

Los bosques de la isla de St. John de las Islas Vírgenes de los Estados Unidos de Norte América.

El artículo del Dr. Peter L. Weaver en la página 23 contiene más detalles sobre estos bosques.

**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
Secretario	Prof. Daniel Vázquez
Secretaria ejecutiva	Laura Ortiz
Tesorera	Myrna Labrador
Subtesorero	Elliot Velázquez

REPRESENTANTES DE CAPÍTULO REGIONALES

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

MIEMBRO EX-OFICIO

COLABORADORES

ASESOR
Dr. Ariel E. Lugo
Profa. Carmen Varela

Profa. Nilda Doris Ramos

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

Este es el segundo volumen electrónico de Acta Científica. A partir del volumen 22 **Acta** solo se publicará en versión electrónica. El cambio obedece a la necesidad de reducir los costos de impresión de la revista, lo cual le ahorra dinero a la Asociación de Maestros de Ciencia de Puerto Rico. En el presente estamos trabajando en la incorporación de Acta Científica en el listado global de revistas electrónicas. Para lograrlo debemos satisfacer una serie de requisitos que pronto cumpliremos. Por ejemplo, hemos obtenido fondos de la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América para establecer una página cibernética para **Acta**. Tal página nos permitirá comunicarnos con los lectores y manejar los manuscritos y difundir la revista con mayor efectividad. Oportunamente notificaremos el establecimiento de la página que está a cargo del programa de Educación de Conservación de Investigaciones Ecológicas a Largo Plazo (LTER por sus siglas en inglés). El programa de LTER es una colaboración entre la Universidad de Puerto Rico, El Servicio Forestal de los Estados Unidos de América y la Fundación Nacional de Ciencias.

En este volumen de **Acta** incluimos el índice de los volúmenes 16 al 20 preparado en esta ocasión por Irma Quiñones, Bibliotecaria de la Universidad de Puerto Rico y su estudiante Danilly Ramos. Agradecemos a estas dos bibliotecarias el servicio que les ofrecen a nuestros lectores. Gracias a ellas los lectores de **Acta** pueden encontrar con facilidad el contenido de la revista, sus autores y los temas tratados en los artículos. Este volumen de **Acta** también contiene importantes artículos sobre hidrología, dasonomía, ecología e historia de Puerto Rico al igual que varios ensayos.

Ariel E. Lugo
Editor

AVES MUNICIPALES OFICIALES 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 00926-1119

RESUMEN

Las aves constituyen uno de los recursos de muy poco uso como símbolo oficial representativo de los municipios en Puerto Rico. Es muy probable que la decisión que más pueda influenciar en esa selección esté relacionada con la movilidad de las aves ya que éstas no se limitan a una municipalidad en específico. No obstante, unos siete municipios poseen aves como parte integrante de sus escudos municipales. Por otro lado, la utilización de las aves como símbolo oficial de los municipios no solo se circunscribe a los escudos municipales.

El propósito de este artículo es el de ofrecer una relación de las aves municipales oficiales de Puerto Rico a inicios del 2011. Para lograr ese objetivo nos circunscribimos a las ordenanzas o resoluciones municipales a la vez que ofrecemos unas pinceladas informativas de las aves que han sido así reconocidas en la heráldica puertorriqueña. Al unísono queremos destacar que, hasta el presente, la presencia de aves en los escudos municipales no guarda una relación directa con el ave municipal oficial y que el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IIDT) a través de su historiador es el promotor de este proyecto al igual que lo respectivo para con los árboles y las flores municipales oficiales.

Los escudos municipales oficiales de Puerto Rico que poseen aves son los siguientes: un y dos águilas en Morovis y San Germán respectivamente, una paloma sabanera en Cidra, dos gallos de pelea en Isabela, cuatro cuervos en Patillas, dos cotorras puertorriqueñas en Río Grande y dos gaviotas en Fajardo. Sin embargo, el único de esos municipios que hasta inicios del 2011 reconoce el ave municipal descrito en su escudo como el ave municipal oficial le corresponde a Cidra (Asamblea Municipal de Cidra 2000).

Las aves municipales oficiales que han sido seleccionadas en Puerto Rico son las siguientes: el pitirre en Caguas, Ponce, Morovis, Las Piedras y Guayama; la reinita en Ciales y Coamo; la rolita en Canóvanas y Barceloneta; el San Pedrito en Ceiba y Jayuya; el ruiseñor en Orocovis y Quebradillas;

la gaviota en Dorado; el chango en Naranjito, la paloma sabanera en Cidra, el buho en Humacao; el guaraguao en Guaynabo y la reina mora también en Ponce (Tabla 1). Del examen de esos datos se desprende que Ponce es el único municipio que posee dos aves municipales oficiales.

Hacia inicios del 2011 el pitirre figura como el ave que ha sido seleccionado en el mayor número de los municipios que han llevado a cabo este proyecto. No obstante, existe una gran similitud entre los motivos que han conducido a los municipios de Caguas, Morovis, Las Piedras, Ponce y Guayama en dicha selección. Entre esos motivos se destacan la valentía y la lucha contra toda adversidad que se han adjudicado a dicha ave, como símbolo o característica, a través de la historia de esos pueblos.

TABLA 1. Cronología de la designación de las aves municipales oficiales de Puerto Rico.

Municipio	Ordenanza/Resolución	Designación
Ciales	Resolución núm. 13 Serie 1994-1995 30 mayo 1995	Reinita
Coamo	Ordenanza núm. 31 Serie 1995-1996 3 abril 1996	Reinita
Canóvanas	Ordenanza núm. 15 Serie 1996-1997 13 febrero 1997	Rolita
Orocovis	Ordenanza núm. 16 Serie 1996-1997 5 junio 1997	Ruiseñor
Dorado	Ordenanza núm. 9 Serie 1997-1998 14 agosto 1997	Gaviota
Naranjito	Ordenanza núm. 6 Serie 1997-1998 10 septiembre 1997	Chango
	Ordenanza núm. 11 Serie 1998-1999 10 diciembre 1998	
Ceiba	Ordenanza núm. 15 Serie 1997-1998 8 octubre 1997	San Pedrito
Caguas	Ordenanza núm. 21 Serie 1997-1998 6 noviembre 1997	Pitirre
Ponce	Ordenanza núm. 109 Serie 1997-1998 8 junio 1998	Reina Mora/Pitirre
Morovis	Ordenanza núm. 1 Serie 1998-1999 14 agosto 1998	

TABLA 1. Cronología de la designación de las aves municipales oficiales de Puerto Rico. (continuación).

Municipio	Ordenanza/Resolución	Designación
Las Piedras	Ordenanza núm. 21 Serie 1999-2000 24 abril 2000	Pitirre
Cidra	Ordenanza núm. 43 Serie 1999-2000 30 mayo 2000	Paloma Sabanera
Guayama	Resolución núm. 5 Serie 2000-2001 27 septiembre 2000	Pitirre
Barceloneta	Ordenanza núm. 56 Serie 2001-2002 10 abril 2002	Rolita
Guaynabo	Ordenanza núm. 181 Serie 2002-20003 14 marzo 2003	Guaraguao
Humacao	Ordenanza núm. 4 Serie 2003-2004 4 septiembre 2003	Buho
Quebradillas	Ordenanza núm. 7 Serie 2003-2004 20 abril 2004	Ruiseñor
Jayuya	Ordenanza núm. 47 Serie 2009-2010 25 febrero 2010	San Pedrito

“El pitirre, imagen de una actitud valiente y perseverante de este pueblo ante los problemas sociales, desde el tiempo aborigen del Cacique Caguax” (Asamblea Municipal de Caguas 1997).

“El pitirre, ave símbolo de Caguas en nuestra historia cultural y literaria, es la imagen metafórica de libertad del espíritu y conciencia nacional en defensa de lo autóctono, de nuestra insobornable puertorriqueñidad.

La capacidad de combate de ese pájaro criollo, su fervor en cuidar su territorio vital

representa esa lucha valerosa en la afirmación de nuestra personalidad puertorriqueña.” (Municipio Autónomo de Caguas 1997).

“El pitirre de Puerto Rico es un ave de nuestra zona rural y urbana y que goza de las cualidades de gran luchador aún con pájaros de mayor tamaño, como el guaraguao y es símbolo de los pueblos que luchan.” (Asamblea Municipal de Guayama 2000).

“El pitirre que nos anuncia la aurora, que surca fuerte y resuelto el espacio aéreo moroveño ha de representar el espíritu de verdadera fe en Jesucristo

que ha hecho de Morovis un pueblo profundamente religioso y que permite que cada adversidad individual o colectiva tenga una esperanza como actitud de lucha” (Asamblea Municipal de Morovis 1998).

“El pitirre representa la actividad valiente y perseverante de nuestro pueblo en momentos de adversidad” (Asamblea Municipal de Las Piedras 2000).

“Reina mora y el pitirre son dos especies nativas que abundan en la región y su melodioso trino le canta a esta ciudad” (Asamblea Municipal de Ponce 1998).

El pitirre es también utilizado, entre otras manifestaciones culturales de Puerto Rico, en la literatura, la música y el refranero popular como un símbolo de valentía o de lucha por la independencia del país. Ejemplos ilustrativos de ello lo son el refrán *“Cada guaraguo tiene su pitirre”* (Gómez 1990) y el poema *“Alabanza en la Torre de Ciales”* del poeta Juan A. Corretjer Montes cuando describe lo siguiente

*“El pitirre es pequeñín, altivo y rico en maña.
Nunca se mira el tamaño su valentía alebrestada.
(El guaraguo es muchas veces sus alas).
Pero él es veloz, es ágil; su fuerza se agiganta
En el combate, su pico se multiplica en la batalla”*
(Medina López 1984).

Por su parte Virgilio Dávila en el inicio del poema *“El Pitirre”* entabla una símil entre el pitirre y el ave municipal de los pueblos de Orocovis y Quebradillas, el ruiñeñor.

*“Leve pajarito de la tierra mía
De plumaje pardo como el ruiñeñor,
Nuncio de la aurora, pomo de alegría
Déja que en mi canto te celebre yo”* (Dávila 2000).

El pitirre como un símbolo de la lucha por la independencia de Puerto Rico es expresado, entre otras obras poéticas, en *“Cantos de pitirre”*, el último libro inédito hasta 1950 y que escribiera dos años antes de fallecer el ilustre y distinguido poeta, José De Diego (Rivera de Álvarez 1983).

La reinita fue la primera ave en ser reconocida oficialmente por un municipio mediante la inherencia del IIDT (Asamblea Municipal de Ciales 1995). Esa distinción se efectuó con motivo de la celebración del 175 aniversario de la fundación de dicho pueblo (Martínez Rosario 1996). La distribución de la reinita a través de todo el país fue utilizado como una símil simbólica y representativa de la emigración cialeña.

El segundo pueblo en esa gloriosa gesta, para con la reinita, lo constituyó el municipio de Coamo. El *“Por Cuanto”* de la respectiva ordenanza lee de la forma siguiente:

“La reinita un ave autóctona de Puerto Rico, muy mansa, que arrulla con sus trinos nuestros hogares; frecuenta nuestros jardines y patios en busca del néctar de las flores, fabrica sus vidas en lámparas, ventanas y arbustos cercanos siendo una ave amigable que entra en nuestras casas sin temor” (Asamblea Municipal de Coamo 1996).

Los motivos por las cuales la reinita fue reconocida como el ave municipal oficial en Ciales y Coamo posee un paralelismo, con las iniciativas que otros exponentes han descrito, para que esta ave sea reconocida como el ave nacional de Puerto Rico (Domínguez Cristóbal 1994). Entre esos motivos figuran el reconocimiento de que es el ave más común y abundante del país.

Virgilio Biaggi, un estudioso de las aves puertorriqueñas, escribió sobre la reinita lo siguiente:

“Si algún día se escogiere a un ave nacional de Puerto Rico se le debiera primera opción a ésta conocida y querida de todos. Sus condiciones de ser un ave sub específicamente autóctona de la

Isla, su abundancia y distribución en todo Puerto Rico y ser conocido por todos la acreditan para significarle como ave nacional” (Biaggi 1970).

El San Pedrito es el ave municipal oficial de los pueblos de Ceiba y Jayuya. A pesar de los “Por Cuanto” y los “Por Tanto” que poseen las ordenanzas de tales municipios éstos hacen causa común entre el paralelismo existente entre los colores del San Pedrito y las banderas de esos municipios.

“Por Cuanto: Al establecer un ave como símbolo de nuestro municipio demostramos nuestro interés por mejorar el ambiente y establecer un vínculo entre el hombre y la naturaleza.

Por Cuanto: El San Pedrito es entre todos las especies pertenecientes a nuestra fauna, el candidato más idóneo para ser seleccionado como el ave simbólica del Municipio de Ceiba.

Por Tanto: La principal razón simbólica por la cual se le atribuye tal distinción guarda una íntima relación entre los colores de la bandera de Ceiba y los que posee esta ave: rojo, verde y amarillo.

Por Tanto: La Fortaleza y el espíritu luchador de esta ave es típico de la gente de Ceiba (Asamblea Municipal de Ceiba 1997).

Por su parte la “Sección Cuarta” del único “Por Cuanto” de la Ordenanza Municipal de Jayuya que oficializa al San Pedrito como el ave municipal describe que:

“Establecer que será parte de esta Ordenanza, una explicación narrativa de cada uno de los símbolos emblemáticos y la razón para que se le asocie como parte de la personalidad de nuestro pueblo” (Legislatura Municipal de Jayuya 2010).

El documento denominado “Simbología Jayuyana” es la explicación narrativa que la ordenanza antes descrita señala.

“Ave endémica de Puerto Rico. Anida en las barrancas. Es un diminuto pájaro forestal de

llamativo plumaje. La cola es corta, las partes superiores son verde esmeralda y la garganta es rojo brillante, al igual que la mandíbula inferior. Los flancos están teñidos de amarillo blancuzco. Los ojos son grises en los machos, blancos en las hembras...Tiene los colores de la bandera de Jayuya” (Legislatura Municipal de Jayuya 2010).

La rolita es el ave municipal oficial de los pueblos de Canóvanas y Barceloneta. En Canóvanas el rol protagónico de ese reconocimiento se recoge en uno de los “Por Cuanto” de la ordenanza que oficializa tal distinción.

“Los estudiantes de nivel superior del pueblo de Canóvanas eligieron los símbolos municipales mediante sufragio; escribiendo una página en la historia cultural de nuestro pueblo y haciendo una valiosa aportación a las generaciones futuras” (Asamblea Municipal de Canóvanas 1997).

Por otro lado, se especificó, contrario a Barceloneta, el simbolismo que dicha ave representa para Canóvanas.

“La rolita de Puerto Rico es un ave mansa que frecuente mucho nuestro pueblo en la zona rural y urbana; fabrica sus nidos en canastas, ventanas y arbustos cercanos, siendo muy estimada por toda la comunidad y amada por los niños.

Su manera de ser es símbolo de la humildad, el amor y la hospitalidad que caracterizan a los canovanenses” (Asamblea Municipal de Canóvanas 1997).

En Barceloneta esa gesta histórica le correspondió a la Junta de Directores de su Centro Cultural. Ante la evaluación y recomendación de unanimidad de esa institución cultural, la Legislatura Municipal de Barceloneta procedió a tal designación (Legislatura Municipal de Barceloneta 2002).

Adjunto a los datos antes descritos resulta llamativo que la descripción científica de la rolita constituye uno de los “Por Cuanto” de la ordenanza

de Barceloneta mientras que en la de Canóvanas ésta es incluida como un apéndice el cual posee una foto de la especie.

El chango, cuyo nombre científico es *Quixcalus niger brachypterus*, es el ave municipal oficial del pueblo de Naranjito (Asamblea Municipal de Naranjito 1997). Los motivos iniciales para su selección estaban basados en la abundancia de esta especie dentro de la jurisdicción naranjiteña así como el de su utilización como símbolo en el desempeño deportivo, en especial, del volleyball. Por otro lado, el chango, es un símbolo de mayor envergadura en la municipalidad de Naranjito.

“simboliza la humildad y la perseverancia de nuestra gente en la búsqueda del bienestar común y el aprecio por nuestra vida, cifrada en el amor a Dios y a nuestro prójimo. Sus cantos y tonadas representan al trovador nuestro, que aún en los tiempos más difíciles entona un canto a Dios y a la naturaleza, que mitigan el dolor y tranquiliza el alma. Anteriormente se sembraban granos como el arroz y el maíz y había que estar espantándoles de las plantaciones. Pero al dejar de cultivar estos granos, el chango disminuyó grandemente. Era tal el número de changos que había que los pueblos vecinos empezaron a llamarnos El Pueblo de los Changos (Asamblea Municipal de Naranjito 1998).

La gaviota, cuyo nombre científico es *Sterna hirundo hirundo*, es el ave municipal oficial del pueblo de Dorado. Ante la ubicación del pueblo de Dorado en el litoral costero del país y la presencia de esta ave en dicha municipalidad durante los meses de verano, ésta fue seleccionada a tal categoría.

“Es ave pequeña que frecuenta las costas de Puerto Rico, siendo común vérselo en el litoral Atlántico de Dorado durante los meses de verano (Asamblea Municipal de Dorado 1997).

El guaraguao es el ave municipal oficial del pueblo de Guaynabo. Su selección estuvo basada en la votación directa de los estudiantes del Distrito Escolar de Guaynabo. Los motivos que llevaron a tal distinción fueron el que

*“El guaraguao (*Buteo jamaicensis jamaicensis*) es el nombre de uno de los barrios de Guaynabo, así como el nombre de una de las aves más observadas en la municipalidad” (Legislatura Municipal de Guaynabo 2003).*

No obstante, desconocemos si la voz o palabra que da origen al nombre de este barrio esté relacionado a la presencia de la especie arbórea así denominada en otra época y cuyo nombre científico es *Guarea guidonea* o si se debió a la presencia o abundancia del ave antes mencionada en épocas anteriores por dichos lares. De ahí que posteriores estudios sobre la toponimia puedan ofrecer más datos en futuras investigaciones (Torrech San Inocencio 1998).

Entre las diversas manifestaciones de la literatura puertorriqueña se ubica al guaraguao como un símbolo de la fuerza. Ejemplo de ello lo constituyen los poemas “Al guaraguao” de José de Diego (Rivera de Álvarez 1983) y “Oda al guaraguao” (Vicéns 1997). Por otro lado, el guaraguao ha sido contemplado para ser considerado como parte integrante del diseño de un nuevo escudo municipal para Ciales (Vicéns 1997).

El buho es el ave municipal oficial del pueblo de Humacao. Dicha ave resultó favorecida en un sondeo que se llevó a cabo entre los estudiantes de sexto grado del Distrito Escolar de Humacao. Ante esa consideración el Comité de árbol, flor y ave del municipio de Humacao, el cual era presidido por Rosa Plumey de Trujillo, Primera Dama de Humacao, efectuó lo propio para que el buho fuera declarado como el ave municipal oficial.

La asociación mitológica de esa ave con la sabiduría es expuesta entre los datos que se encuentran como apéndice de la ordenanza que oficializa tal ejecutoria.

“En la mitología es el ave de la sabiduría. Esos ojos grandes, fijos, nos hablan de un pensamiento y de una visión de un ave meditativa y contemplativa de la naturaleza y de las cosas que le rodean” (Legislatura Municipal de Humacao 2003).

Por otro lado, dado de que el buho es la mascota oficial de la Universidad de Puerto Rico en Humacao ello contribuyó a tal distinción. Ante esa situación, dicha institución universitaria participó muy activamente en la celebración del pueblo de Humacao para oficializar dicho símbolo.

El ruiseñor es el ave oficial de los municipios de Quebradillas y Orocovis. No obstante, en cada uno de estos pueblos asumió el rol protagónico de ese proyecto los siguientes individuos: Juan Manuel Delgado Colón en Orocovis y Harold N. Rivera Medina en Quebradillas. Sin embargo, los mecanismos para hacer de ese proyecto una realidad variaron de un pueblo a otro.

Juan Manuel Delgado Colón recibió el galardón del primer premio en un certamen literario auspiciado por el Municipio de Orocovis. Ante esa situación su ensayo constituye un apéndice de la ordenanza respectiva. Entre las razones o motivos que se destacan en el ensayo se señala lo siguiente

“... es una de las aves más hermosas de Puerto Rico... debe ser considerado como símbolo porque es un ave que abunda en todos los barrios de Orocovis. No obstante, adorna la campiña de Orocovis, también podemos observarlo en el área urbana...debe ser escogido como símbolo de Orocovis porque esta ave es un símbolo en sí mismo. Todos los días escuchamos en todo Orocovis el canto alegre y hermoso del ruiseñor. Es un ave cantor con la cual se identifican todos los trovadores...Y desde sus orígenes, como pueblo, Orocovis es tierra de trovadores...Los que tienen el arte de improvisar siempre han visto al ruiseñor como el ave que los representa. Lo tienen como símbolo, porque de todas las aves de Puerto Rico, el canto más extenso, y melodioso es el del ruiseñor. También es el ave que tiene el cántico más variado; puede producir hasta dieciocho cánticos distintos” (Delgado Colón 1997).

Por consiguiente uno de los “Por Cuanto” de la ordenanza que oficializa al ruiseñor como el ave símbolo de Orocovis destaca que

“El ruiseñor es ave autóctono de Puerto Rico, con su bello y hermoso plumaje, así como con su variado trinar agradable le añade al ambiente puertorriqueño un detalle particular. Esta hermosa ave es fácilmente comparable con tantos músicos y cantantes orocoveños que mucha gloria han regalado a nuestro pueblo” (Asamblea Municipal de Orocovis 1997).

El ruiseñor también ha sido utilizado por varios escritores como el título sugestivo de varias obras literarias. Entre ellas se ubican el poemario “El ruiseñor extraviado” de Carlos N. Carreras, la obra de teatro “Todos los ruiseñores cantan” de Luis Rechani Agrait (Rivera de Álvarez 1983) y el poemario “El ruiseñor y el olvido” de Francisco Lluch Mora el cual fue premiado por el Instituto de Cultura Puertorriqueña (Enciclopedia Puertorriqueña Siglo XX 1998).

En el proceso de la selección del pitirre como el ave municipal oficial de Quebradillas laboraron de forma significativa varias instituciones educativas, civiles y culturales. Ello obedecía a la iniciativa de Harold N. Rivera Medina cuando radicó una petición ante la Legislatura Municipal de Quebradillas para que se designara el ave representativa de Quebradillas (Legislatura Municipal de Quebradillas 2004). Ante esa situación y dado el consenso manifestado por la Casa de la Cultura Mabodamaca, la Liga Ecológica de Quebradillas y el Distrito Escolar de Quebradillas, la Legislatura Municipal de ese pueblo designó al ruiseñor como el ave representativa de esa municipalidad. No obstante, la ordenanza respectiva no describe las razones o motivos de esa designación.

La inclusión de las aves municipales oficiales como parte integrante de la información turística que ofrecen los municipios constituye un atractivo adicional en esa dirección. Testimonio de ello se ha efectuado, entre otros pueblos, en Orocovis (Departamento de las Artes, Turismo, Cultura e Informática del Municipio de Orocovis 2010), Coamo (Municipio Autónomo de Coamo 2011) y Canóvanas (Municipio de Canóvanas 1997). Por

otro lado, la talla artesanal de las aves representa un gran potencial en dicha dinámica. El recién fenecido artesano oriundo de Jayuya, Elpidio Collazo, constituye uno de los ejemplos más significativos para el incremento de la talla de las aves municipales oficiales en Puerto Rico. De ahí que su obra, su legado, está representado por un conjunto de piezas de un gran valor histórico y artesanal. Entre sus tallas referentes a las aves se ubican el San Pedrito, la Paloma Sabanera y la Reina Mora (Nogueras, Borrás y Dávila 2006). Por consiguiente, la talla de las aves municipales oficiales de Puerto Rico constituye un renglón dentro de las artesanías del país que se irá incrementando a medida que los municipios de Puerto Rico seleccionen sus respectivas aves municipales oficiales.

BIBLIOGRAFÍA

- Asamblea Municipal de Caguas. 1997. Ordenanza núm. 21. Serie 1997-1998.
- Asamblea Municipal de Canóvanas. 1997. Ordenanza núm. 15. Serie 1996-1997.
- Asamblea Municipal de Ceiba. 1997. Ordenanza núm. 15. Serie 1997-1998.
- Asamblea Municipal de Ciales. 1995. Resolución núm. 13. Serie 1994-1995.
- Asamblea Municipal de Cidra. 2000. Ordenanza núm. 43. Serie 1999-2000.
- Asamblea Municipal de Coamo. 1996. Ordenanza núm. 31. Serie 1995-1996.
- Asamblea Municipal de Dorado. 1997. Ordenanza núm. 9. Serie 1997-1998.
- Asamblea Municipal de Guayama. 2000. Resolución núm. 5. Serie 2000-2001.
- Asamblea Municipal de Las Piedras. 2000. Ordenanza núm. 21. Serie 1999-2000.
- Asamblea Municipal de Morovis. 1998. Ordenanza núm. 1. Serie 1998-1999.
- Asamblea Municipal de Naranjito. 1997. Ordenanza núm. 6. Serie 1997-1998.
- Asamblea Municipal de Naranjito. 1998. Ordenanza núm. 11. Serie 1998-1999.
- Asamblea Municipal de Orocovis. 1997. Ordenanza núm. 16. Serie 1996-1997.
- Asamblea Municipal de Ponce. 1998. Ordenanza núm. 109. Serie 1997-1998.
- Biaggi, V. 1970. Las aves de Puerto Rico. Río Piedras: Editorial de la Universidad de Puerto Rico, p. 277.
- Dávila, V. 2000. Aromas de mi terruño. San Juan: Editorial Cordillera, Inc., p. 111.
- Delgado Colón, J. 1997. El ave símbolo de Orocovis. Orocovis, Puerto Rico. pp. 1-7.
- Departamento de las Artes, Turismo, Cultura e Informática del Municipio de Orocovis. 2010. Orocovis: Centro Geográfico de Puerto Rico, Graficom. p. 9.
- Domínguez Cristóbal, C. 1994. "La reinita: candidata a ave nacional de Puerto Rico" Acta Científica 8(3):139-140.
- Enciclopedia Puertorriqueña Siglo XXI. 1998. Caribe Grolier Inc. Vol. 4. p. 241.
- Gómez, R. 1990. Refranero popular: desde mi pueblito nuevo. República Dominicana: Editorial Corripio, C. por A. p. 34.
- Legislatura Municipal de Barceloneta. 2002. Ordenanza núm. 56. Serie 2001-2002.
- Legislatura Municipal de Guaynabo. 2003. Ordenanza núm. 181. Serie 2002-2003.
- Legislatura Municipal de Humacao. 2003. Ordenanza núm. 4. Serie 2003-2004.
- Legislatura Municipal de Jayuya. 2010. Ordenanza núm. 47. Serie 2009-2010.
- Legislatura Municipal de Quebradillas. 2004. Ordenanza núm. 7. Serie 2003-2004.
- Martínez Rosario, L. 1996. "Ciales celebra los 175 años de fundación", Ciales Ayer y Hoy. 14 (1):42.
- Medina López, R. 1984. Juan A. Corretjer. Poeta nacional puertorriqueño: cuarenta años de poesía

- (1927-1967). San Juan: Instituto de Cultura Puertorriqueña, pp. 104-105.
- Municipio Autónomo de Caguas. 1997. Nuestros símbolos: Pírrre, p. 1.
- Municipio Autónomo de Coamo. 2011. Coamo, vive la experiencia. Coamo: ICS Group, Inc. p. 26.
- Municipio de Canóvanas. 1997. Canóvanas, Ciudad de los Indios. Canóvanas, Puerto Rico. p. 12.
- Nogueras P., G. Borrás, y T. Dávila. 2006. Manos del pueblo: Artesanos de Puerto Rico. China: Asia Pacific, Phoenix Offset, pp. 86-87.
- Rivera de Álvarez, J. 1983. Literatura puertorriqueña: su proceso en el tiempo. Madrid: Ediciones Partenón, S. A. pp. 223, 278 y 465.
- Torrech San Inocencio, R. 1998. Los barrios de Puerto Rico. San Juan: Fundación Puertorriqueña de las Humanidades, p. 95.
- Vicéns, F. 1997. Sial es tu nombre: el origen del nombre de Ciales. Quebradillas: Imprenta San Rafael. pp. 35, 38-39, 48-49.

HURRICANE RECOVERY AT CABEZAS DE SAN JUAN, PUERTO RICO, AND RESEARCH OPPORTUNITIES AT CONSERVATION TRUST RESERVES

Peter L. Weaver

International Institute of Tropical Forestry
United States, Department of Agriculture, Forest Service
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1119

and

Elizabeth Padilla Rodríguez

Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico
P.O. Box 9023554
San Juan, Puerto Rico 00902-3554

ABSTRACT

The Cabezas de San Juan Natural Reserve (El Faro), an exposed peninsular area located in the Subtropical dry forest of northeastern Puerto Rico, was impacted by hurricanes Hugo (1989) and Georges (1998). From 1998 to 2008, a 0.10 ha plot was used to assess forest structure, species composition, and stem growth. During post-hurricane recovery, stem density, tree height, basal area, and aboveground woody biomass all increased on the plot. The 10-yr mean annual dbh (i.e., diameter at 1.4 m above the ground) growth was 0.11 ± 0.00 cm yr⁻¹ for the 181 stems of 16 species that survived the measurement period. All of the originally recorded tree species survived and two new ones entered the plot in 2004, one of which had disappeared by 2008. *Leucaena leucocephala* (Lam.) DeWit, an aggressive secondary species, showed the greatest increase in stems, gaining 470 ha⁻¹ in 10 years. Las Cabezas de San Juan is one of 29 properties totaling 9,820 ha that is managed by the Conservation Trust of Puerto Rico. Conservation Trust properties offer educational and research opportunities for cooperators.

Key words: *Subtropical dry forest, Leucaena leucocephala, hurricanes, diameter growth, Puerto Rico Conservation Trust properties.*

INTRODUCTION

The 178-ha northeastern tip of Puerto Rico, locally known as Las Cabezas de San Juan Natural Reserve (hereafter called El Faro), is an area with a long history. Indians crossing the Caribbean were the first sailors to use the promontories as reference points; subsequently, during the island's settlement and colonization, the offshore waters became the final resting place for numerous sunken

vessels (Cardona Bonet 1989). El Faro's historic lighthouse, built in 1880, stands on the local highpoint (Weaver *et al.* 1999a). The panoramic view from the lighthouse includes the northeastern coast and surrounding waters, the offshore chain of islands known as the Cordillera, and the forests of the nearby Luquillo Mountains. In 1981, the lighthouse was recorded in the National Register of Historic Sites.

In the late 1960s, El Faro was privately owned and threatened with development. In 1986, the nature reserve was established to protect the scenic beauty of the area and to provide educational opportunities for the public (Cerame Vivas 1988). El Faro is now owned by a public corporation (CODREMAR) attached to the Department of Natural and Environmental Resources, and is administered by the Conservation Trust of Puerto Rico. About 50,000 island residents and tourists visit El Faro annually (Weaver *et al.* 1999b).

The purpose of this collaborative work with the Conservation Trust was to: summarize information on forest structure, species composition, and tree increment from a permanent forest plot; and to compare tree increment with similar sites in Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. Other Conservation Trust reserves are briefly mentioned to show past research work and existing educational opportunities for island students.

SITE

El Faro, which ranges in elevation from sea level to 67 m, lies within the Subtropical dry forest life zone and contains mangrove swamp, tidal flats, secondary littoral woodland, and secondary semi-evergreen forest (Ewel and Whitmore 1973; Weaver *et al.* 1999a, 1999b). The permanent plot was situated on slightly concave terrain sloping gently northward within secondary semi-evergreen forest.

El Faro is exposed to persistent winds and receives an average rainfall of about 900 mm yr⁻¹ (Briscoe 1966, Calvesbert 1970). The site has been exposed to the impact of several major hurricanes during the past century (Bates 1929, Salivia 1972, Walker *et al.* 1991). Recent storms include Hurricane Hugo of 1989 with sustained winds >225 km hr⁻¹ and a trajectory directly over El Faro (Brennan 1991), and Hurricane Georges of 1998 with sustained winds of 180 km hr⁻¹ and a trajectory south of the reserve (U.S. Geological Survey 1999). Hurricane Hugo severely impacted the vegetation

and Hurricane Georges caused damage to a lesser extent. For about a century before the reserve was established local residents used the peninsula to gather fuel wood and graze livestock.

METHODS

In December 1998, a 0.10 ha plot (i.e., 50 x 20 m, divided into 10 subplots each 10 x 10 m) was established about 200 m north of the lighthouse. All stems ≥ 4.1 cm in dbh (i.e., diameter at 1.4 m above the ground) were identified to species and tagged (Fig. 1). Dbh and height were measured to the nearest 0.1 cm and 0.1 m, respectively. Subsequent measurements were made in 2004 and 2008 when ingrowth (i.e., new stems attaining minimum dbh) and mortality were tallied. Equations derived from previous tree sampling in subtropical dry-moist transition forest at Cinnamon Bay, St. John, U.S. Virgin Islands, were used to estimate total aboveground woody biomass (hereafter, biomass) (Weaver 1996). Tree species were identified using local sources (Francis and Lowe 2000, Little and Wadsworth 1964, Little *et al.* 1974). Nomenclature follows relatively recent taxonomic studies (Liogier 1985-1997).

RESULTS

In 1998, the total number of stems was $2,170 \pm 217.1$ ha⁻¹ (range on subplots, 1,100-3,200 stems ha⁻¹) and basal area averaged 16.50 ± 2.26 m² ha⁻¹ (range on subplots, 9.77-33.05 m² ha⁻¹) (Table 1). The largest trees on the plot included a *Bursera simaruba* at 39.0 cm, two *Pisonia subcordata* at 29.7 and 28.8 cm, and a *Bourreria succulenta* at 24.7 cm. By 2008, stems had increased by an average of 77 ha⁻¹ yr⁻¹ and basal area by an average of 0.30 m² ha⁻¹ yr⁻¹ (Table 1). Ingrowth during the 10-year period averaged 115 stems ha⁻¹ yr⁻¹ and mortality 38 stems ha⁻¹ yr⁻¹. The surge in ingrowth resulted in proportionately more stems in the smaller dbh classes (Fig. 2). During the same period, the average height of the stand grew from 5.4 ± 0.09 m (range of 217 stems, 1.9-9.1 m) to 6.0 ± 0.07 m (range of 294 stems, 2.7-9.1 m), and biomass increased from 64 to 67 t ha⁻¹.

FIGURE 1. The permanent plot located in secondary subtropical dry forest (i.e., secondary semi-evergreen forest) at Las Cabezas de San Juan (El Faro) Natural Reserve in northeastern Puerto Rico (photo taken in 2003).

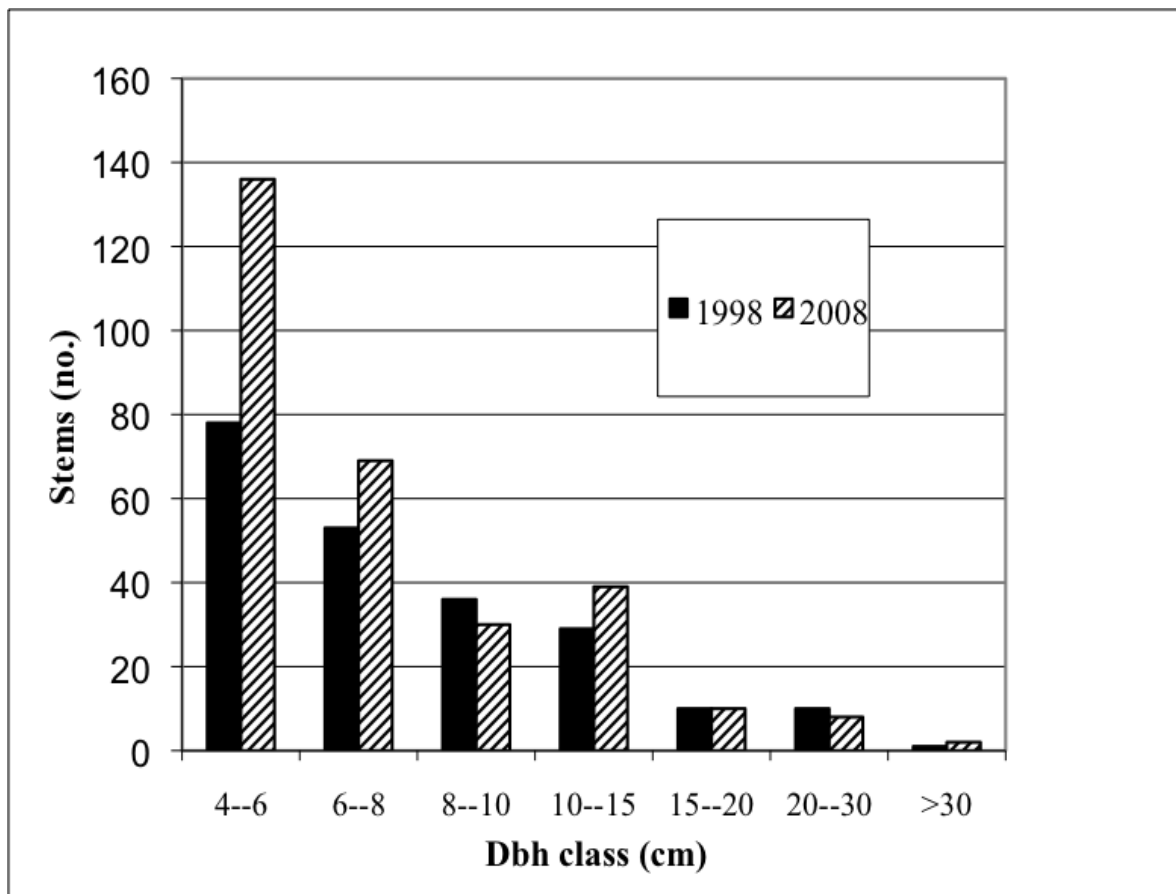


TABLE 1. Changes in species composition and structure, and dbh growth on the El Faro plot between 1998 and 2008.

Tree species	1998 Stand		2004 Stand		2008 Stand		Mean 10-yr dbh growth cm yr ⁻¹ ±SE (no.) ¹
	Stems (no.ha ⁻¹)	BA (m ² ha ⁻¹)	Stems (no.ha ⁻¹)	BA (m ² ha ⁻¹)	Stems (no.ha ⁻¹)	BA (m ² ha ⁻¹)	
<i>Bourreria succulenta</i> Jacq.	390	3.61	440	4.31	490	4.94	0.19±0.02 (37)
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	40	1.92	50	2.07	50	2.25	0.15±0.06 (4)
<i>Capparis hastata</i> Jacq.	90	0.23	90	0.27	110	0.34	0.10±0.02 (9)
<i>Capparis indica</i> (L.) Fawcett & Rendle	20	0.08	20	0.09	20	0.09	0.02±0.02 (2)
<i>Cassine xylocarpa</i> Vent.	200	0.71	200	0.81	190	0.88	0.09±0.02 (18)
<i>Citharexylum fruticosum</i> L.	30	0.14	30	0.15	40	0.17	0.03±0.03 (3)
<i>Coccoloba microstachya</i> Willd.	50	0.13	50	0.15	70	0.22	0.11±0.05 (5)
<i>Erothroxylum rotundifolium</i> Lunan	40	0.10	100	0.21	120	0.22	0.17 (1)
<i>Ginoria rohrii</i> (Vahl) Koehne	370	1.70	340	1.50	300	1.38	0.05±0.01 (28)
<i>Guapira fragrans</i> (Dum.-Cours.) Little	10	0.03	30	0.09	60	0.15	0.20 (1)
<i>Leucaena leptocephala</i> (Lam.) DeWit	180	0.50	410	0.97	650	1.50	0.20±0.01 (11)
<i>Maytenus cymosa</i> (Krug) Urban	10	0.03	10	0.04	10	0.04	0.09 (1)
<i>Pictetia aculeata</i> (Vahl) Urban	110	0.25	110	0.27	100	0.28	0.05±0.01 (10)
<i>Pisonia subcordata</i> Sw.	320	5.61	310	5.00	330	5.33	0.12±0.02 (27)
<i>Securinega acidoton</i> (L.) Fawcett & Rendle	30	0.09	90	0.24	150	0.38	0.12±0.08 (3)
<i>Tabebuia heterophylla</i> (DC.) Britton	160	1.13	140	0.97	140	1.01	0.06±0.01 (14)
<i>Zanthoxylum monophyllum</i> (Lam.) P. Wilson	120	0.24	120	0.31	100	0.27	0.08±0.01 (7)
Subtotals (181)	2170	16.50	2540	17.45	2930	19.45	0.11±0.00
Ingrowth -- new species in 2004							
<i>Croton astroites</i> Dryand	---	---	10	0.02	---	---	---
<i>Eugenia biflora</i> (L.) DC.	---	---	10	0.02	10	0.02	---
Totals	2170	16.50	2560	17.49	2940	19.47	---

¹Growth of survivors from the first measurement in 1998; SE = standard error; n = number of stems in sample.

FIGURE 2. Number of stems by diameter (dbh) class at Las Cabezas de San Juan Natural Reserve (El Faro) in 1998 and 2008.



The 10-yr mean annual dbh growth (MAI) was 0.11 ± 0.00 cm yr⁻¹ for the 17 species that survived the entire period (Table 1). Individual species ranged between 0.02 and 0.20 cm yr⁻¹. *B. succulenta*, *B. simaruba*, *Guapira fragrans*, and *Leucaena leucocephala* all grew at comparatively rapid rates. Three species increased numerically by 3- to 5-fold: *Erythroxylum rotundifolium*, *L. leucocephala*, and *Securinega acidoton*. *Croton astroites* and *Eugenia biflora* grew into the plot in 2004, but only the latter survived until 2008.

DISCUSSION

Long-term data on forest structure, species composition, and estimates of MAI are available

from several natural forest sites within Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands (Weaver 2009). Many of these sites are within the wet and rain forests of the Luquillo Experimental Forest (LEF). Only four sites could be considered as either dry, or dry to moist forest transition areas, and only three provide data on forest structure and composition accompanied by MAI (Table 2). Historically, studies of dbh growth were concentrated in areas where timber production was considered to be a viable land use.

El Faro and Guánica each receive <1,000 mm yr⁻¹ of rainfall. In comparison, Cinnamon Bay watershed receives 1,240 mm yr⁻¹ and Cambalache

TABLE 2. Comparative data for stand structure, species composition, and dbh growth of tree species in dry, or dry to moist transition, forests of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands.

Forest name ¹	Species ² no.	Stems ³ no. ha ⁻¹	BA ⁴ m ² ha ⁻¹	Dbh growth cm yr ⁻¹ (no.)	Dbh range ⁵ cm	Duration ⁶ yrs	Elevation m
Cabezas de San Juan ⁷	17	2365	18.04	0.11 (181)	4-39	1998-2008	30
Commonwealth Reserve System ⁷							
Guánica	1	NA ⁷	NA ⁷	0.04 (34)	4-11	1944-1975	150
Cambalache ridge	13	4845	17.9	0.09 (237)	4-15	1950-1976	60
St. John, U.S. Virgin Islands ⁷							
Cinnamon Bay	63	3274	30.4	0.07 (1742)	4-80	1983-2003	60-240

¹Sources: Commonwealth reserve system (Weaver 1979) and Cinnamon Bay (Weaver 1990, 2006; Weaver and China-Rivera 1987).

²Number of species that survived the respective measurement periods.

³Mean number of stems at beginning and end of study.

⁴Mean of BA (basal area) at beginning and end of study.

⁵Dbh range at beginning of study. Values rounded to nearest whole number.

⁶Duration = number of years monitored.

⁷Plot areas: Cabezas, 0.10 ha; Guánica, no plot; Cinnamon Bay, 16 plots each 0.05 ha in size; Cambalache, 0.10 ha.

⁸At Guánica, individual trees were measured (i.e., plotless sample).

about 1,400 mm yr⁻¹ (Weaver 1979, 2006). The latter two sites are in the subtropical moist forest life zone (Ewel and Whitmore 1973). Most of the Cinnamon Bay plots are on well-drained slopes and ridges where tree growth rates and physiognomy are similar to transition (i.e., transition from subtropical dry to subtropical moist) forests. The Cambalache plot, previously disturbed for agricultural activities, is situated on a well-drained ridge underlain by limestone soils. At the time of measurement, the stand was extremely dense and exhibited a physiognomy typical of dry forest.

Changes in Stem Density and Species

In 1994, a preliminary reconnaissance on the north slope of El Faro near the current plot revealed that *L. leucocephala* accounted for 7.6 percent of the stems (Weaver and Coll Rivera 2002). In 1998, the relative abundance of *L. leucocephala* on the plot was to 8.3 percent, and by 2004 and 2008, it had increased to 16.0 and 22.1 percent of the total stems, respectively. *L. leucocephala*, an aggressive secondary species common throughout the West Indies, typically invades abandoned pastures in dry coastal areas (Little and Wadsworth 1964). *L. leucocephala* needs light to regenerate and survive. In the absence of major disturbance, however, the forest canopy will gradually close and gaps will be limited to those caused by the death of individual stems (i.e., background mortality). If plot monitoring continues, future surveys will likely demonstrate a cyclic rise and decline of *L. leucocephala* along with other species that successfully regenerate after disturbance – possibly *B. succulenta*, *G. fragrans*, and *S. acidoton* – all of which increased in stem numbers in the post-hurricane stand.

Increases in stem numbers and species diversity a few years after hurricanes San Felipe and San Cipriano of 1928 and 1932 were observed in the forests of the nearby LEF (Crow 1980, Weaver 1983). The post-hurricane increases in stem numbers and diversity, similar to those at El Faro, were attributed to the regeneration of secondary species and their coexistence with mature species

over a period of years. Recently, similar changes have been observed on a permanent tabonuco plot after hurricanes Hugo and Georges (Weaver 2002).

Dbh Growth

The MAI of 0.11 cm yr⁻¹ for all survivors at El Faro is comparatively rapid for Subtropical dry forest (Table 2). Previously recorded MAI for *Bucida buceras* trees, one of the largest tree species in the dry Guánica Forest, were less than half that amount (Little and Wadsworth 1964, Weaver 1979). The MAI for all species combined at Cinnamon Bay watershed during 20 years and at Cambalache forest during 26 years were less than at El Faro (Table 2).

The relatively rapid MAI for the El Faro plot may be due to several factors. First, the concave relief of the El Faro plot helps to concentrate runoff and store soil moisture after moderate rainfalls. Next, hurricanes Hugo and Georges opened the stand, reduced basal area, and provided favorable conditions for the regeneration and growth of numerous species. Lastly, the low wood density (i.e., low specific gravity) of *B. succulenta*, *B. simaruba*, and *G. fragrans* probably accounts for their comparatively rapid dbh increment. Tree species characterized by lower wood density have less investment in wood production (Grubb 1977) and generally grow more rapidly in dbh than species with denser woods. The remaining fast growing species, *L. leucocephala*, is secondary, and rapidly colonizes open fields and forest openings.

MAI varies according to many factors, including species and size, stand conditions (i.e., tree density and basal area), and crown exposure and dominance within the canopy (Anonymous 1953, Wadsworth 1947). Other influencing factors are topographic position, stand elevation, and forest types in mountainous areas (Weaver 1979, 1983). Moreover, thinning stimulates growth in stands typically being managed for timber production (Anonymous 1950, Crow and Weaver 1977, Wadsworth 1952).

TABLE 3. Properties administered by the Puerto Rico Conservation Trust.

Classification of Area¹	Size (ha)
Protected Natural Area (ANP)	
Bosque Pterocarpus	12.2
Cuevas El Convento	243.2
Hacienda Buena Vista	186.1
Jorge Sotomayor del Toro	25.0
Río Encantado	655.3
Río Guaynabo	10.2
Río Maricao	57.3
San Cristóbal Cañon	590.8
Sierra La Pandura	70.4
Subtotal	1850.5
National Wildlife Refuge (RVS)	
El Buey	323.7
Natural Reserves (RN)	
Bosque Pterocarpus	310.2
Cabezas de San Juan	174.8
Hacienda La Esperanza	861.8
La Parguera	520.8
Punta Ballenas	65.9
Punta Guaniquilla	169.8
Punto Yeguas	113.9
Subtotal	2217.2
Conservation Easements (SC)	
El Rabanal	6.3
El Tambor	87.9
Foreman	16.6
Montes Oscuros	2946.5
Subtotal	3057.3
Other Properties	
Antiguo Acueducto San Juan	5.1
Casa Ramón Power y Giralt	0.0
Cerro Las Mesas	4.1
Edificio Antiguo Banco de España	0.1
Finca Los Frailes	275.0
Finca Shapiro	2.0
Medio Mundo y Dagua	1347.0
Subtotal	1633.3
Grand Total	9820.0

¹Properties shown on map (Figure 3).

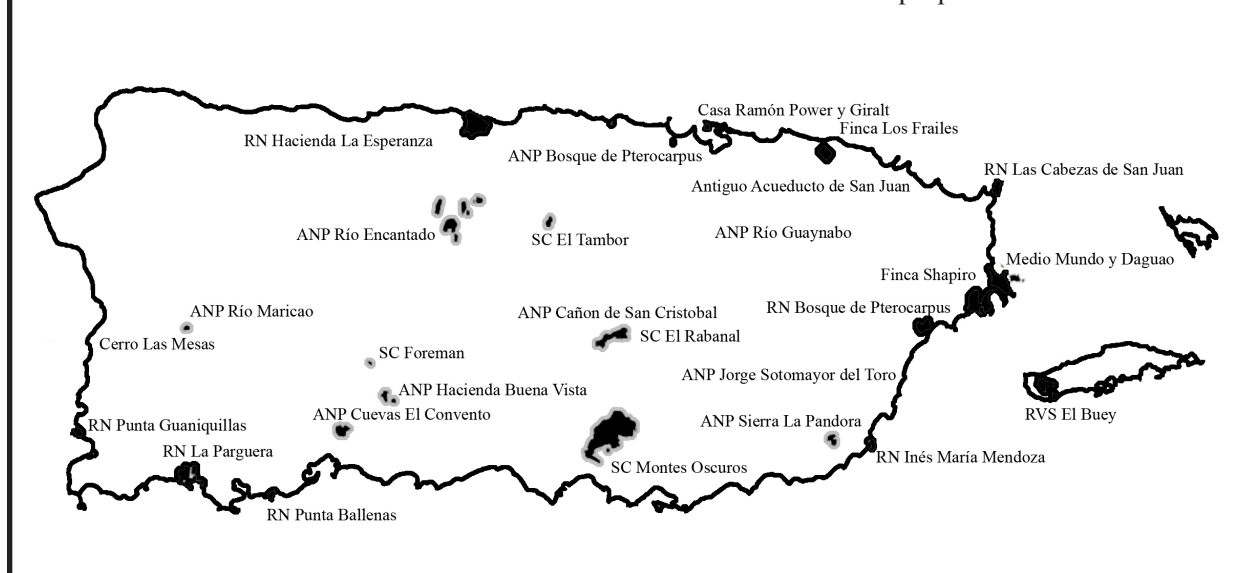
The structure and composition of forests vary considerably along the elevational gradient from the coastline to El Yunque's summits (Gould *et al.* 2006, Wadsworth 1951). Most of the long-term MAI rates on sampled plots along this gradient were between 0.09 and 0.14 cm yr⁻¹ for all species combined (Weaver 1983). Exceptions include palm plots and previously thinned tabonuco plots, both of which had rates >0.20 cm yr⁻¹. Broadleaf species in palm forests grew more rapidly than in surrounding broadleaf forests possibly due to the greater amounts of growing space in the canopy caused by the growth form of narrow-crowned palms. In tabonuco forest, thinning reduced basal area and enhanced increment on residual stems.

The pilot management study located in subtropical wet forest contained plots where thinning had been implemented to improve the dbh growth rates of select crop trees (Anonymous 1958). The crop trees were all timber species that attained large size and were capable of growing at relatively rapid rates for extended periods; moreover, the crop trees were selected at ≥10 cm, a larger dbh. Consequently, trees in the pilot study areas grew very rapidly with a MAI by species between 0.37 and 0.42 cm yr⁻¹ (Crow and Weaver 1977).

Conservation Trust Reserves in Puerto Rico

The Conservation Trust of Puerto Rico, founded in 1970, is a private, non-profit institution. The Trust's main objective is to protect the island's natural resources treasured for their ecological, historic, or scenic values, and to develop opportunities for research and environmental education for the people of Puerto Rico. The Trust carries out this mission through the acquisition and donation of properties, and the establishment of easements. El Faro is one of 28 properties that total 9,820 ha, as follows: protected natural areas (1,850.5 ha); a national wildlife refuge (323.7 ha); natural reserves (2,217.2 ha); conservation easements (3,057.3 ha); and other properties (1,633.3 ha) (Table 3, Fig. 3). The Conservation Trust properties have been described along with several other critical wildlife

FIGURE 3. Location and classification of Puerto Rico Conservation Trust properties in Puerto Rico.



areas (i.e., state forests, refuges, and other protected sites) in a comprehensive survey of Puerto Rico's protected areas (Ventosa-Febles *et al.* 2005).

Surveys of flora have been carried out at three Conservation Trust sites: Cañon de San Cristóbal (Francis *et al.* 1998); Punta Guaniquilla (Vázquez and Kolterman 1998); and El Faro (Weaver 1999a, 1999b). In addition, for >15 years El Faro has been included as one of several sites in the island's annual Christmas bird count. Most recently a 2-year study characterized the hydrological and biological characteristics, including water quality, of Laguna Grande (Soler-López and Santos 2010).

In summary, studies of flora, fauna, and water resources have been carried out for several years on several Conservation Trust properties. Cooperators have included naturalists, graduate students, and scientists working at universities and government agencies. The studies benefit both the Conservation Trust in their educational activities and the cooperators in their respective research and management programs.

ACKNOWLEDGMENTS

Juan Ramírez and Iván Vicéns helped with the field work. The staff of Conservation Trust of

Puerto Rico provided assistance during field visits. Thomas J. Brandeis and Frank H. Wadsworth made helpful comments on the manuscript. This work was done in cooperation with the University of Puerto Rico at Río Piedras.

LITERATURE CITED

- Anonymous. 1950. Tenth annual report. Caribbean Forester 11(2):59-80.
- Anonymous. 1953. Thirteenth annual report. Caribbean Forester 14(1-2):1-33.
- Anonymous. 1958. The status of forestry and forest research in Puerto Rico and the Virgin Islands, the eighteenth annual report of the Tropical Forest Research Center. Caribbean Forester 19(1-2):1-24.
- Bates, C. Z. 1929. Efectos del huracán del 13 de septiembre de 1928 en distintos árboles. Revista de Agricultura de Puerto Rico 23:113-117.
- Brennan, J. W. 1991. Meteorological summary of Hurricane Hugo. Journal of Coastal Research Special Issue 8:1-12.
- Briscoe, C. B. 1966. Weather in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Research Paper ITF-3. Río Piedras, PR: Institute of Tropical Forestry. 250 p.

- Calvesbert, R. J. 1970. Climate of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. Silver Spring, MD: U.S. Department of Commerce, Environmental Services Administration, Environmental Data Service. 29 p.
- Cardona Bonet, W. A. 1989. Shipwrecks in Puerto Rico's history: 1501-1650. San Juan, PR: Model Offset Printing, Inc. 371 p. (vol. 1).
- Cerame Vivas, M. J. (ed). 1988. Atlas costero de Puerto Rico. Boquerón, PR: Máximo J. Cerame Vivas, Inc. 218 p.
- Crow, T. R. 1980. A rain forest chronicle: a thirty year record of change in structure and composition at El Verde, Puerto Rico. *Biotropica* 12:42-55.
- Crow, T. R., and P. L. Weaver. 1977. Tree growth in a moist tropical forest of Puerto Rico. Research Paper ITF-22. Río Piedras, PR: Institute of Tropical Forestry. 17 p.
- Ewel, J. J., and J. L. Whitmore. 1973. The ecological life zones of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. Research Paper ITF-18. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 72 p.
- Francis, J. K., S. Alemañy, H. A. Liogier, and G. R. Proctor. 1998. The flora of Cañon de San Cristóbal, Puerto Rico. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 37 p.
- Francis, J. K., and C. A. Lowe. 2000. Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 582 p.
- 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* 17:653-664.
- Grubb, P. J. 1977. Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains with special reference to mineral nutrition. *Annual Review of Ecology and Systematics* 8:83-107.
- Liogier, H. A. 1985-1997. Descriptive flora of Puerto Rico and adjacent islands - Spermatophyta. Vol. 1: 352 p.; Vol. 2: 481 p.; Vol. 3: 461 p.; Vol 4: 617 p.; Vol 5: 436 p. San Juan, PR: Editorial de la Universidad de Puerto Rico.
- Little, E. L., Jr.; and F. H. Wadsworth. 1964. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Agricultural Handbook No. 249. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 548 p. since the time of discovery.
- Little, E.L., Jr.; Woodbury, R.O.; and Wadsworth, F.H. 1974. Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Agricultural Handbook No. 449. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 1024 p.
- Salivia, L. A. 1972. Historia de los temporales de Puerto Rico y las Antillas, 1542 a 1970. Río Piedras, PR: Editorial Edil, Inc., University of Puerto Rico. 385 p.
- Soler-López, L., and C. R. Santos. 2010. Selected hydrologic, water-quality, biological, and sedimentation characteristics of Laguna Grande, Fajardo, Puerto Rico, March 2007-February 2009. Scientific Investigations Report 2010-5071. San Juan, PR: U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey; Puerto Rico Environmental Quality Board. 51 p.
- U.S. Geological Survey. 1999. Puerto Rico: Hurricane Georges. USGS fact sheet 040-99, April 1999. San Juan, PR: U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. 4 p.
- Vázquez, O. J., and D. A. Kolterman. 1998. Floristic composition and vegetation types of the Punta Guaniquilla Natural Reserve, Cabo Rojo, Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science* 34(3-4):265-279.
- Ventosa-Febles, E. A., M. Camacho Rodríguez, J. L. Chabert Llompert, J. Sustache Sustache, and D. Dávila Casanova. 2005. Puerto Rico critical wildlife areas. San Juan, PR: Department of Natural and Environmental Resources, Bureau of Fish and Wildlife, Terrestrial Resources Division. 385 p.
- Wadsworth, F. H. 1947. Growth in the lower montane forest of Puerto Rico. *Caribbean Forester* 8:27-35.
- Wadsworth, F. H. 1951. Forest management in the Luquillo Mountains, I. The setting *Caribbean Forester* 12(3):93-114.
- Wadsworth, F. H. 1952. Forest management in the Luquillo Mountains, III. Selection of products and silvicultural policies. *Caribbean Forester* 13(3):93-119.

- Walker, L. R., N. I. V. Brokaw, D. J. Lodge, and R. B. Waide. 1991. Special Issue: Ecosystem, plant and animal responses to hurricanes in the Caribbean. *Biotropica* 23(4):521 p.
- Weaver, P. L. 1979. Tree growth in several tropical forests of Puerto Rico. Research Paper SO-152. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 p.
- Weaver, P. L. 1983. Tree growth and stand changes in the subtropical life zones of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Research Paper SO-190. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 24 p.
- Weaver, P. L. 1990. Tree diameter growth rates in Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science* 26(1-2):1-6.
- Weaver, P. L. 1996. Forest productivity in the Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science* 32(1):89-98.
- Weaver, P. L. 2002. A chronology of hurricane induced changes in Puerto Rico's lower montane rain forest. *Interciencia* 27(5):252-258.
- Weaver, P. L. 2006. A summary of 20 years of forest monitoring in Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. GTR-IITF-34. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 35 p.
- Weaver, P. L. 2009. Conservation strategies: long-term monitoring of permanent plots in Caribbean forest reserves. Pages 82-101 in P. L. Weaver, G. P. Bauer, editors. *Proceedings of the Fourteenth Meeting of Caribbean Foresters in Dominica, April 28 –May 2, 2008*. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry.
- Weaver, P. O., and D. Chinea-Rivera. 1987. A phytosociological study of Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin islands. *Caribbean Journal of Science* 23(2):318-336.
- Weaver, P. L., and J. L. Coll Rivera. 2002. Vegetation research at las Cabezas de San Juan near Fajardo, Puerto Rico. p. 83-89. In *Proceedings of the 5th Annual Caribbean Urban Forestry Conference, May 22-25, 2000, St. Croix, U.S. Virgin Islands*. St. Croix, U.S. Virgin Islands: University of the Virgin Islands Cooperative Extension Service.
- Weaver, P. L., R. R. Medina, and J. L. Coll Rivera. 1999a. Las Cabezas de San Juan Reserve: a natural treasure in northeastern Puerto Rico. GTR-IITF-6. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 17 p.
- Weaver, P. L., J. L. Ramírez, and J. L. Coll Rivera. 1999b. Las Cabezas de San Juan Nature Reserve (El Faro). GTR-IITF-5. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 58 p.

LONG-TERM DIAMETER GROWTH FOR TREES IN THE CINNAMON BAY WATERSHED

Peter L. Weaver

International Institute of Tropical Forestry
United States, Department of Agriculture, Forest Service
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1119

ABSTRACT

From 1983 to 2008, the mean annual diameter growth (MAI) for 1,402 surviving stems of 62 species in the Cinnamon Bay watershed was 0.08 ± 0.002 cm yr⁻¹. Long-term MAI ranged from 0.02 cm yr⁻¹ for *Randia aculeata* to 0.23 cm yr⁻¹ for *Inga laurina*. Of the 30 species with ≥ 8 surviving stems, eight averaged ≥ 0.10 cm yr⁻¹. Hurricane Hugo in 1989, Hurricane Marilyn in 1995, and a severe drought in 1994 and 1995 were the major climatic events during the 25-year measurement period. Plot dbh measurements provide useful information about stand structure, composition and dynamics, and for silvicultural applications.

Key words: *Cinnamon Bay watershed, U.S. Virgin Islands; long-term monitoring; dbh increment.*

INTRODUCTION

The history of human activity on St. John, U.S. Virgin Islands dates back two millennia (Tyson 1987). During much of that time, the island's original forests survived largely intact; after 1600, however, the island was cutover for plantation agriculture. As with many other regions of the world, the cultural landscape seen today was fashioned as much by human activity as it was by natural processes.

In 1982, the Virgin Islands Resource Management Cooperative was established to carry out baseline research on numerous topics within the Virgin Islands National Park (Rogers and Teytaud 1988). As part of the research initiative, several collaborators representing the New York Botanical Garden, the Smithsonian Institution, the University of Wisconsin, the U.S. Department of the Interior Park Service, and the U.S. Department of Agriculture Forest Service began monitoring forest

plots at different sites on St. John (Weaver 2006a). The Institute of Tropical Forestry in Puerto Rico was well-prepared for the task with its previous experience in forest monitoring. During the 1940s, the Institute had established plots in several parts of the Luquillo Experimental Forest (LEF) and other parts of the island (Wadsworth 1947, 1953; Weaver 1983, 2009). During the mid-1950s, research was extended to Estate Thomas on St. Croix where experimental plantations of timber trees were set up in order to compare survival and growth with wetter sites in Puerto Rico (Weaver 2006b).

Forest monitoring provides a lot of useful information about forests, including data on stand structure and species composition, and the response of vegetation to normal climatic conditions and catastrophic events. The purpose of this report is to summarize long-term observations on dbh (i.e., diameter at breast height, or 1.4 m above the ground) growth in the Cinnamon Bay watershed.

SETTING – WATERSHED, CLIMATE, PAST USE

The Cinnamon Bay watershed, occupying 1.32 km² (2.5 percent of the island), ranges from sea level to about 300 m in elevation and is drained by two major arroyos. Steep slopes and narrow valleys filled with rocks and boulders characterize the landscape (Weaver 2006a). Geologically, about 85 percent of the Cinnamon Bay watershed is underlain by the Louisenhoj formation, which contains augite-andesite (i.e., volcanic minerals and rocks), volcanic breccia (i.e., fragments of rocks cemented together into a matrix) and tuff (i.e., consolidated volcanic ash) with minor conglomerate (i.e., sedimentary rocks made up of rounded fragments), all of Cretaceous age (i.e., a geologic period from 145 to 65 million years ago) (Donnelly 1966). The Water Island formation, comprised of quartz keratophyre (i.e., fine grained igneous rock of variable composition) flows and flow breccias of Lower Cretaceous age (i.e., period from 145 to 100 million years ago) occupies about 7 percent of the watershed at highest elevations along Centerline Road. Another 8 percent of the watershed along the shoreline is overlain by Quaternary (i.e., 2.5 million years ago until the present) alluvium (i.e., sand, gravel, silt, or clay deposited by running water). All of St. John is classified as Cramer Isaac soil association, characteristic of very steep mountainsides with steep slopes, and narrow alluvial fans (i.e., fan-shaped deposits formed where streams slow upon entering flat lands or plains) and flood plains (i.e., flat land formed where streams overflow their banks) (Rivera *et al.* 1966, 1970). The soils range from shallow to moderately deep, are well-drained, and lie over volcanic rock.

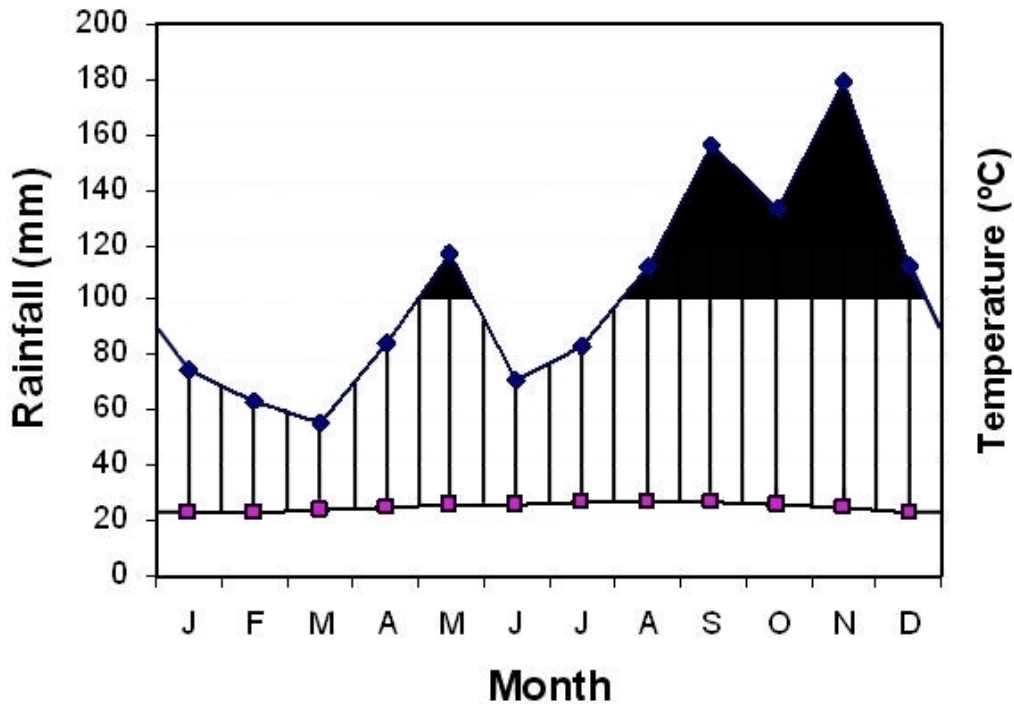
St. John has a tropical maritime climate and much of the rainfall is orographic (i.e., rainfall caused when air masses are lifted over mountains). Catherinberg, about 1 km west of the Cinnamon Bay watershed, receives an average of 1,240 mm yr⁻¹ (Southeast Regional Climate Center 2003). The January through April dry season receives about 20 percent of the annual total. The corresponding annual temperature normal is 24.8 °C (Fig. 1).

St. John has two life zones and Cinnamon Bay watershed is classified within the subtropical moist forest (Ewel and Whitmore 1973). Steep slopes, however, facilitate rapid runoff and much of the watershed contains tree species characteristic of subtropical dry forest. In reality, the entire island might be best described as a transition between subtropical dry and subtropical moist life zones accompanied by typical associations in more humid sites bordering streams and in bottom lands. A survey of the vegetation, using a modified version of Beard's system to account for secondary and humid sites, classified the Cinnamon Bay watershed as basin moist forest at lower elevations, and either upland moist or galley moist forest at higher elevations (Beard 1949, Woodbury and Weaver 1987; Fig. 2). Later, ordinations based on the stratified sampling of the watershed (i.e., by elevation and topography) showed that tree species tended to survive and grow best in certain habitats (Weaver and Chinea-Rivera 1987).

Hurricanes occur periodically -- at least 20 storms passed over or near St. John before 1900 (Dookhan 1974, Lawaetz 1991) and 10 more during the 20th century (Colón-Dieppa *et al.* 1991, Forthun 2005). These included hurricanes of varying intensity in 1916, 1924, 1928, Connie (1955), David (1979), Hugo (1989), Marilyn (1995), Hortense (1996), Georges (1998), and Lenny (1999). In addition, seven severe or moderate droughts were experienced during the 20th century (Colón-Dieppa *et al.* 1991; Rogers and Reilly 1998), including moderate events in 1938-1942, 1945-1948, and 1959 and severe events in 1957, 1964, 1967-68, and 1994-1995. As is evident, hurricanes Hugo (1989) and Marilyn (1995) and the severe regional drought of 1994 and 1995 occurred during plot measurements.

About 2000 years ago, Indians from the Orinoco region of Venezuela arrived at Coral Bay and migrated to other sites on St. John, including the Cinnamon Bay area (Bullen 1962, Tyson 1987). Their use of the island through the arrival of Europeans was probably sporadic. In 1675, Denmark sent two men to St. John with provisions

FIGURE 1. Climatic diagram based on 30-year normals (1971-2000) for rainfall and temperature at Catherinberg, St. John, about 1 km west of the Cinnamon Bay watershed.



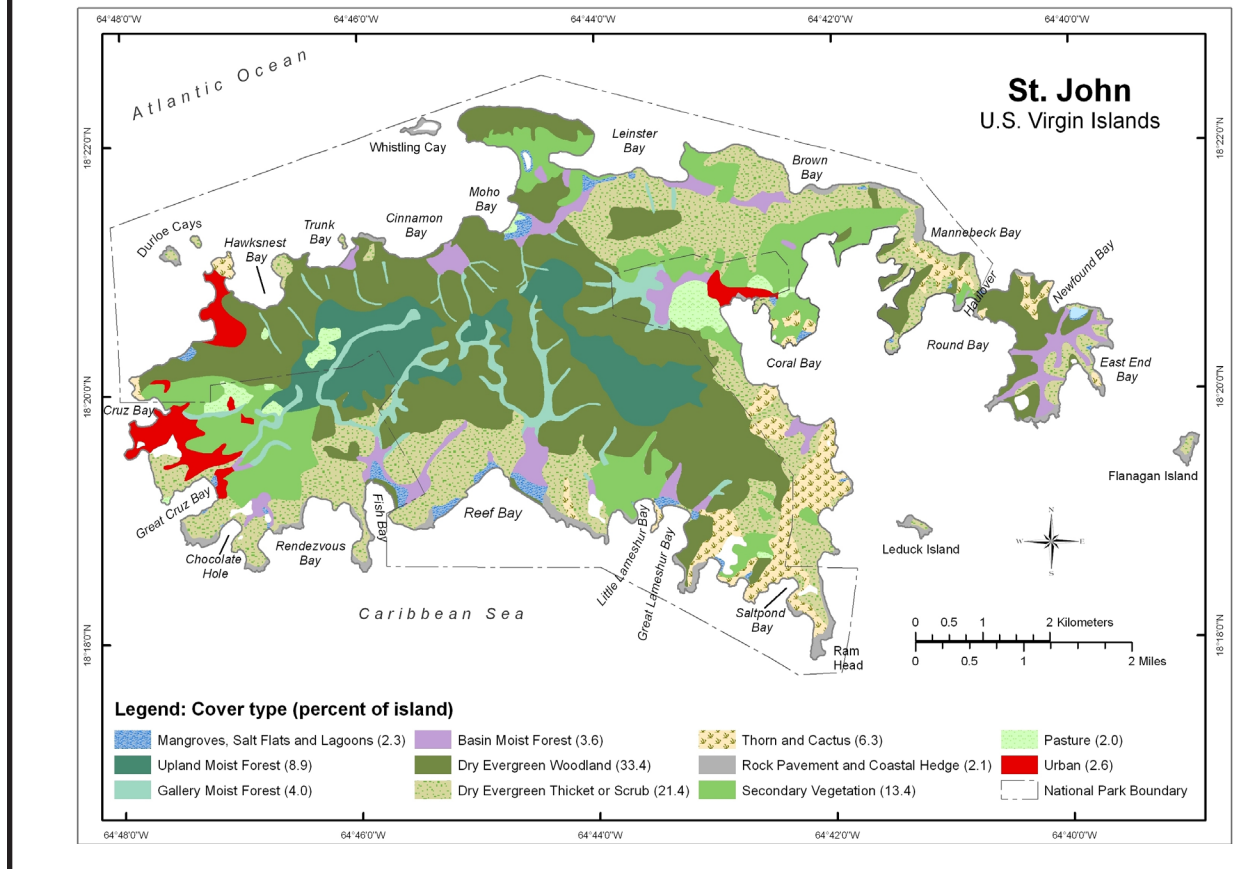
as a means to establish a territorial claim (Larsen 1986). By 1727, the shore of Cinnamon Bay was occupied for cotton production (Knight 1999). By the late 1730s, the aerial extent of agricultural activities at Cinnamon Bay plantation, including the sugar cane fields, was at its peak. By 1868, sugar cane production had largely disappeared, and the watershed was used for subsistence crops, grazing, and charcoal production (Haas 1940, Olwig 1980). In the 1880s, when Cinnamon Bay watershed was all in bush, residents began harvesting the berries and leaves of the Bay rum tree *Pimenta racemosa* to make perfumes and cosmetics (Hatch 1972). Bay rum production peaked around 1920 and remained the island's most important industry through the 1940s. In 1959, Virgin Islands National Park was created as a sanctuary of natural beauty (Robinson and Henle 1978). Subsequently, hunting, wood

cutting, and grazing within park boundaries were gradually eliminated (Olwig 1980).

METHODS

Sixteen plots measuring 50 x 10 m were established in June of 1983 (Weaver and Chinea-Rivera 1987). The plots were set up in five groups of three (i.e., on ridge, slope and ravine topography) at elevations of 60, 120, 180, 210, and 240 m. The final plot was located near the watershed summit at 290 m. Ridge plots were located on convex topography, slope plots on relatively uniform slopes, and ravine plots on concave topography. All stems ≥ 4 cm were identified to species and permanently tagged for future measurements (Fig. 3). Dbh was measured to the nearest 0.1 cm with a tape. Subsequently, the plots were re-

FIGURE 2. Map of forest types on St. John, U.S. Virgin Islands, using a modification of Beard's (1949) classification system (Woodbury and Weaver 1987).



measured at 5-year intervals between 1988 and 2008 when ingrowth (i.e. new stems reaching the minimum dbh class) and mortality were also tallied.

Long-term dbh increment was determined by species with ≥ 8 surviving stems. Species with ≤ 6 stems were analyzed as a group. Vandalism of tags precluded the identification of individual stems on 3 of the 16 plots. Therefore, the vandalized plots were omitted from this study.

RESULTS

Survey of 13 plots in 2008 showed that 1,402 stems had survived since the 1983 measurements. Their mean annual dbh increment (MAI) was 0.08 ± 0.002 cm yr⁻¹ (Table 1). *Inga laurina* had the most rapid MAI at 0.23 cm yr⁻¹ and *Randia*

aculeata had the slowest MAI at 0.02 cm yr⁻¹. Only eight species averaged ≥ 0.10 cm yr⁻¹. The greatest majority of the growth rates averaged ≤ 0.15 cm yr⁻¹ and occurred on stems ≤ 10.0 cm in dbh in size (Fig. 4). MAI (cm yr⁻¹) for all species combined varied by measurement date, as follows: from 1983-88, 0.073; 1988-93, 0.067; 1993-98, 0.081; 1998-2003, 0.072; and from 2003-08, 0.099.

The mean of minimum dbh growth rates by species ranged from 0 to 0.03 cm yr⁻¹ (Table 1); moreover, dbh rates for a few individual stems were negative during the measurement period (Fig. 5). In comparison, the means of maximum growth rates by species ranged from 0.07 to 0.62 cm yr⁻¹. From 18 to 235 years was the minimum amount of time estimated for the most rapidly growing individual stems of each species to grow through its sampled range of dbhs (Table 1).

FIGURE 3. Typical plots within the Cinnamon Bay watershed. Each plot has been visited six times on a 5-year cycle since their establishment in 1983.



DISCUSSION

Disturbance

Recurrent hurricanes and droughts during centuries have had an impact on the understory vegetation within the Cinnamon Bay watershed. During pre-hurricane visits in 1983 and 1988, the understory was open and easy to traverse; in comparison, after hurricanes Hugo and Marilyn, dense regeneration, broken branches, and fallen trees occupied the understory through 1998, and to a much lesser extent, until 2003. By 2008,

tree canopy had recovered completely and the understory was similar to pre-hurricane conditions. Near the end of the 1994 and 1995 drought, much of the island's forest canopy had a brownish cast and noticeably more light reached the forest floor (Weaver 2006a). Also, the floor was covered with dry leaves analogous to un-nailed shingles on a rooftop. Walking uphill was actually "slippery" and more difficult than usual. The drought, the severest of the century, ended with a hurricane showing that vegetation on low-lying tropical islands may face dramatic changes in weather from one moment to the next (Weaver 2006a).

TABLE 1. Twenty-five year diameter growth rates for species with ≥ 8 survivors in the Cinnamon Bay watershed.

Species	Mean dbh growth cm/yr $\pm$ SE (No.) ¹	Max-min ² growth (cm/yr)	Dbh range ³ (cm)	Max ⁴ Mean	Minimum ⁵ (years)
<i>Andira inermis</i> (W. Wt.) DC.	0.09 $\pm$ 0.023 (9)	0.20-0.02	4.6-48.2	2.2	218
<i>Ardisia obovata</i> Desv. ex Hamilton	0.06 $\pm$ 0.005 (69)	0.18-0.01	4.1-9.7	3.0	31
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	0.09 $\pm$ 0.012 (30)	0.30-0.00	9.1-52.5	3.3	145
<i>Capparis baduca</i> L.	0.10 $\pm$ 0.032 (8)	0.28-0.02	5.8-35.1	2.8	105
<i>Capparis cyanophallophora</i> L.	0.04 $\pm$ 0.007 (29)	0.16-0.00	4.1-13.9	4.0	61
<i>Casaria guianensis</i> (Aublet) Urban	0.07 $\pm$ 0.012 (22)	0.23-0.00	4.4-14.4	3.3	43
<i>Chionanthes compacta</i> Swartz	0.08 $\pm$ 0.013 (8)	0.12-0.03	4.5-11.4	1.5	58
<i>Chrysophyllum pauciflorum</i> Lamarck	0.08 $\pm$ 0.015 (32)	0.45-0.00	4.1-18.5	5.6	32
<i>Citharexylum fruticosum</i> L.	0.06 $\pm$ 0.009 (14)	0.11-0.00	5.4-16.3	1.8	99
<i>Cordia rickseckeri</i> Millsp.	0.07 $\pm$ 0.013 (24)	0.19-0.00	4.2-23.4	2.7	101
<i>Cordia sulcata</i> DC.	0.07 $\pm$ 0.028 (10)	0.25-0.00	7.7-37.5	3.6	119
<i>Erothroxylum rotundifolium</i> Lunan	0.07 $\pm$ 0.013 (13)	0.18-0.03	4.4-8.8	2.6	24
<i>Eugenia procera</i> (Swartz) Poiret	0.08 $\pm$ 0.006 (46)	0.18-0.00	4.3-13.2	2.2	49
<i>Faramea occidentalis</i> (L.) A. Rich.	0.06 $\pm$ 0.003 (99)	0.18-0.01	4.1-9.0	3.0	27
<i>Guettarda elliptica</i> SW.	0.04 $\pm$ 0.004 (55)	0.13-0.00	4.1-13.0	3.2	68
<i>Guapira fragrans</i> (Dum.-Cours.) Little	0.10 $\pm$ 0.007 (158)	0.59-0.00	4.2-73.2	5.9	117
<i>Guettarda scabra</i> (L.) Vent	0.06 $\pm$ 0.008 (44)	0.29-0.00	4.4-16.0	4.8	40
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	0.23 $\pm$ 0.031 (27)	0.62-0.02	4.3-41.3	2.7	60
<i>Krugiodendron ferreum</i> (Vahl) Urban	0.05 $\pm$ 0.011 (15)	0.13-0.00	5.2-12.4	2.6	55
<i>Maytenus laevigata</i> (Vahl) Grisebach	0.07 $\pm$ 0.003 (272)	0.22-0.00	4.1-32.0	3.1	127
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacquin	0.12 $\pm$ 0.027 (13)	0.34-0.02	4.4-43.4	2.8	115

TABLE 1. Twenty-five year diameter growth rates for species with ≥ 8 survivors in the Cinnamon Bay watershed. (continued).

Species	Mean dbh growth cm/yr $\pm$ SE (No.) ¹	Max-min ² growth (cm/yr)	Dbh range ³ (cm)	Max ⁴ Mean	Minimum ⁵ (years)
<i>Myrcia citrifolia</i> (Aublet) Urban	0.07 $\pm$ 0.006 (52)	0.22-0.01	4.1-11.6	3.1	34
<i>Myciaria floribunda</i> (West ex Willdenow) Berg	0.08 $\pm$ 0.004 (96)	0.18-0.01	4.1-26.1	2.2	122
<i>Nectandra coriacea</i> (Sw.) Grisebach	0.11 $\pm$ 0.026 (14)	0.40-0.01	4.1-11.3	3.6	18
<i>Pimenta racemosa</i> (Miller) J.W. Moore	0.12 $\pm$ 0.014 (44)	0.37-0.01	4.3-18.6	3.1	39
<i>Pisonia subcordata</i> Sw.	0.10 $\pm$ 0.018 (16)	0.26-0.01	5.8-29.0	2.6	89
<i>Quararibea turbinata</i> (Swartz) Poiret	0.06 $\pm$ 0.010 (26)	0.22-0.01	4.3-11.0	3.7	30
<i>Randia aculeata</i> L.	0.02 $\pm$ 0.008 (8)	0.07-0.00	4.8-16.9	3.5	173
<i>Sabinea florida</i> (Vahl) DC.	0.10 $\pm$ 0.007 (55)	0.25-0.00	5.0-20.9	2.6	64
<i>Tabebuia heterophylla</i> (DC.) Britton	0.03 $\pm$ 0.008 (18)	0.12-0.00	4.6-32.8	4.0	235
32 remaining species ⁶	0.10 $\pm$ 0.012 (76)	----	4.1-68.5	---	---
Totals/Mean	0.08 $\pm$ 0.002 (1402)	----	4.1-73.2	---	---

¹SE = standard error and No. = number of stems.²Max-min = maximum and minimum 25-year (i.e., 1983-2008) dbh growth rates.³Dbh range in 1983 at beginning of study.⁴Maximum dbh growth divided by mean dbh growth.⁵Estimate of years required for fastest growing tree to grow through listed dbh range.⁶Species with ≤ 6 surviving stems.

Hurricane Hugo had different impacts on trees according to species (Weaver 1994, 1998). *Pimenta racemosa* was very resistant to wind damage. Only one tree of the 157 found on the plots succumbed during the 1988-1993 measurement period that included Hurricane Hugo; moreover, it is uncertain that Hugo was responsible for the loss. Other well-known tree species that were highly resistant to damage were *Maytenus elliptica*, *Inga laurina*, and *Bursera simaruba*. In comparison, all of the sampled *Clusia rosea* and 23 percent of the *Nectandra coriaceae* on the plots died as a result of the storm. Another important factor regarding tree damage is their location within the watershed (Weaver 1998). Among the important watershed variables were elevation, topography (i.e., ridge, slope, valley, or summit), aspect, and slope. In general, tree damage in the Cinnamon Bay watershed was greater at:

- higher elevations (>180 m) than at lower ones (<180 m)
- in ravines and on the summit than on slopes or ridges
- on northern aspects as opposed to either east or west aspects
- on slopes ≤ 5 percent than on slopes ≥ 20 percent

The relationship of dbh growth rates to disturbance events is somewhat speculative. The greatest variation in MAI among the 5-year measurement periods for all species combined was only 0.027 cm. The growth rates before and immediately after Hurricane Hugo (1983 to 1993), were among the lowest. The next period (1993 to 1998), which included the regional drought and Hurricane Marilyn, were only slightly higher, followed by a slight decrease (1998 to 2003). The last period (2003 to 2008) had the most rapid MAI. With three major events concentrated in only 6 years, responses to any particular event are confounded by others. However, in 2003, about 8 years after all major disturbances, plot stem density averaged near its lowest (Weaver 2006). In other words, the watershed had been thinned by nature. Subsequently, the amount of light reaching many

tree crowns was comparatively high, and MAI of survivors on the plots at a maximum for the 25-year period of measurement.

Dbh increment

The 25-year MAIs (Table 1) are similar to the previously reported 20-year measurements where 1,742 survivors on all 16 plots averaged 0.07 ± 0.002 cm yr⁻¹ (Weaver 2006b). Maximum and minimum 25-year MAIs show the considerable variability possible within a species (Table 1). Many factors are involved in MAI differences, including species characteristics (i.e., maximum tree size and specific gravity of the wood) and environmental conditions (i.e., available light, topographic position and variable soil moisture and fertility) (Grubb 1977, Weaver 2009). Trees that naturally achieve greater size are likely to have larger crowns and grow at more favorable dbh rates for longer periods of time. Some of the most rapid MAIs were attained by relatively large species such as *Inga laurina* and *Melicoccus bijugatus*. Although negative MAIs are uncommon, they may occur for slow-growing species in dry habitats. Short-term negative MAIs may result from severe drought; in comparison, long-term negative MAIs may be due trunk damage during hurricanes. Also, a few trees may die slowly in competition with surrounding vegetation, gradually shrinking in dbh during the process.

Foresters often question why certain timber trees grow much faster than others (Wadsworth 1953). The most rapidly growing trees are most likely a function of genetics, habitat, and time. They probably inherit a favorable genetic constitution, regenerate in appropriate habitats (i.e., with regard to elevation and topography), begin growing at appropriate times (e.g., post-disturbance when growing space is available to rapidly develop full crowns), and survive intact numerous potentially damaging events (e.g., hurricanes and droughts). In comparison, most trees with typical dbh growth rates have experienced a less fortunate life cycle.

MAI measured in Puerto Rico's Luquillo Mountains, about 70 km west of Cinnamon Bay,

FIGURE 4. Reversed J-shaped curve showing the distribution of 1,402 stems by dbh class for plots within the Cinnamon Bay watershed.

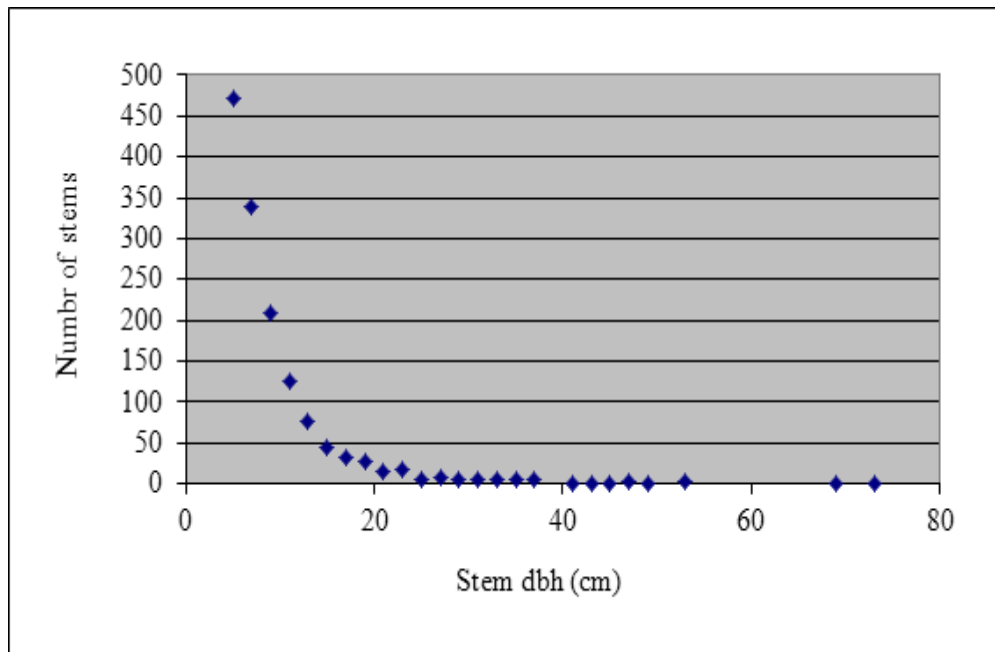
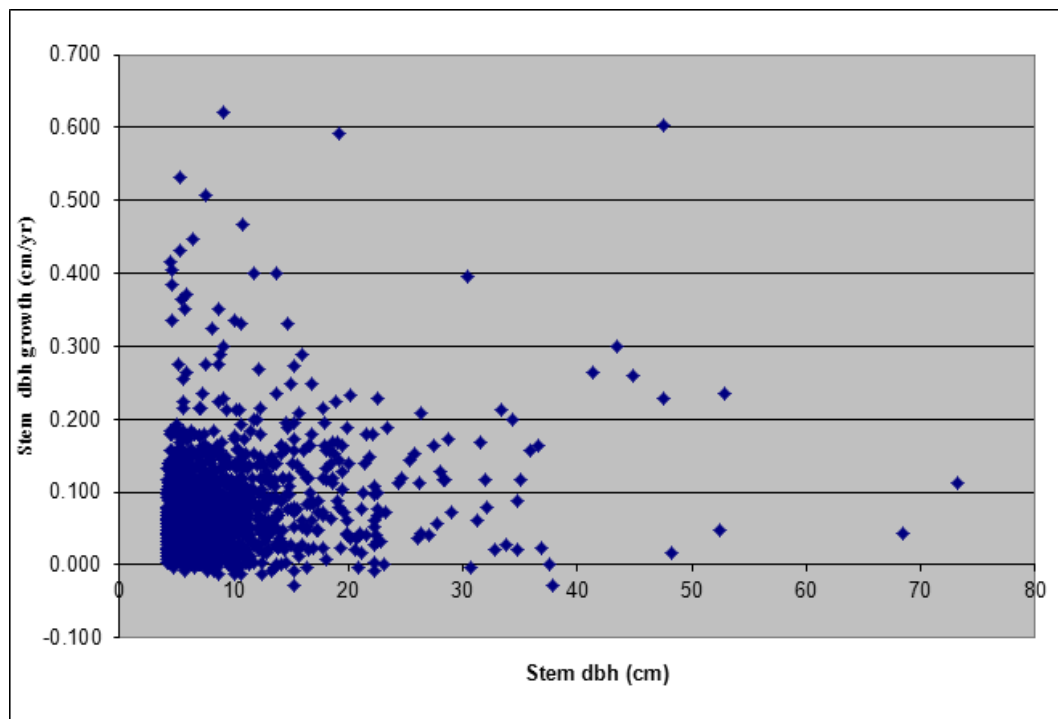


FIGURE 5. Mean annual diameter increment (MAI) for all 1,402 stems that survived the 25-year measurement period in the Cinnamon Bay watershed.



varied by species, forest type, and stage of maturity, and showed positive differences after hurricanes and thinning (Crow 1980; Crow and Weaver 1977; Wadsworth 1947, 1953; Weaver 1983). The MAI in mature stands for periods between 5 and 28 years ranged from 0.03 cm yr⁻¹ in dwarf forest at the mountain summits to 0.10-0.20 cm yr⁻¹ in lower montane, montane, and palm brake forests at lower elevations. Thinned lower montane forest showed MAIs averaging between 0.25 to 0.74 cm yr⁻¹ for potential crop trees of several different species over an 18-year period (Crow and Weaver 1977). In general, the long-term MAI in humid forests of the Luquillo Mountains is slightly greater than that of the dry forest at Cinnamon Bay, except for the dwarf forest. Moreover, typical differences between secondary and mature forest species are apparent.

Value of dbh measurements

Tropical foresters have measured dbh growth rates on permanent plots for more than a century but they are rarely reported in ecological literature. Dbh data from permanent plots remain one of the easiest measurements to record and one of the most versatile for determination of other useful ecological information. For example, dbh plot data may provide useful information regarding (Weaver 1983, 1994, 1996, 2009):

- **Stand characteristics** – tree density, species composition and richness, information on rare or endangered species, typical and maximum tree dimensions, and stand basal areas, volumes, and biomass; information for determination of site indices (i.e., growth curves for timber production).
- **Gradient information** – species-site relationships or species' changes according to environmental variables, i.e., aspect, elevation, topography (ridge, slope, or ravine), and exposure.
- **Dynamics** – stand density changes due to differential tree survival, ingrowth, and mortality; post disturbance rates of forest

recovery; estimates of tree ages and productivity; response to silvicultural activities like thinning; and possibly information on nutrient dynamics within watersheds.

- **Climatic impacts** – impacts of persistent wind, heavy rains, drought, and hurricanes; immediate and delayed post-hurricane mortality; resistance to wind throw and uprooting by tree species and by site; and possibly, with excellent maintenance, long-term species responses to climatic change (i.e., global warming).

ACKNOWLEDGMENTS

Iván Vicéns and Luis Ortiz assisted with field work. This work was done in cooperation with the University of Puerto Rico at Río Piedras.

LITERATURE CITED

- Beard, J. S. 1949. Natural vegetation of the Windward and Leeward islands. Oxford Forestry Memoirs 21:1-132.
- Bullen, R. 1962. Ceramic periods of St. Thomas and St. John Islands, Virgin Islands. Report 4. Maitland, FL: Central Florida Museum, William L. Bryant Foundation 1-49.
- Colón-Dieppa, E., H. Torres-Sierra, and J. Ortiz. 1991. U.S. Virgin Islands: floods and droughts. Water Supply Paper 2375. San Juan, PR: U.S. Department of the Interior, Geological Survey. P. 521-526.
- Crow, T. R. 1980. A rain forest chronicle: a thirty year record of change in structure and composition at El Verde, Puerto Rico. *Biotropica* 12:42-55.
- Crow, T. R., and P. L. Weaver. 1977. Tree growth in a moist tropical forest in Puerto Rico. Research Paper ITF-22. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 17 p.
- Donnelly, T. W. 1966. Geology of St. Thomas and St. John, U.S. Virgin Islands. In Hess, H.H., editor. Caribbean geological investigations. Geological Society of America Memoir 98:85-176.

- Dookhan, I. 1974. A history of the Virgin Islands of the United States. St. Thomas, VI: Caribbean Universities Press and Bowker Publishing Company for the College of the Virgin Islands. 321 p.
- Ewel, J. J., and J. L. Whitmore. 1973. The ecological life zones of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. Forest Research Paper ITF-18. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 72 p.
- Grubb, P. J. 1977. Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains with special reference to mineral nutrition. *Annual Review of Ecology and Systematics* 8:83-107.
- Forthun, G. 2005. Tropical systems affecting the U.S. Virgin Islands 1989-1999 as compared to Hurricane Hugo. SERCC Research Series Report. Columbia, SC: South Carolina Department of Natural Resources, Southeast Regional Climate Center. 29 p.
- Haas, W. H. 1940. The American empire: a study of the outlying territories of the United States. Chicago: University of Chicago Press. 408 p.
- Hatch, C. E., Jr. 1972. Virgin Islands National Park – St. John Island (“the quiet place”) with special reference to Annaberg Estate, Cinnamon Bay Estate. Washington, DC: Office of Archeology and Historic Preservation. 220 p.
- Knight, D. W. 1999. A brief history of the Cinnamon Bay Estate on St. John in the Danish West Indies 1718-1917. St. Thomas, VI: Little Norside Press. 85 p.
- Larsen, L. C. 1986. The Danish colonization of St. John 1718-1733. St. Thomas, VI: Virgin Islands Resources Management Cooperative. 72 p.
- Lawaetz, E. J. 1991. St. Croix: 500 years pre-Columbus to 1990. Herning, Denmark: Paul Kristensen. 494 p.
- Olwig, K. F. 1980. National parks, tourism and local development: a West Indian case. *Journal of the Society for Applied Anthropology* 39(1):22-31.
- Rivera, L. H., W. D. Frederick, and C. Farris, *et al.* 1970. Soil survey of the Virgin islands of the United States. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Caribbean Area. 78 p. + maps.
- Rivera, L. H., W. E. McKenzie, and H. H. Williamson. 1966. Soils and their interpretation for various uses: St. Thomas and St. John, American Virgin Islands. San Juan, PR: U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Caribbean Area. 52 p.
- Robinson, A., and F. Henle. 1978. Virgin Islands National Park: the story behind the scenery. Las Vegas, NV: KC Publications. 48 p.
- Rogers, C. S., and A. E. Reilly. 1998. Insights into forest dynamics from long-term monitoring on St. John, U.S. Virgin Islands. Pages 323-332 *in* F. Dallmeier, J. A. Comisky, editors. Forest biodiversity in North, Central and South America, and the Caribbean: research and monitoring. Washington, DC: Smithsonian Institution.
- Rogers, C. S., and R. Teytaud. 1988. Marine and terrestrial ecosystems of the Virgin Islands National Park and Biosphere Reserve. Biosphere Reserve Research Report 29. St. Thomas, VI: U.S. Department of the Interior, National Park Service; Virgin Islands Resource Management Cooperative; Island Resources Foundation. 112 p.
- Southeast Regional Climate Center. 2003. Catherinberg, Virgin Islands NCDC 1971-2000 monthly normals. sercc@dnr.state.sc.us (access date: November 11, 2003).
- Tyson, G. F., Jr. 1987. Historic land use in the Reef Bay, Fish Bay, and Hawksnest Bay watersheds St. John, U.S. Virgin Islands, 1718-1950. Biosphere Reserve Research Report No. 19. St. Thomas, VI: U.S. Department of the Interior, National Park Service; Virgin Islands Resource Management Cooperative; Island Resources Foundation. 54 p.
- Wadsworth, F. H. 1947. Growth in the lower montane forest of Puerto Rico. *Caribbean Forester* 8:27-35.
- Wadsworth, F. H. 1953. New observations of the growth in tabonuco forest. *Caribbean Forester* 14:106-111.
- Weaver, P. L. 1983. Tree growth and stand changes in the subtropical life zones of the Luquillo Mountains. Research Paper SO-190. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 24 p.
- Weaver, P. L. 1994. Effects of Hurricane Hugo on trees in the Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science* 30(3-4):255-261.

- Weaver, P. L. 1996. Forest productivity in the Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science* 32(1):89-98.
- Weaver, P. L. 1998. The effects of environmental gradients on hurricane impact in Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. Pages 333-348 *in* F. Dallmeier, J. A. Comiskey, editors. *Forest biodiversity in North, Central and South America, and the Caribbean*. Paris, France: The Parthenon Publishing Group.
- Weaver, P. L. 2006a. A summary of 20 years of forest monitoring in Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. General Technical Report GTR-IITF-34. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 35 p.
- Weaver, P. L. 2006b. Estate Thomas Experimental Forest, St. Croix, U.S. Virgin Islands: research history and potential. General Technical Report GTR-IITF-30. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 62 p.
- Weaver, P. L. 2009. Conservation strategies: long-term monitoring of permanent plots in Caribbean forest reserves. Pages 82-101 *in* P. L. Weaver, G. P. Bauer, editors. *Proceedings of the Fourteenth Meeting of Caribbean Foresters in Dominica, April 28 –May 2, 2008*. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry.
- Weaver, P. L., and J. D. Chinea-Rivera. 1987. A phytosociological study of Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science* 23(2):318-336.
- Woodbury, R. O., and P. L. Weaver. 1987. The vegetation of St. John and Hassel Island, U.S. Virgin Islands. Research/Resources Management Report SER-83. Atlanta, GA: U.S. Department of the Interior, National Park Service. 101 p. + map.

COMPARACIÓN ENTRE LOS FLUJOS DE ESCORRENTÍA PLUVIAL Y AGUAS SUBTERRÁNEAS QUE NUTREN LA RESERVA ESTUARINA DE LA BAHÍA DE JOBOS EN SALINAS, PUERTO RICO

Ferdinand Quiñones

PO Box 3387

Brentwood, TN 37024

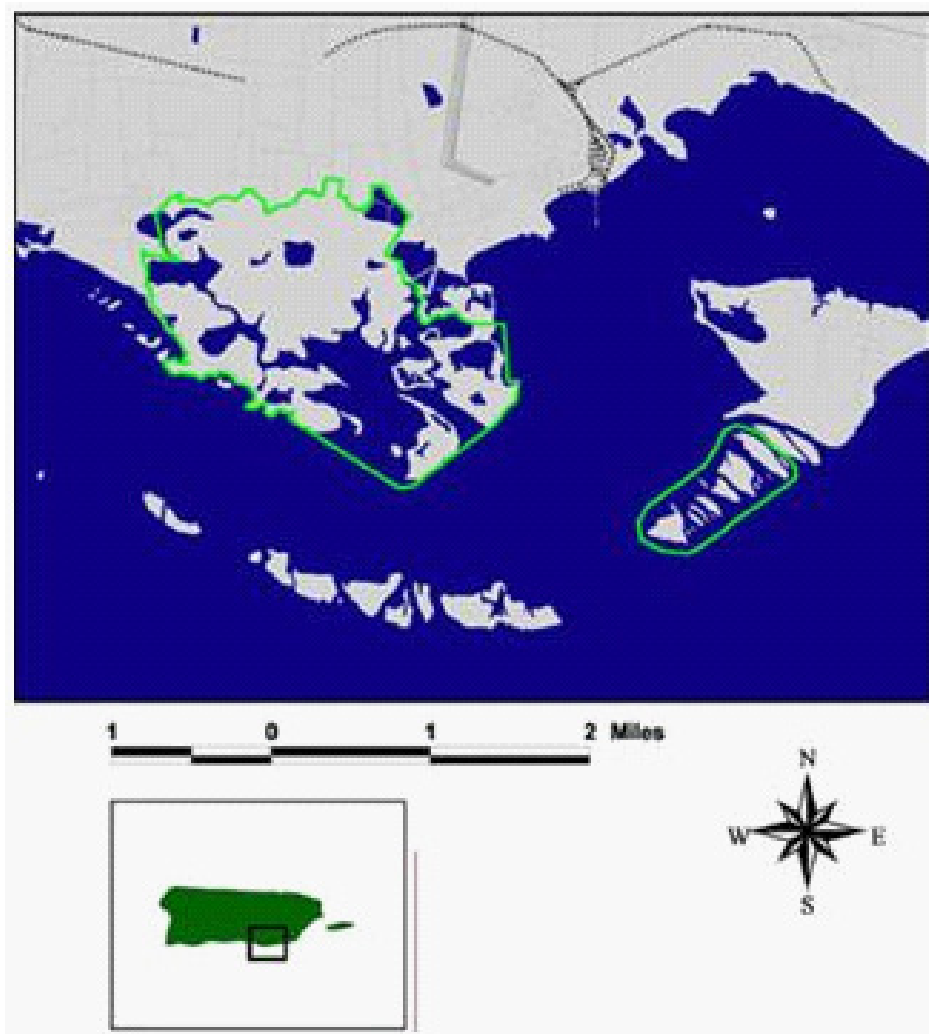
La Reserva de la Bahía de Jobos, en la zona de Aguirre del Municipio de Salinas, es uno de los recursos costaneros y marítimos más importantes en Puerto Rico. La reserva es formada por terrenos costaneros al oeste de Aguirre y una serie de cayos e islotes denominados Cayos Caribe y la Zona de Mar Negro en la Bahía de Jobos (Fig. 1). La zona incluye un bosque subtropical seco en el litoral costanero, planicies salinas y fangosas, humedales intermitentes, varias lagunas salinas, bosques de mangles en los cayos e islotes y la periferia de costa, canales entre los mangles, y comunidades de corales y hierbas marinas en la zona marítima. Debido a esta diversidad ecológica, la zona fue seleccionada en 1981 como una de las 25 áreas en la red del Sistema Nacional de Reservas Estuarinas Federal (NEERS, por sus siglas en inglés). El sistema de reservas se estableció mediante la Ley Federal de Manejo Costanero de 1972, y opera mediante una colaboración entre la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) y los estados o territorios que tienen costas. La NOAA aporta fondos y dirección a nivel nacional, mientras que entidades estatales operan las reservas. En el caso de la Reserva de Jobos (conocida para efectos del programa federal por las siglas Jobanerr), el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) es responsable del manejo diario de la zona, con el apoyo de socios o grupos locales. La Reserva incluye 2,800 acres (1,134 a) en la zona costanera y el litoral marítimo (Fig. 2).

La zona incluida en la Reserva fue denominada como un sistema estuarino usando el criterio general que define estos ecosistemas. Los estuarios son lugares donde el agua dulce de los ríos y/o acuíferos

se mezcla con el agua salada o salobre. Un estuario puede ser formado en la desembocadura de un río a una bahía, en una laguna, o en ciénagas costaneras (humedales costaneros). Los estuarios son ecotonos ambientales de gran importancia a la vida terrestre y acuática, sirviendo de “incubadoras” en distintas etapas del desarrollo de un gran número de especies de fauna marina. Se estima que aproximadamente dos terceras partes de todos los peces y mariscos de valor alimentario utilizan estos importantes hábitculos como áreas de desove y como viveros. Los humedales asociados a los estuarios protegen de marejadas e inundaciones las áreas más altas tierra adentro donde predominan especies de flora menos tolerantes a las altas salinidades del mar. Los estuarios son también zonas de importancia para las aves, particularmente en los trópicos donde la presencia de árboles de mangle y otras especies de flora proveen hábitats atractivos a una gran variedad de pájaros.

Históricamente se concluyó sin estudios o datos sistemáticos que las aguas subterráneas son la fuente principal de agua dulce a la Reserva Jobanerr. Esta presunción se basó en la presencia de humedales perennes en los límites terrestres de la Reserva en una zona de lluvia limitada como es la Región Sur de Puerto Rico y el área de Salinas a Guayama, incluyendo a Aguirre. En esta zona la lluvia promedio anual es de aproximadamente 1,100 milímetros (mm) anuales, con variaciones desde solamente 500 mm en años de sequía hasta 1,600 mm en años húmedos (National Weather Service (NWS), 2008). Un análisis de los datos históricos de lluvia del NWS en la zona de Aguirre permite enfocar en los años de lluvias abundantes y eventos ciclónicos.

FIGURA 1. Ubicación general y límites de la Reserva de la Bahía de Jobos.



Los datos de lluvia del NWS documentan los años en que ocurrieron precipitaciones sobre el promedio en consecuencia de huracanes o vaguadas que afectaron a Puerto Rico directa o indirectamente (Fig. 3). Los datos para Aguirre reflejan años de lluvia en exceso de 1,250 mm anuales en varios años:

1. En 1956, debido al huracán Santa Clara (Betsy), que afectó directamente la Isla entrando por Yabucoa.
2. En 1958, debido a los huracanes Ella y Gerda, que pasaron al sur de la Isla, induciendo lluvias severas.
3. En 1960, debido al huracán Donna, que pasó al sur de la Isla causando inundaciones generales mayores en todo Puerto Rico.
4. En 1970, debido a una vaguada inducida por el huracán Dorothy que causó severas inundaciones en toda la Región Sur.
5. En 1979, debido a la tormenta tropical Federico.
6. En 1985, debido a una depresión tropical que causó lluvias históricas e inundaciones severas en la Región Sur.
7. En 1987, debido al huracán Emily que pasó al sur de la Isla.

FIGURA 2. Foto aérea de la zona de la Reserva de la Bahía de Jobos en el 2004.



8. En 1996, debido al huracán Hortense.
9. En 1998, debido al huracán Georges.
10. En el 2003, debido a varias vaguadas tropicales y frentes de frío.

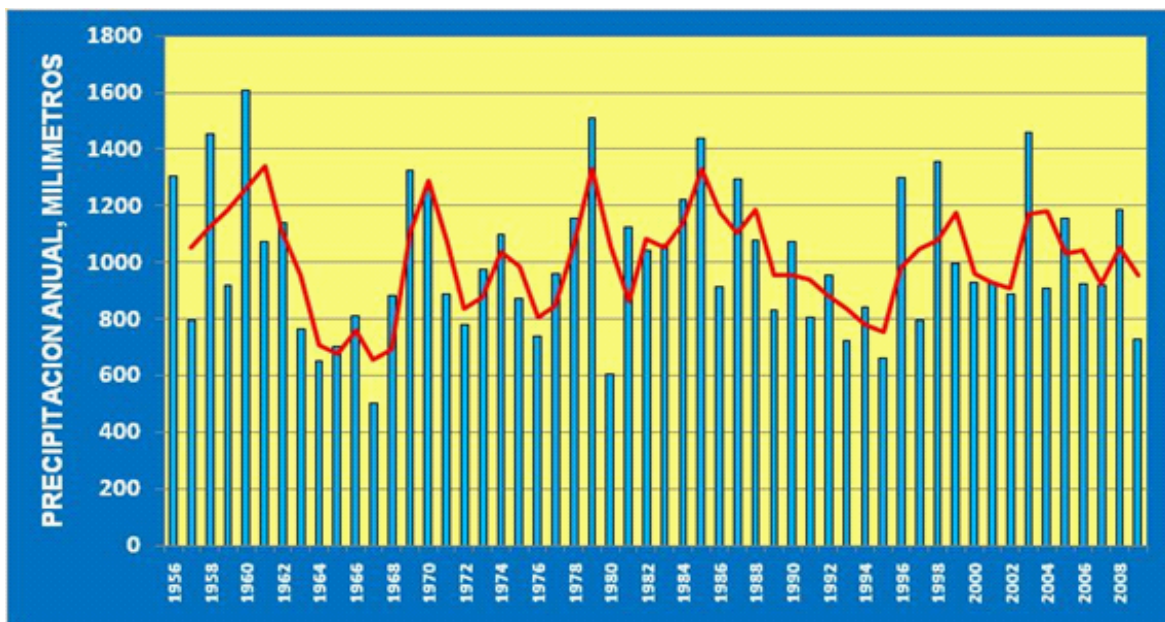
Los datos en la Figura 3 también documentan las sequías severas con precipitaciones en Aguirre menores de 630 mm anuales, incluyendo los eventos de 1963-67; 1979-80; de 1986; y 1993-94. En esta figura también se presenta el promedio de lluvia anual acumulativo (“moving average”) en Aguirre. A pesar de las sequías periódicas antes indicadas, la tendencia general del promedio es ascendente, particularmente desde 1994.

Análisis adicionales de los datos mensuales de lluvia establecen que generalmente durante septiembre a noviembre de cada año ocurren las

acumulaciones mayores de precipitación en la zona de Aguirre y la Reserva Jobanerr (Fig. 4).

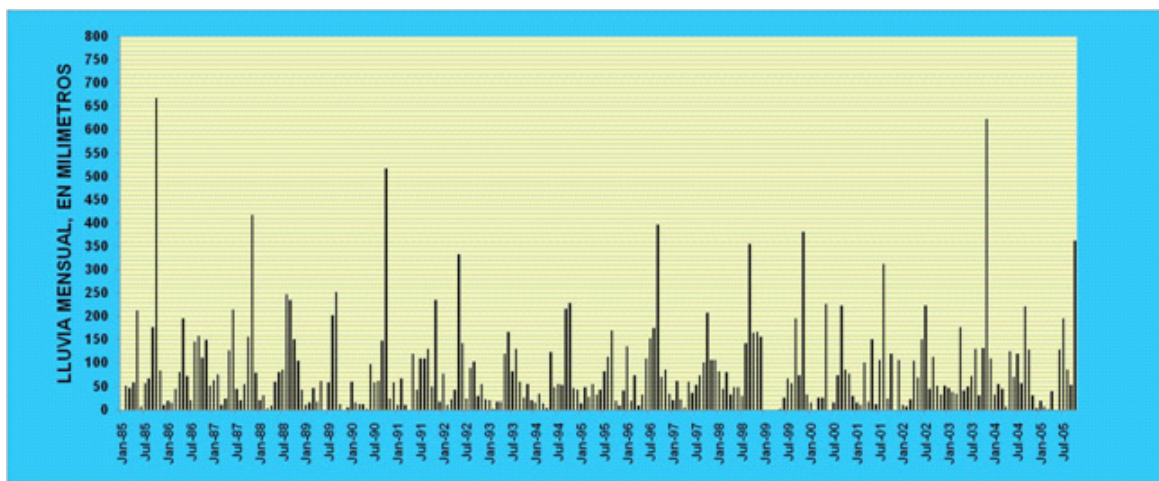
Lluvias torrenciales de hasta 660 mm en 24 horas se han registrado en las laderas sur que drenan escorrentía hacia la zona de Aguirre y la Reserva. La Figura 4 documenta lluvias totales mensuales que excedieron 250 mm en diez (10) instancias entre 1985 y el 2006. En tres (3) instancias, la lluvia total mensual en Aguirre excedió 508 milímetros (1985, 1990, y 2003). Estas lluvias torrenciales causan inundaciones severas en todo el litoral sur, arrojando los valles aluviales y descargando grandes cantidades de agua dulce hacia los sistemas costaneros tales como los que caracterizan a la Reserva Jobanerr.

FIGURA 3. Lluvia anual (negro) y promedio (rojo) desde 1956 al 2006 en la estación de Aguirre.



FUENTE: NWS, 2010

FIGURA 4. Lluvia mensual de Aguirre desde 1985 al 2006.



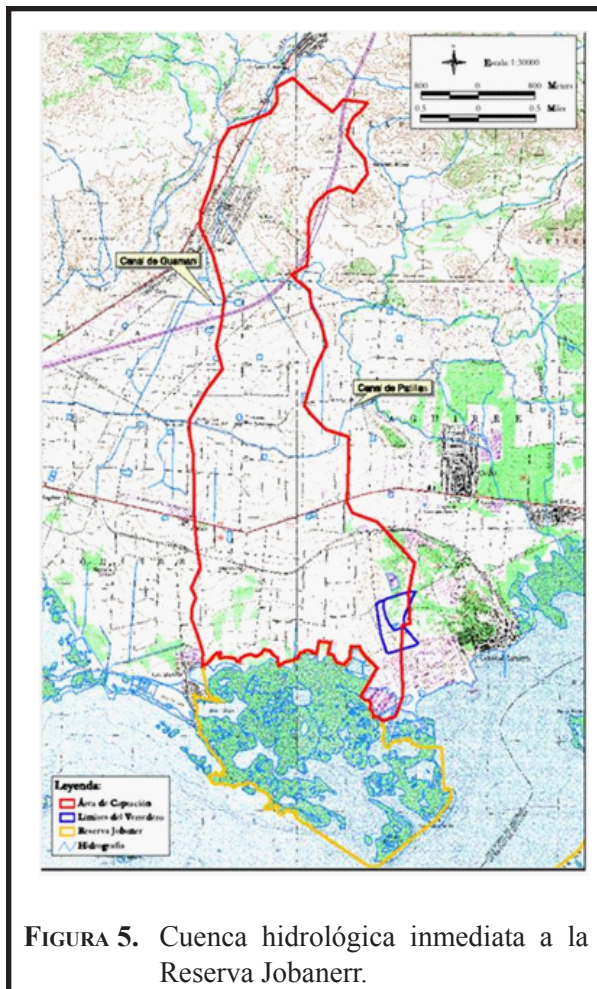
FUENTE: NWS, 2008

El rol en suplir agua dulce a la zona de la Reserva de las escorrentías superficiales normales y las generadas durante las inundaciones periódicas no ha sido caracterizado anteriormente, ni comparado con las posibles contribuciones de agua subterránea de los acuíferos de la zona. Este estudio evalúa ambas fuentes de agua dulce y

estima sus contribuciones anuales y a largo plazo. Este conocimiento será útil en optimizar el manejo de la Reserva a medida que aumentan las presiones sociales y económicas para el desarrollo con fines urbanos, turísticos, y recreativos de la cuenca hidrogeológica (componentes de agua superficiales y subterráneos) que nutre la Reserva.

Hidrología Superficial de la Cuenca que Nutre la Reserva Jobanerr

La hidrología superficial de la cuenca que descarga escorrentía a la Reserva Jobanerr es típica de la Región Sur de la Isla. Ríos intermitentes fluyen de las laderas sur de las cordilleras al norte de la zona, incluyendo los ríos Salinas hacia el oeste y el río Guamaní hacia el este, los cuales no influyen la reserva. En la zona inmediata propia que se define posteriormente como la “cuenca” de Jobanerr no existen ríos significativos. La Quebrada de Aguas Verdes fluye desde las colinas en la vecindad del Albergue Olímpico, cruzando por debajo de la Autopista PR-53 y la carretera PR3, y discurriendo hacia el sur hasta descargar en la vecindad de la Comunidad de Jobos, al este de los límites de Jobanerr. Esta quebrada tiene un área de captación menor, estimada por el USGS en aproximadamente 257 acres (104 ha).



Utilizando los mapas topográficos del USGS se puede estimar el tamaño y forma de la cuenca que nutre agua a la Reserva Jobanerr, ya sea por infiltración alimentando el acuífero o por escorrentía superficial (Fig. 5). Como se documenta más adelante, el área superficial de la cuenca es de aproximadamente 3,976 acres (1,609 ha).

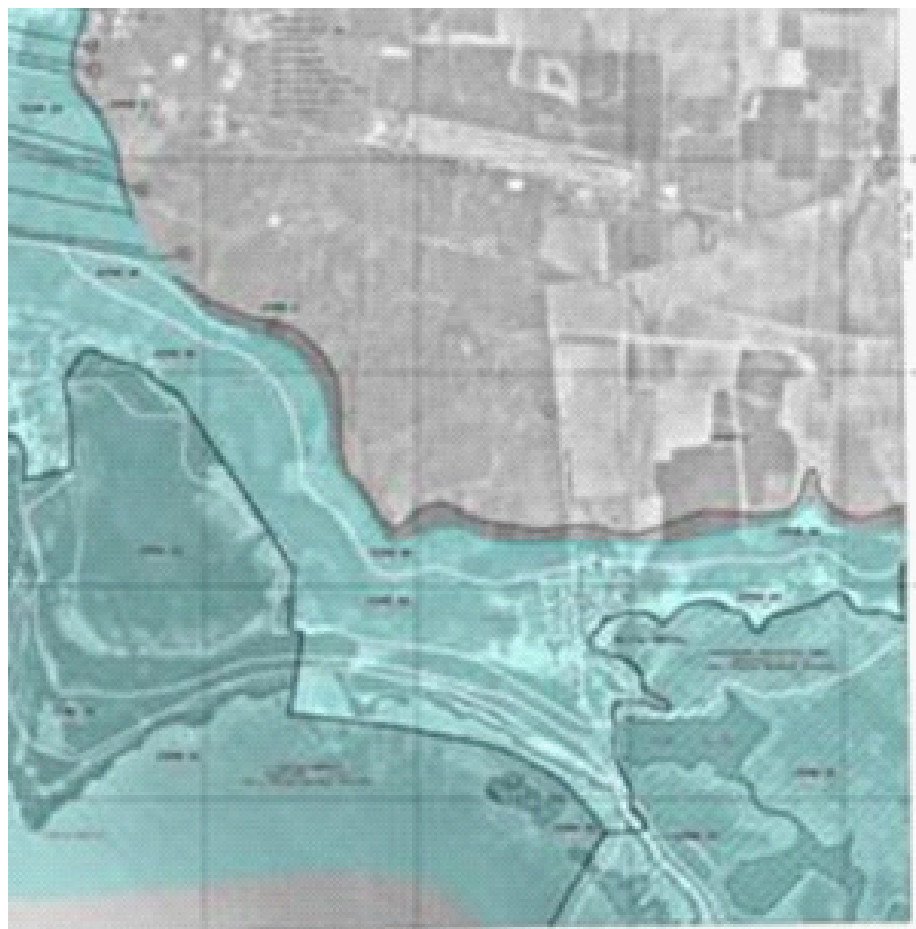
El régimen hidrológico de la Quebrada de Aguas Verdes refleja condiciones de estiaje la mayor parte del año, excepto durante eventos de lluvia periódicos. Sin embargo, crecientes con un pico de hasta 17 metros cúbicos por segundo (m^3/s) pueden ocurrir durante eventos de lluvias intensas, tales como las ocasionadas por el huracán Hugo en 1989. Durante este evento la lluvia total durante 24 horas en Aguirre fue de 120 mm la cual es equivalente a un intervalo de recurrencia de 100 años (probabilidad de 1 por ciento de ocurrir en un año). Esta lluvia generaría una cantidad de escorrentía equivalente a 60 mm en la Quebrada de Aguas Verdes, luego de descontar la evapotranspiración y la infiltración neta a los suelos. Esta escorrentía se puede convertir en un volumen total de agua tomando en cuenta el área total de captación de la quebrada. Igualmente, si asumimos que la precipitación durante ese período de 24 horas fue similar en toda la cuenca que nutre la Reserva (lo cual es típico en los valles costaneros del sur), podemos estimar la cantidad total (volumen) de escorrentía que esta lluvia genera. Esto se obtiene multiplicando el promedio de lluvia en mm sobre el tamaño de dicha área de captación (en unidades compatibles como acres). Debido al tamaño menor de la cuenca de la Quebrada de Aguas Verdes, esta escorrentía es equivalente a aproximadamente 62,405 metros cúbicos (m^3). Esta cantidad de agua no es significativa cuando se compara con las descargas que ocurren en ríos principales, tales como en el río Majada y en el río Nigüa al oeste de la Reserva Jobanerr. Como elemento de comparación, en el 2008 la descarga promedio diaria más alta en el río Majada cerca de Salinas fue de 402,100 m^3 , o 6.5 veces mayor que la descarga más alta en la Quebrada de Aguas Verdes, que es la que nutre el estuario.

Los análisis del flujo de agua superficial en la cuenca que nutre la Reserva Jobanerr establecen que la mayor parte de la escorrentía proviene de

canales de desagüe y flujo laminar que discurre durante eventos de lluvia intensa. Este régimen se sustenta también con los datos de las zonas inundables para la creciente de 100 años en la zona de la Reserva según documentado en los mapas de inundaciones de FEMA. El mapa vigente de FEMA para la zona de Salinas y la Reserva Jobanerr se incluye en la Figura 6 enfocado en la zona de la Reserva adyacente a la planta termoeléctrica de Aguirre de la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE). El propósito de esta figura es demostrar la magnitud de la escorrentía que fluye del río Salinas justamente al este de la Reserva. Es evidente del mapa de inundaciones del río Salinas que los eventos de crecientes son el factor hidrológico de mayor relevancia a la zona costanera cercana a la Reserva.

COMPARACIÓN ENTRE LAS CONTRIBUCIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL A LA RESERVA JOBANERR

Datos hidrológicos e hidrogeológicos históricos de la cuenca que nutre de agua la Reserva Jobanerr se usaron para estimar el flujo promedio anual de agua subterránea y superficial que recibe la zona marítima costanera que representa la Reserva. Cálculos independientes en este informe y en un estudio sistemático llevado a cabo por el USGS en el 2008 (Kuniansky 2010) coinciden en el estimado de la cantidad de flujo de agua subterránea desde el acuífero de la zona a la costa inmediata a la Reserva. En este informe se utilizaron datos de lluvia histórica en Aguirre, en combinación con la



FUENTE: FEMA, 2005

FIGURA 6. Mapa de inundaciones del río Salinas cerca de la Reserva Jobanerr.

información de la cuenca que alimenta la Reserva, para la cantidad de escorrentía que la misma recibe.

El estudio del USGS, publicado en el 2010, utilizó un modelo bi-dimensional del acuífero al norte de la costa para calcular el flujo promedio de agua subterránea que descarga hacia la Reserva. Sin embargo, el estudio del USGS no tomó en cuenta el flujo de agua superficial hacia la Reserva, particularmente durante eventos de lluvias extremas. El modelo del USGS fue calibrado para condiciones promedio (“steady state”), y no evaluó eventos transitorios (“transient”), por lo que no tomó en cuenta los pulsos extremos de escorrentía y posible recarga al acuífero ocasionados por eventos de lluvias torrenciales tales como en noviembre del 2003, cuando la cuenca que nutre la Reserva recibió 624 mm de lluvia en ese mes solamente (Fig. 4). En el período de simulación del flujo de agua subterránea con el modelo, el USGS utilizó un promedio anual de lluvia sobre la cuenca de 965 mm, cuando en años como en el 2003, el total fue de 1,456 mm (Fig. 3).

Estas comparaciones no implican que el estudio del USGS está errado, sino que el mismo se limitó a condiciones promedios que no tomaron en cuenta la escorrentía superficial que fluye hacia la Reserva en períodos de lluvias intensas como en el 2003. Esta condición fue validada mediante una comunicación telefónica en noviembre del 2010 con la investigadora principal del USGS a cargo del estudio (Eve Kuniansky). El estudio del USGS se enfocó en evaluar los efectos en el acuífero y flujo de agua subterránea ocasionados por cambios en irrigación en la zona de Aguirre (de inundación a riego por goteo). En comparación, en este informe se definen tanto el flujo de agua subterráneo para condiciones promedios similares al estudio del USGS, así como el flujo de agua superficial a la Reserva durante eventos de lluvia significativas. Esto permitió determinar la fracción que el agua subterránea representa del flujo total de agua que recibe la Reserva.

Flujo de Agua Subterránea

Datos de varios estudios de la hidrogeología de la zona de Aguirre llevados a cabo por el USGS

permiten estimar el flujo promedio anual de agua subterránea que discurre desde el Acuífero de Salinas hacia la Reserva. Los estudios pertinentes se refieren más adelante.

1. El flujo se calculó utilizando la Ecuación de Darcy (Freeze and Cherry 1979), que permite calcular el flujo de agua subterránea en una sección transversal de un acuífero donde se conocen sus características hidrogeológicas. La ecuación de Darcy calcula el flujo mediante la relación:

$$Q = (K)(A) \, dh/dl,$$

Donde: **K** es la Conductividad Hidráulica;
A es el área de la sección transversal del acuífero utilizada; y
dh/dl es la pendiente o gradiente hidráulico promedio, definido por los niveles freáticos.

El valor de estos parámetros para el área del Acuífero de Salinas aguas arriba de la Reserva de Jobanerr se obtuvo de los estudios del USGS sobre las aguas subterráneas en el área de Salinas, incluyendo la zona del Vertedero Municipal de Salinas (VMS) y la Reserva Jobanerr. Estos estudios incluyen los de Renken *et al.* (2002); Quiñones Aponte *et al.* (1997); Renken y Gómez (2003); Bennett (1974); Quiñones Aponte (1989); Gómez *et al.* 1990); y USGS (1986).

El estudio del USGS “Potentiometric surface of the alluvial aquifer and hydrologic conditions in the Salinas quadrangle, Puerto Rico, March 1986”, (WRIR 87-4161) es de vital importancia en el análisis pues ilustra los niveles freáticos en la vecindad de la Reserva y su elevación, lo que permite definir con certeza la dirección del flujo subterráneo (Fig. 7).

Con la información de los estudios anteriores se desarrolló una sección lateral del Acuífero de Salinas en la zona de descarga de agua subterránea hacia la Reserva Jobanerr (Fig. 8). Esta sección

FIGURA 7. Mapa de elevaciones del nivel freático en la zona de Salinas y Aguirre.



FUENTE: USGS, 2010

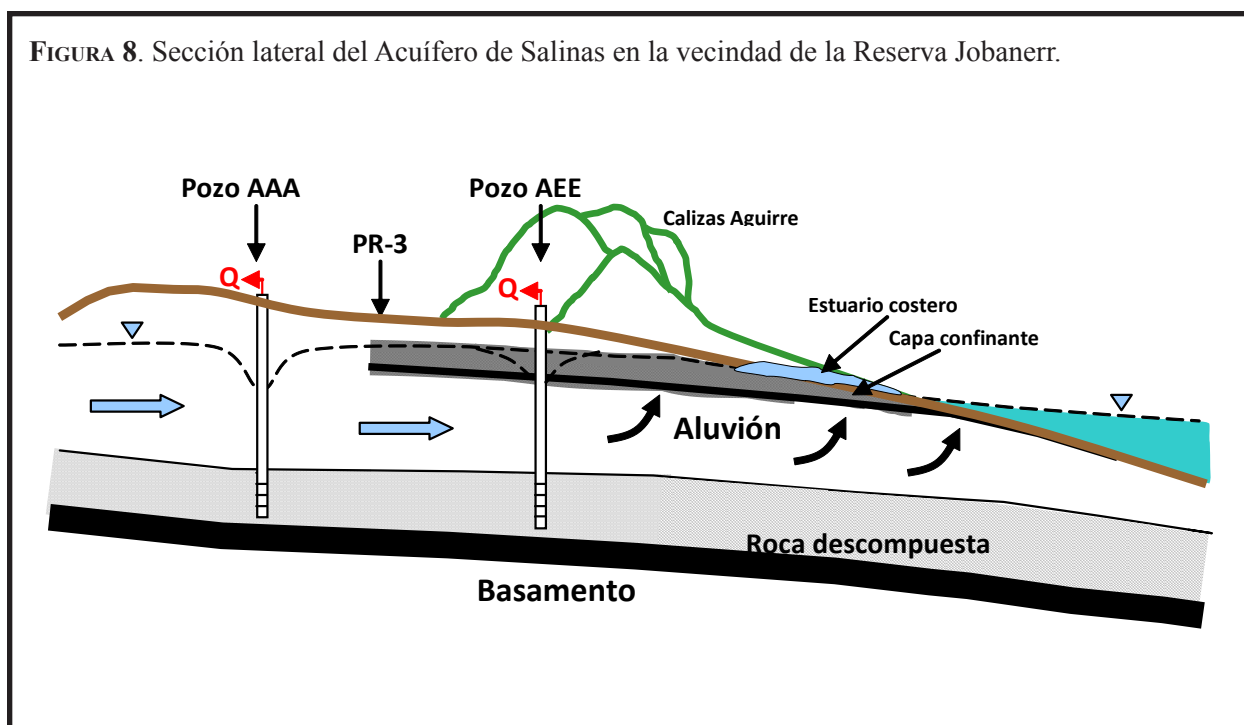
lateral provee un cuadro claro de la naturaleza del flujo de agua subterráneo en la vecindad de la Reserva. El estudio del USGS del 2010 utilizó una sección transversal similar y características hidrogeológicas comparables, ya que los datos surgieron de las mismas fuentes en estudios anteriores.

1. Lo importante de esta sección lateral es que el espesor de la capa del acuífero que contribuye agua hacia la Reserva es limitado, y varía entre 50-100 pies (30.4 m). Esto se debe a que el material poroso formado por aluvión y rocas descompuestas (ilustrado en el diagrama) se reduce hacia la costa, y está semi-confinado por capas de arcilla impermeables o semi-impermeables.
2. El espesor de los materiales en el acuífero por sí solos no controlan el flujo de agua subterránea, sino la Conductividad Hidráulica (K), que es a su vez afectada por la porosidad del material. En el caso del acuífero que descarga a la Reserva Jobanerr, el USGS estima que la porosidad en

esta zona no excede 0.15 unidades, lo que limita la permeabilidad a valores que no exceden 12 metros por día.

3. En el análisis, al asumir la aplicación de la Ecuación de Darcy a sectores del acuífero semi-confinado, se asume que este responde al gradiente hidráulico en forma similar que un acuífero no-confinado. Debido a que los datos de campo sugieren que las capas semi-confinadas no prevalecen, el error potencial de esta presunción es menor y no afecta significativamente los resultados del estimado.
4. La información disponible en los estudios del USGS permitió desarrollar una segunda sección del acuífero que alimenta la Reserva de Jobanerr, esta vez transversal (de este a oeste, denominada PR-PR). El propósito de esta sección fue estimar el área saturada del acuífero que contribuye flujo de agua subterránea a la Reserva, utilizando la ecuación de Darcy. Esta sección se ilustra en la Figura 9, proveyendo también el ancho del área de descarga.

FIGURA 8. Sección lateral del Acuífero de Salinas en la vecindad de la Reserva Jobanerr.



Los datos hidrogeológicos de las secciones transversales descritas en los párrafos anteriores se utilizaron para definir el área seccional (A) que conduce el agua subterránea. Los datos de los estudios del USGS permitieron estimar los valores de la Conductividad Hidráulica (K), mientras que la pendiente del manto de agua subterránea (dh/dl) se obtuvo del mapa potenciométrico. La integración de estos valores a la ecuación de Darcy permitió calcular el flujo de agua subterránea hacia la Reserva de Jobanerr. Estos cálculos en general coinciden con los resultados para condiciones estables (“steady state”) en el estudio de Kuniansky (USGS 2010).

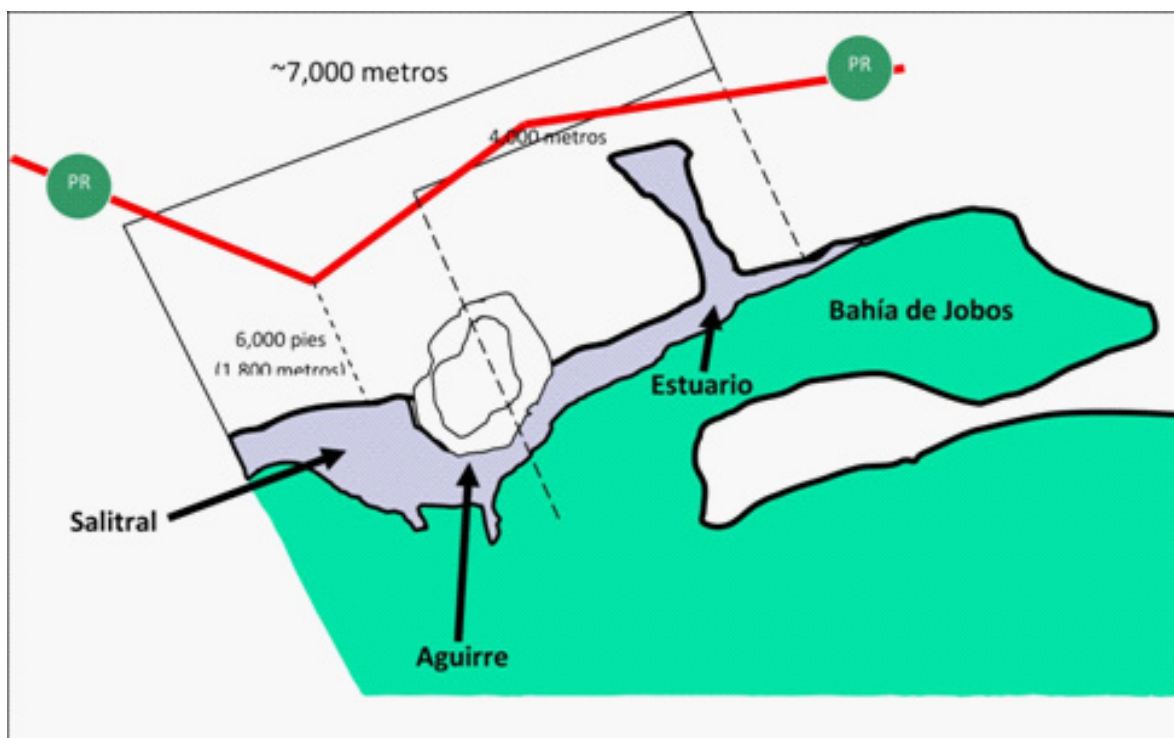
Estos cálculos establecen que el flujo máximo de agua subterránea del Acuífero de Salinas a la Reserva Jobanerr es de $0.0018 \text{ m}^3/\text{s}$ por cada 1,000 pies lineales de la sección transversal que se ilustra en la Figura 9. Al calcular el flujo para toda la sección, cuyo ancho es de 2,897 metros (m), por lo que la descarga de agua subterránea promedio a la Reserva es de $0.175 \text{ m}^3/\text{s}$. Este flujo es equivalente a una descarga promedio del acuífero al estuario de 15,120 metros cúbicos por día (m^3/d). Anualmente, el total de agua fresca que contribuye el acuífero

al estuario es de 5.52 millones de m^3 por año. Aunque este valor parece ser alto, en realidad, es menor al compararlo más tarde con la descarga de escorrentía que representa una lluvia de 254 mm, excedida ampliamente durante varios de los huracanes o vaguadas que afectan periódicamente la Región Sur.

Para validar que la contribución de las aguas subterráneas a la Reserva Jobanerr es relativamente menor, se calculó la cantidad de escorrentía que fluye desde el norte hacia el frente costanero de la Reserva. Estos cálculos se obtienen por el método de balance de masa, donde la Escorrentía (definida como R) es igual a la Precipitación (P) menos la Evapotranspiración (ET) menos la Infiltración (I). Los cálculos se basaron en los siguientes datos o información:

1. Datos de precipitación (P) en la zona de Aguirre y Salinas necesarios para calcular el volumen de escorrentía generado para diferentes lluvias, obtenidos de las estaciones meteorológicas operadas por el Servicio Meteorológico Nacional (NWS) o por el USGS. Estos datos incluyen la lluvia acumulativa en las estaciones

FIGURA 9. Sección transversal en el Acuífero de Salinas que descarga agua subterránea a la Reserva de Jobanerr.



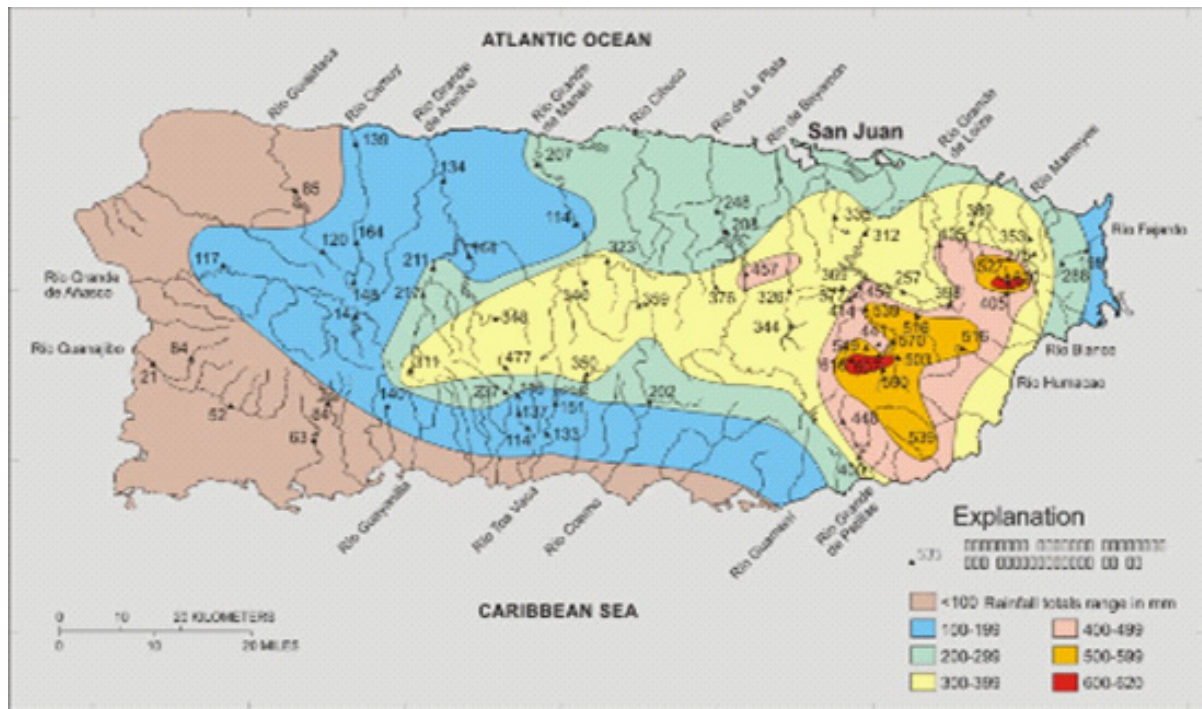
en Salinas (NWS) y Aguirre (USGS), los cuales se resumen en las Figuras 3 y 4. Estos datos de lluvia incluyen el total para el día o evento, así como la intensidad de la lluvia, de estar disponible.

2. Datos recientes en la zona de estimados de la Evapotranspiración (ET), en el área de Salinas cercana al VMS y la Reserva de Jobanerr. Los estudios del USGS de 1997 y el 2002 proveen esta información.
3. Datos recientes de la Infiltración (I) al acuífero costanero de parte de la Precipitación. Los estudios del USGS de 1997 y el 2002 proveen datos de Infiltración como parte de la calibración de los modelos matemáticos de flujo de agua subterránea en el Acuífero de Salinas.
4. El balance de agua para calcular la Escorrentía que fluye hacia el Estuario Jobanerr requiere definir con precisión la cuenca que nutre la Reserva. Esto se refiere a definir con precisión el área de captación que contribuye

a la escorrentía que se dirige a la Reserva. Normalmente, las cuencas son definidas por diferencias en elevación en el relieve natural de los terrenos. Las montañas o colinas en una cuenca actúan como barreras que definen en qué dirección fluirá la lluvia que no se evapotranspira, convertida en escorrentía. En cuencas costaneras como es la de la Reserva Jobanerr, estos límites no son claramente definibles por métodos tradicionales y es necesario utilizar herramientas más sofisticadas. Para obtener un cálculo correcto y confiable, se utilizó el siguiente procedimiento:

- a. La cuenca que drena hacia la Reserva Jobanerr se definió utilizando un Modelo de Elevación Digital. Este modelo tiene una base de datos geográfica para todo Puerto Rico, definiendo cada punto de la topografía con una precisión de 0.9 metros (m). Los mapas se prepararon utilizando

FIGURA 10. Precipitación promedio sobre Puerto Rico y la zona de la Reserva Jobaneer durante el huracán Hortense en 1996.



DRNA, 2005 NOTA: 600 MM $\approx$ 24 MILÍMETROS; 500 MM $\approx$ 20 MILÍMETROS; 400 MM $\approx$ 16 MILÍMETROS

- las herramientas de un Sistema de Información Geográfica (GIS); los modelos digitales de elevación topográfica del USGS y de Pictometría del 1998; fotografías aéreas de Ikonos (OGP del 2004); y los datos hidrográficos del USGS y la Junta de Planificación.
- b. Se estimó el área de captación por métodos independientes utilizando las fotos de Ikonos de OGP y los mapas topográficos del USGS. La Figura 5 muestra el área de captación a la Reserva con la base del mapa topográfico del USGS.
- c. El área de captación se calculó en aproximadamente 15.36 kilómetros cuadrados (km^2). El área de captación es fragmentada parcialmente por las carreteras PR-52 y PR-3 y los canales de Guamaní y Patillas de este a oeste.
- d. A pesar de que las líneas de contorno definen el área de captación con precisión, no se pudo identificar ningún cuerpo de agua definido que descargue superficialmente en la Reserva Jobanerr. La topografía del área no muestra áreas de concentración de flujo, lo que sugiere que la escorrentía superficial discurre como flujo laminar. Esto se puede deber a que existen varios canales y pequeñas charcas de irrigación que interceptan parte de la escorrentía que se genere a causa de eventos de lluvias menores.
- e. El área de captación estimada para la Reserva Jobanerr es de 3,796 acres, lo que es equivalente a 3,796 acres x 4,047 metros cuadrados (m^2) por acre, ó 15,362,412 m^2 de área de la cuenca contribuyente.
- f. Utilizando la lluvia promedio sobre el área de 1,016 milímetros (mm) (NWS, 2009), convirtiéndola en metros ($40/39.37$)=1.02 m, resulta en un volumen de lluvia promedio anual de 15.6 millones de m^3 .

- g. El DRNA estima que la evapotranspiración anual promedio en la cuenca de Salinas, cerca de Aguirre consume un promedio de hasta el 25 por ciento de la lluvia anual (75-250 mm, DRNA, 2004). Usando el valor más alto de 250 mm, resultaría en un volumen residual anual de escorrentía en la cuenca de 11.6 millones de m³.
- h. El volumen de escorrentía de 11.6 millones de m³ anuales se reduce por la infiltración del agua al Acuífero de Salinas en el área de la cuenca de la Reserva de Jobanerr. Los estudios del USGS antes citados han determinado que la infiltración en la zona cercana a la costa de Aguirre puede variar entre 50 a 125 mm al año (USGS, 1997), dependiendo de las condiciones antecedentes de lluvia y humedad.
- i. Usando el valor de infiltración más alto de 125 mm anuales, lo que resulta en el número menor posible de escorrentía, obtenemos un sobrante de escorrentía que discurre hacia la Reserva Jobanerr de por lo menos 635 mm anuales sobre toda la cuenca (balance de la lluvia (1,016 mm anuales), menos la Evapotranspiración (25 por ciento ó 254 mm, menos la Infiltración (127 mm). Estas 635 mm son equivalentes a 9.76 millones de m³ anuales.
- j. Estos cálculos establecen que en años de lluvia promedio de 1,016 mm, la escorrentía superficial a la Reserva Jobanerr es casi dos veces la contribución de las aguas subterráneas (9.76 millones de m³ versus 5.52 millones de m³).
- k. Ahora, si tomamos en cuenta un evento de lluvia como Hortense, la cantidad de escorrentía hacia la Reserva es mucho mayor. La Figura 10 ilustra la lluvia promedio causada por Hortense sobre Puerto Rico en el 1998. En la cuenca que drena hacia la Reserva Jobanerr, la lluvia promedio fue de aproximadamente 152 mm en 24 horas. Para un evento de esa naturaleza, los estimados de Evapotranspiración e Infiltración anuales utilizados anteriormente no aplican, debido a que el terreno se satura con la primera pulgada y al bajar la temperatura, la ET se reduce a un mínimo.
- l. Si asumimos que en este evento de 152 mm en 24 horas, un total de 25 mm combinados se evapotranspiración a la atmósfera e infiltraron al sub-suelo (valores conservadores), mientras que el balance de 127 mm descargó por canales, zanjas y como escorrentía difusa hacia la reserva. Estos 127 mm son equivalentes a 1.93 millones de m³ en un día. Esta descarga masiva en 24 horas de agua fresca es un tercio de la descarga anual del acuífero.
- m. Durante años de lluvia abundante en toda la Isla y la Región Sur, la situación cambia totalmente para el estuario. Los datos del NWS históricos revelan que la lluvia promedio en la estación de Aguirre en el 1909 fue de 1,890 mm, y en el 1970 de 1,730 mm. Estos dos años coinciden con eventos de lluvias extraordinarios que descargaron hasta 250 milímetros en un día directamente sobre la cuenca. En ambas instancias, si conservadoramente calculamos que las tasas de ET (250 mm) e Infiltración (127 mm) anuales aplican, el residual de escorrentía hacia la Reserva Jobanerr sería entre 1,350 a 1,500 mm. Esto resultaría en una descarga de aguas de escorrentías a la Reserva de entre 20.7 a 23.0 millones de m³ en el año.

Estos datos y análisis establecen que la fuente principal de agua a la Reserva Jobanerr no es el Acuífero de Salinas, sino la escorrentía proveniente de la cuenca que drena hacia la Reserva. La contribución de agua subterránea es importante durante los periodos de sequías anuales y severas, pero más importante para la salud ecológica de la Reserva son los pulsos de agua que son descargados durante eventos de gran magnitud como ocurrió en

FIGURA 11. Zona de manglares en la Reserva Jobanerr.

FUENTE: USGS, 2010

el 1960, 1970, 1979, 1985, 1989, 1996, y 1998, entre otros años de mucha lluvia. El 2009 y 2010 han sido años de lluvias abundantes en la zona de Aguirre, y es de esperarse que la salinidad en los humedales costaneros se haya reducido debido a la escorrentía que ha descargado hacia la Reserva.

El análisis en este informe sugiere que el balance ecológico de la Reserva Jobanerr oscila con los pulsos hidrológicos de lluvias intensas en la cuenca que nutre la reserva. En instancias como el 1985 y 1996, la Reserva recibe volúmenes extraordinarios de agua fresca en forma de un pulso casi instantáneo. Esta agua fresca en gran magnitud causa una reducción súbita en la salinidad de los ecosistemas costaneros como los mangles de agua salobre y salina que habitan parte de la Reserva, alternado el equilibrio dinámico alcanzado durante 10 a 15 años (Figura 11). Luego al sucederse un período normal de lluvia y escorrentía, el sistema regresa al equilibrio de condiciones promedio típico de la zona, prevaleciendo las especies que se adaptan lentamente a los cambios en incrementos

de salinidad. Las condiciones de deterioro de la Reserva, con mortandad de secciones de mangles de varias clases, es probablemente la combinación de eventos cíclicos de lluvias intensas y sequías de entre 10 a 200 años, que se repetirán con el tiempo. La Reserva sufrirá estos cambios y las especies de flora y fauna alcanzaran un equilibrio dinámico de supervivencia.

No se pretende concluir que las extracciones de agua subterránea aguas arriba de la Reserva Jobanerr no afectan el flujo de agua subterránea hacia la Reserva. Reducciones en niveles freáticos al norte de la Reserva se propagan hacia la costa, reduciendo el espesor de la zona saturada del acuífero, y por la Ley de Darcy, reduciendo el flujo hidráulico hacia la Reserva. Este efecto no es tan significativo como se supone, debido a que el espesor normal de la zona saturada en el Acuífero de Salinas en la costa cerca de la Reserva no es sustancial en comparación con otras áreas. Las reducciones históricas en los niveles freáticos cerca de la Reserva han sido menores, según lo demuestran los estudios del

USGS. Las reducciones en los niveles freáticos en el acuífero son hacia el norte y el oeste de la Reserva, lo que no afecta significativamente el flujo de agua subterránea hacia la Reserva.

Es importante llevar a cabo estudios adicionales sistemáticos para medir con relativa precisión la escurrentía superficial y el flujo de agua subterránea que descarga a la Reserva Jobanerr. Esto permitirá desarrollar un plan de manejo más efectivo para la Reserva, incluyendo estrategias para minimizar los impactos de sequías severas y maximizar el uso del agua superficial en la Reserva.

REFERENCIAS

- Bennett, G. D. 1976. Electrical analog simulations of the aquifers along the south coast of Puerto Rico. USGS Open File Report 76-4. Reston, VA: U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey.
- Freeze, R. A., and J. A. Cherry. 1979. Groundwater. New England: Prentice Hall.
- Kuniansky, E. L., and J. M. Rodríguez. 2010. Effects of changes in irrigation practices and aquifer development on groundwater discharge to the Jobos Bay National Estuarine Research Reserve near Salinas, Puerto Rico. USGS Scientific Investigations Report 2010-5022. Reston, VA: U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. 106 p.
- Quiñones-Aponte, V. 1989. Horizontal anisotropy of the principal ground-water flow zone in the Salinas alluvial fan, Puerto Rico. *Ground Water Journal* 27(4):491-500.
- Quiñones-Aponte, V. 1991. Water-resources development and its influence on the water budget for the aquifer system in the Salinas to Patillas area, Puerto Rico. Pages 37-55 in F. Gómez-Gómez, V. Quiñones-Aponte, and A. I. Johnson, editors. *Regional Aquifer Systems of the United States. Aquifers of the Caribbean Islands*. AWRA Monograph Series no. 15.
- Quiñones-Aponte, V., and F. Gómez-Gómez. 1987. Potentiometric surface of the alluvial aquifer and hydrologic conditions in the Salinas quadrangle, Puerto Rico, March 1986. Investigations Report 87-4161. Reston, VA: U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey Water-Resources. 1 sheet.
- Quiñones-Aponte, V., F. Gómez-Gómez, and R. A. Renken. 1997. Geohydrology and simulation of ground-water flow in the Salinas to Patillas area, Puerto Rico. *Water Resources Investigations Report* 95-4063. Reston, VA: U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. 37 p.
- Renken, R. A., F. Gómez-Gómez, and others. 2003. Structure and depositional patterns and their influence on the hydraulic conductivity of fan-deltas in southern Puerto Rico. Pages 25-36 in F. Gómez-Gómez, V. Quiñones-Aponte, and A. I. Johnson, editors. *Regional Aquifer Systems of the United States - Aquifers of the Caribbean Islands*. AWRA Monograph Series No. 15.
- Renken, R. A., W. C. Ward, I. P. Gill, F. Gómez-Gómez, J. Rodríguez-Martínez, and others. 1991. Geology and hydrogeology of the Caribbean Islands Aquifer System of the Commonwealth of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. *Regional Aquifer-System Analysis*. Professional Paper 1419. Reston, VA: U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. 139 p.

REGENERACIÓN BOSCOsa EN UN PARQUE URBANO EN RÍO PIEDRAS: RECOMENDACIONES PARA INCREMENTAR LA BIODIVERSIDAD

Oscar J. Abelleira Martínez¹ y Manuel S. Sanfiozenzo de Orbeta²

¹Departamento de Biología, Universidad de Puerto Rico, Río Piedras

²Departamento de Geografía, Universidad de Puerto Rico, Río Piedras

RESUMEN

En una matriz urbana, fragmentos de áreas verdes sirven de refugio a especies de flora y fauna nativas y exóticas. En la Universidad de Puerto Rico en Río Piedras, el Parque del Centenario posee fragmentos de vegetación en regeneración natural con potencial de servir de refugio para diversas especies. Estudiamos la abundancia y diversidad de especies de árboles juveniles y adultos, y la cobertura de vegetación herbácea en diferentes áreas de este parque. Encontramos que aunque especies de árboles exóticos dominan el dosel, especies de árboles nativos y exóticos se están regenerando como juveniles en el lugar. La abundancia y composición de especies de juveniles estuvo negativamente relacionada al grado de disturbio humano, y menos relacionada a la topografía y grado de cobertura de dosel. La mayoría de las especies en regeneración son dispersadas por aves y murciélagos, los cuales facilitan el aumento en abundancia y diversidad de especies arbóreas. Un manejo para promover el desarrollo de la diversidad en áreas verdes urbanas como el Parque del Centenario debe incluir (1) el mantenimiento de áreas en regeneración natural con mínima intervención humana, (2) la siembra de árboles nativos que sirvan de alimento y sean dispersados por aves y murciélagos, y (3) la conectividad de áreas verdes en la matriz urbana.

Palabras claves: *bosques noveles, cambio de cobertura de terreno, dispersión de semillas, biodiversidad y ecología urbana, especies exóticas e introducidas.*

INTRODUCCIÓN

En una matriz urbana, los parques y áreas verdes son refugios importantes de flora y fauna dentro de un laberinto de calles y concreto. La conservación de fragmentos de áreas verdes en la ciudad permite que se acorten las distancias entre hábitáculos, bancos de semillas, y fuentes de alimento, facilitando el desarrollo de comunidades naturales a través de la urbe. En la Universidad de Puerto Rico en Río Piedras (UPRRP) se encuentra el Parque del Centenario, una extensión de terreno de poco más de una hectárea cerca del centro del Recinto. A través del parque se han plantado árboles de sombra y ornato tanto nativos como exóticos. El área, que en su mayoría está cubierta de grama, posee una charquita con una comunidad vegetal

de varios árboles y hierbas que es frecuentada por estudiantes para recreación y como lugar de reunión. Al igual que en bosques naturales, el área es también frecuentada por dispersores de semillas como aves y murciélagos que transportan especies arbóreas al lugar. A estas se suman las transportadas por viento y escorrentía, aunque esta última forma es improbable debido al aislamiento hidrológico del lugar causado por calles. En adición a las especies arbóreas presentes en el parque, la lluvia de semillas provenientes de otras áreas de la urbe, facilitada por estos mecanismos, ha resultado en regeneración boscosa dentro del parque.

Identificamos tres posibles factores que regulan la presencia de áreas de regeneración boscosa y determinan la composición de especies en el parque.

El primero es la presencia de árboles adultos, de dosel amplio, en el lugar. Un dosel adulto excluye gramíneas mediante limitación de luz, permitiendo el crecimiento de árboles juveniles. Un dosel también sirve de percha para dispersores, incrementando la lluvia de semillas (Wunderle 1997). Segundo, la topografía del terreno, ya sea plana, pendiente leve, o pendiente alta, influye en el establecimiento y crecimiento de árboles juveniles a través de variables microclimáticas como profundidad, humedad, y fertilidad de suelo. El tercer factor y el más evidente es el disturbio humano, regulado por actividades de mantenimiento y los gustos individuales de los visitantes del parque, lo cual a su vez está relacionado a la topografía. Por ejemplo, es evidente que los jardineros rara vez pasan la poda por pendientes con demasiado declive y de igual forma estos lugares son poco usados como área de recreo, lo cual puede perturbar el proceso de regeneración boscosa.

En este trabajo presentamos un inventario de los árboles del Parque del Centenario y una descripción del establecimiento de árboles juveniles en diferentes sitios de regeneración natural evidente en el parque. También describimos la comunidad herbácea de la charca ubicada en el parque mediante perfiles de vegetación. Relacionamos las diferencias en composición de especies de árboles juveniles entre sitios al grado de cobertura de dosel, pendiente topográfica, y disturbio humano. Hipotetizamos que las áreas con menor disturbio humano serían los sitios con mayor diversidad y abundancia de especies arbóreas en regeneración. Recomendamos pasos a seguir en el manejo del parque y la urbe para incrementar la diversidad de flora y fauna.

MÉTODOS

Área de Estudio

La UPRRP se encuentra a una elevación de ~25 m sobre el nivel del mar en lo que antes fue un bosque húmedo subtropical de tierras bajas en el esquema de clasificación de zonas de vida (Holdridge 1967, Ewel y Whitmore 1973). Río Piedras se encuentra en la latitud 18° 23' N y longitud 66° 03' O, tiene una precipitación anual promedio que varía entre 1000 y 2200 mm, y una temperatura que oscila entre 18° y 24° C (Despiau

Batista 1997). El Parque del Centenario en la UPRRP comprende unas 1.2 ha localizadas en la esquina de dos calles principales. Hasta la década de los 1970, gran parte del parque servía como pista atlética y hasta el día de hoy esa región permanece cubierta de gramíneas, con algunos árboles juveniles plantados. Temprano en la década de los 1970, la Escuela de Arquitectura de la UPRRP se dio a la tarea de cavar dos hoyos con el propósito estético de establecer una charca. El proyecto se abandonó ya que el agua se filtraba en el fondo de los hoyos, lo cual evitaba el establecimiento de una charca permanente. Sin embargo, los hoyos se han convertido en ciénagas de tipo estacional que contienen un mínimo de saturación de agua en el suelo durante el año. La capa de suelo del lugar ha sido probablemente alterada al punto que no corresponde al suelo original y ha sido compactada en varios lugares e instancias por equipo pesado. Actividades de mantenimiento y ornato se encargan de mantener el césped bajo y remover todo tipo de escombros del parque, con la excepción del interior de la charca.

Mediciones de Campo

En el otoño del 2004, hicimos un inventario de cada árbol ≥ 3 cm de diámetro a la altura de pecho (DAP) a través de todo el parque y contamos los árboles juveniles < 3 cm DAP por especie en transectos concentrados en cuatro sitios del parque donde observamos regeneración natural (Fig. 1, Tabla 1). En cada sitio muestreamos tres transectos de 1 x 5 m separados por al menos un metro entre sí. Anotamos la pendiente, grado de cobertura de dosel y especie dominante, y grado de disturbio humano de cada sitio. Realizamos perfiles de vegetación y estimamos el porcentaje de cobertura de especies herbáceas para describir el arreglo de la comunidad vegetal de la ciénaga.

Análisis de Datos

Calculamos el valor de importancia (VI) de cada especie de árbol ≥ 3 cm DAP como el porcentaje de individuos de una especie del total de individuos. Calculamos el VI de especies juveniles como el porcentaje de individuos de la especie del total de individuos y el índice Shannon de diversidad de juveniles por sitio. Clasificamos cada especie

FIGURA 1. Localización aproximada de (A) los transectos y la charca dentro de (B) una vista aérea del Parque del Centenario en la Universidad de Puerto Rico, Río Piedras.

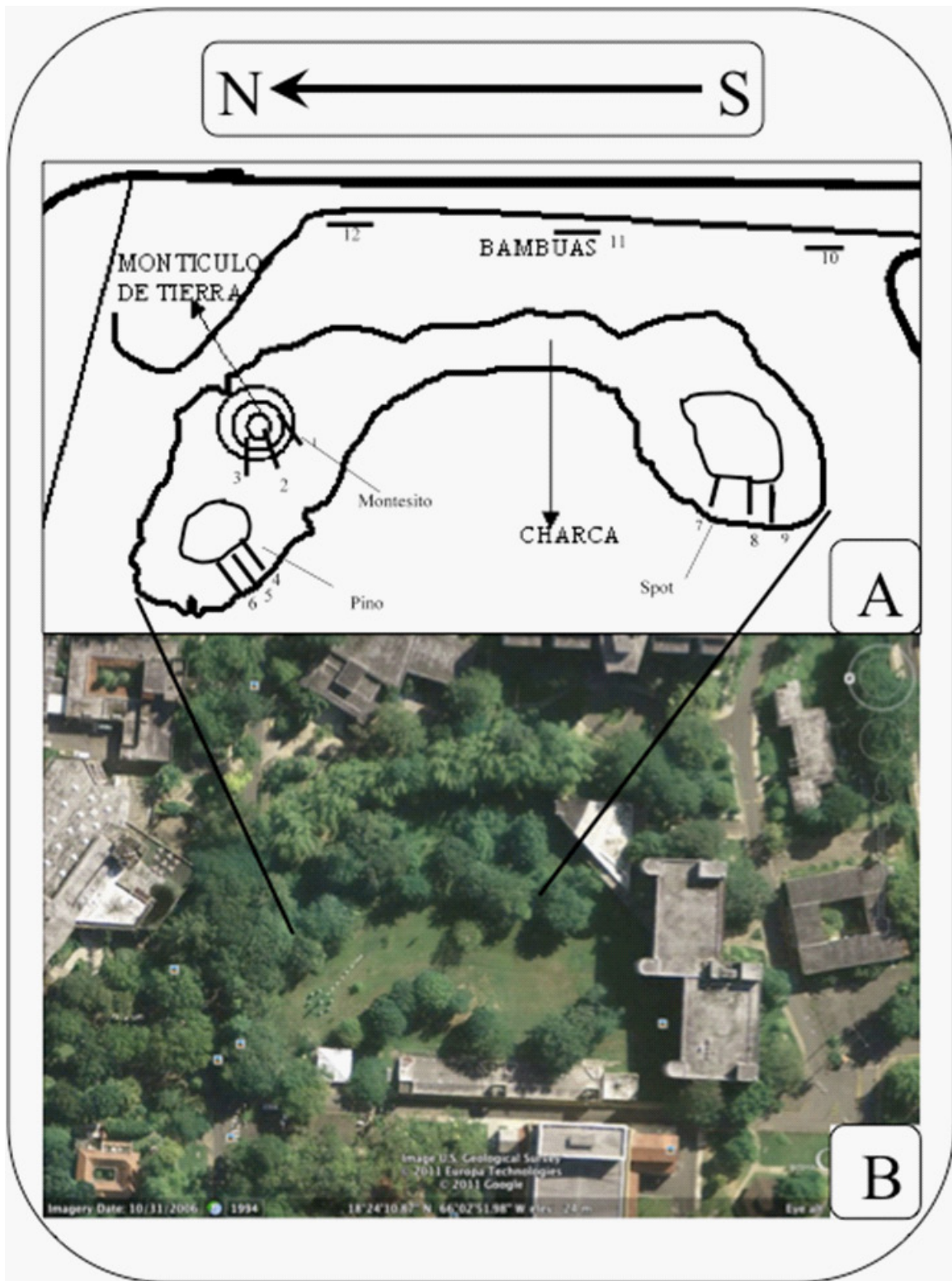


TABLA 1. Descripción de los sitios de estudio dentro del Parque del Centenario. Los números de los transectos corresponden a la Fig. 1.

Sitio	Transectos	Pendiente	Cobertura de dosel y especie dominante	Disturbio humano
Montesito	1-3	>40°	Alta; <i>Pterocarpus macrocarpus</i>	Leve
Pino	4-6	>15° <30°	Media; <i>Casuarina equisetifolia</i> , <i>Pterocarpus macrocarpus</i>	Leve
Spot	7-9	>15° <30°	Alta; <i>Pterocarpus indicus</i> , <i>Syzygium jambos</i>	Alto
Bambuas	10-12	0°	Alta; <i>Bambusa vulgaris</i>	Leve

como nativa o exótica, y los juveniles como especie dispersada por animales o viento (Van der Pijl 1969). Verificamos la existencia de un árbol paternal para cada especie juvenil en las inmediaciones del parque. Usamos el índice de Sørensen para medir el grado de similitud en la composición de juveniles entre transectos usando el VI de cada especie. Usamos el programa PC-Ord (McCune y Mefford 1999) para graficar la similitud entre transectos con ampliación no-métrica multidimensional (ANM), y realizar análisis de procedimientos de permutación con respuestas múltiples (PPRM) para detectar que variables influyeron en la similitud de especies entre transectos.

RESULTADOS

Contamos un total de 115 árboles ≥ 3 cm DAP dentro del Parque del Centenario compuestos por 35 especies de las cuales 10 (29 por ciento) son nativas (Tabla 2). La especie de árbol ≥ 3 cm DAP más abundante fue la exótica *Pterocarpus macrocarpus*. *Albizia procera*, *Swietenia mahagoni*, *Tabebuia rosea*, y *Terminalia catapa* fueron las otras especies de árboles ≥ 3 am DAP abundantes, todas exóticas.

Encontramos 12 especies de árboles juveniles (< 3 cm DAP) en el parque de las cuales cinco (42 por ciento) son nativas (Tabla 3). Las especies juveniles más abundantes fueron las exóticas *P. macrocarpus*, *T. catapa*, *Copaifera aromatica*, y *S. mahagoni*, y la nativa *Calophyllum calaba*. De las especies juveniles, siete (58 por ciento)

son dispersadas por animales, y siete (58 por ciento) y cinco (42 por ciento) carecen de árboles paternos dentro o en las cercanías del parque, respectivamente (Tabla 3). Los sitios con la mayor y menor abundancia de especies juveniles, y el más alto y bajo índice de diversidad Shannon fueron Bambúas y Spot, respectivamente (Tabla 4).

Los transectos en Bambúas y Spot fueron los que menos se parecieron al resto en cuanto a composición de especies juveniles, y los transectos en Montesito y Pino fueron indistinguibles entre sí (Fig. 2). De acuerdo al análisis PPRM, el factor que más influyó la composición de especies fue la pendiente topográfica ($A = 0.218$, $p = 0.002$) y el disturbio humano y cobertura de dosel estuvieron marginalmente relacionados a la composición de especies ($A = 0.076$, $p = 0.06$; y $A = 0.069$, $p = 0.08$; respectivamente). Sin embargo, el disturbio humano fue la única variable correlacionada significativamente a los ejes que diferenciaron la composición de especies en la ordenación de ANM (Fig. 2).

La especies herbáceas más abundantes fueron *Commelina diffusa* y *Ipomoea tiliacea*, seguidas de las gramíneas como grupo (Tabla 5). Los perfiles de vegetación muestran la distribución de árboles y herbáceas en la ciénaga (Fig. 3). Las herbáceas *Eichornia crassipes* y *Sorghum halepense* dominaron las áreas cienagosas.

TABLA 2. Inventario de árboles > 3 cm de diámetro a la altura de pecho en el Parque del Centenario indicando el valor de importancia por especie.

Especie	Nombre común	Código	Valor de Importancia (por ciento)
<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	Padauk de Burma	1	35.7
<i>Swietenia mahagoni</i>	Caoba dominicana	2	7.0
<i>Albizia procera</i>	Siris blanco	3	5.2
<i>Tabebuia rosea</i>	Roble blanco	4	5.2
<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	5	4.3
<i>Ceiba pentandra</i> *	Ceiba	6	2.6
<i>Delonix regia</i>	Flamboyán	7	2.6
<i>Eugenia malaccensis</i>	Manzana malaya	8	2.6
<i>Inga laurina</i> *	Guamá	9	2.6
<i>Melaleuca quinquenervia</i>	Cepillo de botella	10	2.6
<i>Syzygium jambos</i>	Pomarrosa	11	2.6
<i>Ficus retusa</i>	Laurel de India	12	2.6
<i>Arecaceae</i> †	Palma 1	13	2.6
<i>Inga vera</i> *	Guaba	14	1.7
<i>Lagerstroemia speciosa</i>	Reina de las flores	15	1.7
<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba hondureña	16	1.7
<i>Anona muricata</i> *	Guanábana	17	0.9
<i>Artocarpus altilis</i>	Pana	18	0.9
<i>Azadirachta indica</i>	Neem	19	0.9
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Pino Australiano	20	0.9
<i>Chrysophyllum cainito</i> *	Caimito	21	0.9
<i>Coccoloba swartzii</i> *	Ortegón	22	0.9
<i>Cocos nucifera</i>	Palma de coco	23	0.9
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	24	0.9
<i>Hymenaea courbaril</i> *	Algarrobo	25	0.9
<i>Manilkara bidentata</i> *	Ausubo	26	0.9
<i>Persea americana</i>	Aguacate	27	0.9
<i>Pimenta racemosa</i> *	Malagueta	28	0.9
<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamuchil	29	0.9
<i>Stahlia monosperma</i> *	Cóbana negra	30	0.9
<i>Citrus paradisi</i>	Toronja	31	0.9
<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo	32	0.9
<i>Arecaceae</i> †	Palma 2	33	0.9
<i>Arecaceae</i> †	Palma 3	34	0.9
	Desconocido	35	0.9
Total			100.0

*Especie nativa.

†Palmas (*Arecaceae*) sin identificación a género y especie.

DISCUSIÓN

La composición mayormente exótica de árboles ≥ 3 cm DAP en el Parque del Centenario (Tabla 1) refleja especies plantadas con la excepción de

A. procera. Esta especie es rara vez plantada y coloniza lugares degradados fácilmente (Francis y Lowe 2000). La dominancia de *P. macrocarpus* explica la abundancia de juveniles de esta especie a través de los sitios (Tablas 1, 2, y 3, Fig. 3).

FIGURA 2. Similitud en composición de especies entre transectos en sitios del Parque del Centenario medida por el índice de Sørensen y ordenada gráficamente usando ampliación no-métrica multidimensional (McCune y Mefford 1999). Cada punto está identificado por el número de transecto (t) y los símbolos corresponden a los siguientes sitios; cuadrados: Montesito, círculos: Pino, triángulos blancos: Spot, y triángulos negros: Bambúas (Tabla 1). El resultado de la ordenación fue bidimensional con un estrés final de 3.56 y una inestabilidad de 0.00001 en 109 iteraciones. Excluimos las especies que ocurrieron en un solo transecto y transectos donde no se encontró ningún juvenil. Transformamos los datos por arcoseno y raíz cuadrada, relativizando por transecto, para producir una ordenación válida. Los ejes uno y dos explicaron el 37.2 por ciento y 43.2 por ciento de la variación, respectivamente, para un total de 80.6 por ciento, y ambos ejes tuvieron una ortogonalidad de 69.7 por ciento. El disturbio humano estuvo significativamente correlacionado a ambos ejes con valores R^2 de 0.46 y 0.51 con respecto a los ejes 1 y 2, respectivamente ($p < 0.05$; Freese 1970). La correlación de la pendiente con cada eje no fue significativa.

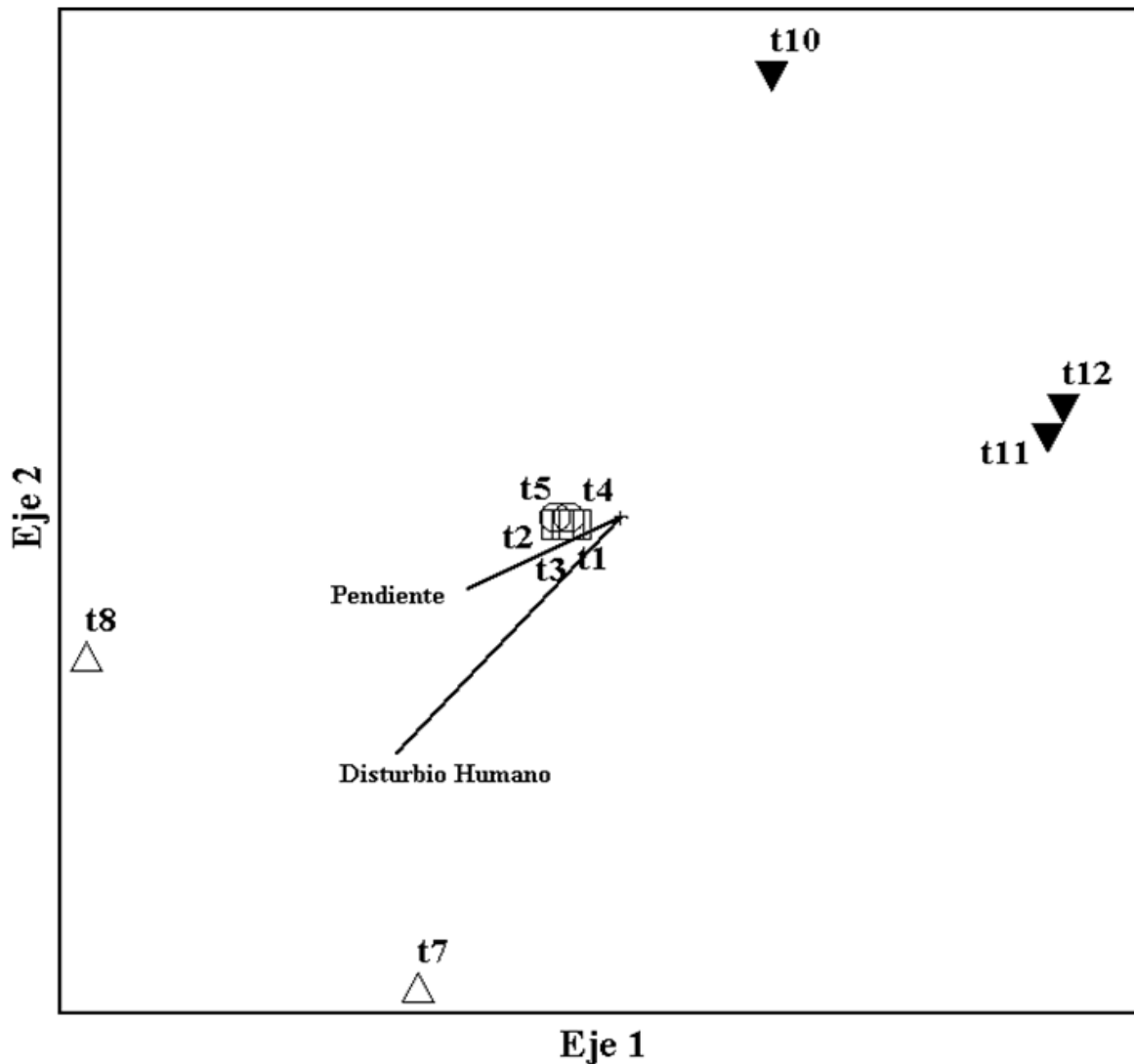


TABLA 3. Valor de importancia (VI) de especies de árboles juveniles por sitio en el Parque del Centenario y el agente dispersor de sus semillas.

Especie	Montesito	Pino	Spot	Bambúas	Dispersor
<i>Pterocarpus macrocarpus</i> †	67.9	66.5	60.0	11.3	viento
<i>Calophyllum calaba</i> *	14.5	5.8	0.0	13.6	animal
<i>Capaifera aromatica</i> ††	13.2	11.6	0.0	40.7	animal
<i>Roystonea borinquena</i> *	1.3	0.0	0.0	0.5	animal
<i>Tabebuia heterophylla</i> *	0.6	0.0	0.0	0.9	viento
<i>Casearia guianensis</i> *	0.6	0.0	0.0	0.0	animal
<i>Andira inermis</i> *	0.6	0.0	0.0	2.3	animal
<i>Albizia procera</i> †	0.6	0.0	0.0	2.7	viento
<i>Arecaceae</i> ††‡	0.6	2.3	0.0	10.0	ND
<i>Swietenia mahagoni</i> †	0.0	12.1	0.0	0.0	viento
<i>Terminalia catappa</i> †	0.0	1.7	40.0	0.5	animal
<i>Pithecellobium dulce</i> †	0.0	0.0	0.0	17.6	animal
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	

*Especie nativa.

†Especie con árbol paternal dentro del parque.

††Especie con árbol paternal en las inmediaciones (< 100 m) del parque.

‡Palma (*Arecaceae*) sin identificación a género y especie.

ND: No disponible.

TABLA 4. Abundancia y diversidad de especies de árboles juveniles por sitio en el Parque del Centenario.

Parámetro	Montesito	Pino	Spot	Bambúas
Número de individuos	159	173	35	221
Número de especies	9	6	2	10
Índice Shannon	1.02	1.10	0.67	1.69

Encontramos juveniles de *C. aromatica*, un árbol exótico de distribución limitada en Puerto Rico, en todos los sitios (Tabla 3). En su distribución original, esta especie es dispersada por monos pero aquí es probablemente dispersada por murciélagos desde las inmediaciones del parque (Marín y Flores 2002). Otros estudios de regeneración en áreas urbanas en Río Piedras (Despiau Batista 1997, Lugo *et al.* 2001) y a través de Puerto Rico (Aide *et al.* 2000, Brandeis *et al.* 2007) identifican a la exótica *Spathodea campanulata* como especie

dominante en campos en regeneración, pero aquí no encontramos ningún individuo de esta especie.

El lugar más diverso en especies juveniles fue Bambúas (Tablas 3 y 4, Fig. 3c) debido a varios factores. Primero, *Bambusa vulgaris* provee sombra y mucha hojarasca lo cual desplaza a las gramíneas, y permite la germinación y establecimiento de árboles juveniles. Segundo, la ausencia de gramíneas hace que la poda por personal de mantenimiento sea innecesaria. Tercero, la naturaleza de dispersión de

TABLA 5. Cobertura de hierbas y gramíneas dentro de la charca del Parque del Centenario. La diferencia del total global (100 por ciento) corresponde a áreas sin cobertura.

Especie	Código	Cobertura (por ciento)
<i>Commelina diffusa</i>	36	19.7
<i>Ipomoea tiliacea</i>	37	18.6
Gramíneas	<i>Chloris inflata</i>	18.6
	<i>Cyperus rotundus</i>	
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	
	<i>Echinochloa colona</i>	
	<i>Eleusine indica</i>	
	<i>Kyllinga brevifolia</i>	
	<i>Leptochloa mucronata</i>	
	<i>Paspalum fimbriatum</i>	
	<i>Paspalum virgatum</i>	
<i>Eichornia crassipes</i>	39	8.0
<i>Bidens pilosa</i>	40	4.4
<i>Sorghum halepense</i>	41	4.4
Total de cobertura		73.7

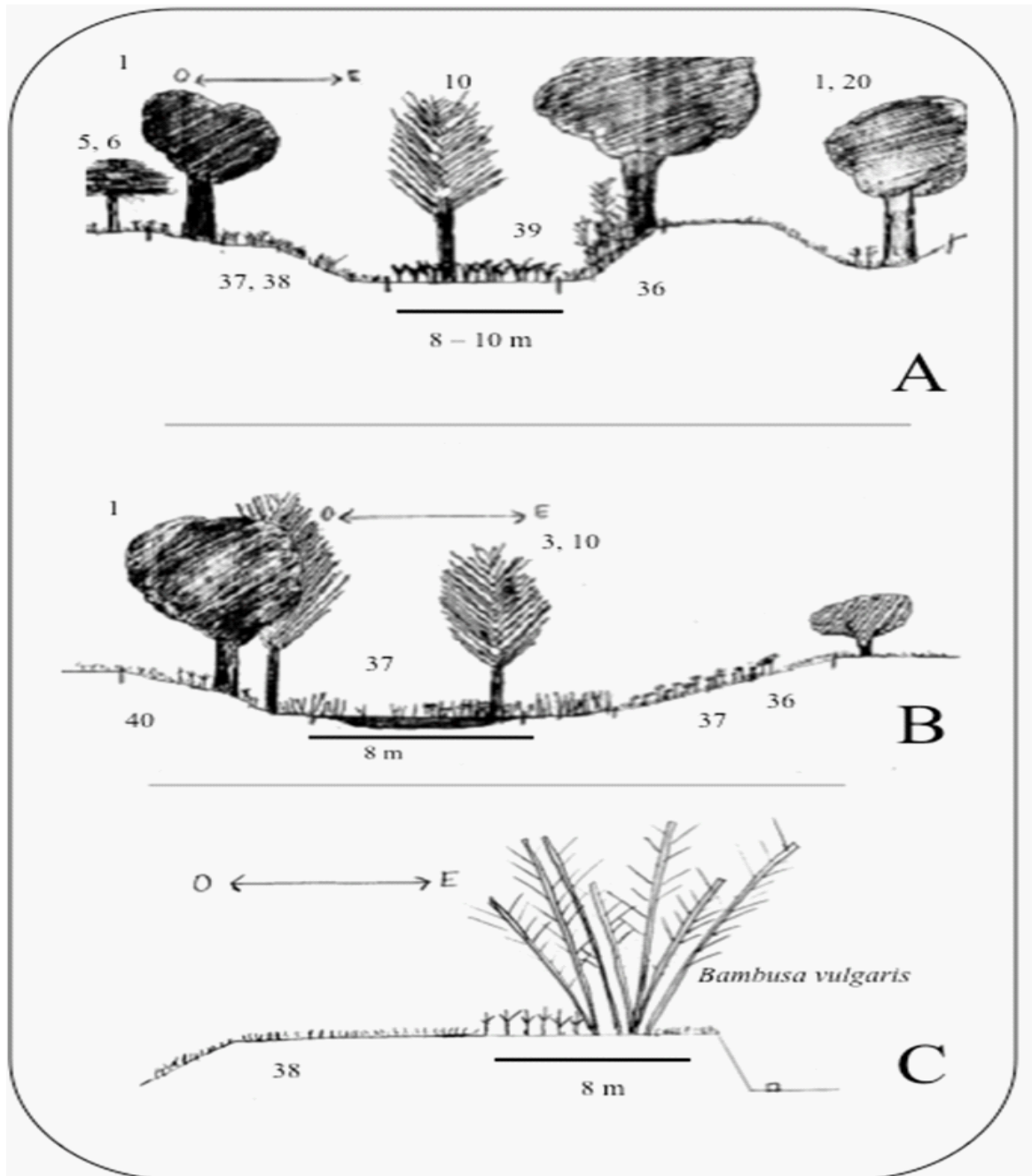
los juveniles allí presentes indica que *B. vulgaris* sirve de percha para dispersores que producen una lluvia de semillas (Tablas 1 y 3). De las especies juveniles establecidas en Bambúas, el 30 por ciento no tiene árboles paternos en el parque o en sus inmediaciones, y el 50 por ciento no tiene árboles paternos dentro del parque. Se ha observado que rodales de *Bambusa* spp. atraen dispersores de semillas pero afectan negativamente el establecimiento de árboles juveniles y esto último contrasta con nuestro estudio (Rother *et al.* 2009). Es posible que la apertura de dosel en Bambúas permita mayor penetración de luz solar y facilite el establecimiento de juveniles. Aunque la localización geográfica de Bambúas y Spot quedan a una distancia similar de Montesito y Pino, en el espacio de la ordenación estos se encontraron en los extremos, indicando que hay factores más influyentes que la ubicación geográfica sobre la composición de especies (Figs. 1 y 2).

El hecho de que el Spot haya sido el lugar con la menor abundancia de especies juveniles y el menor índice de diversidad Shannon refleja el mayor grado de disturbio humano, factor que lo diferencia del resto de los sitios en cuanto a composición de especies (Tablas 1, 3, y 4, Fig. 2).

La evidencia y observaciones del rastro de personas frecuentando el lugar sugiere que cualquier juvenil establecido muere víctima de peatones. Los demás lugares obtuvieron abundancia e índices de diversidad Shannon de composición de especies juveniles mucho más altos, producto del menor grado de disturbio humano (Tablas 1, 3, y 4, Figs. 1 y 2). Esto indica que el disturbio humano regula la regeneración boscosa y el desarrollo de biodiversidad en el parque, y que si se desea el desarrollo natural se deben restringir actividades de mantenimiento y desalentar el paso de transeúntes. No se puede descartar que la co-dominancia de la exótica *Syzygium jambos* en Spot también sea un factor que inhiba el crecimiento de árboles juveniles debido a su denso follaje que bloquea la luz solar disponible para fotosíntesis (Tabla 1, Brown *et al.* 2006). Sin embargo, la composición de especies dominantes en el dosel no fue un factor que pudimos analizar adecuadamente.

La presencia de *Eichornia crassipes*, una herbácea exótica que domina áreas inundables en la Amazonia, en el área de la charca de Montesito y Pinos indica que esta ciénaga está sujeta a saturación de suelo por gran parte del año (Fig. 3). La poca regeneración natural en el área cenagosa

FIGURA 3. Perfiles de vegetación de las charcas en (A) Montesito y Pino, y (B) Spot, y en (C) Bambús en el Parque del Centenario. Los números representan códigos de las especies en las Tablas 2 y 5.



posiblemente se debe a la abundancia de esta hierba y a la ausencia relativa de árboles parentales tolerantes a inundaciones en el área. Aunque habían unos pocos juveniles de *P. macrocarpus*, una especie capaz de tolerar inundaciones (Francis y Lowe 2000) en esta área, no se compara a la abundancia de juveniles de esa especie en las pendientes aledañas muestreadas (Tabla 3, Figs. 1 y 3). Mas aún, en el área habían árboles parentales de *Melaleuca quinquenervia*, una especie exótica tolerante a inundaciones a tal punto que algunos la consideran invasiva de humedales en Puerto Rico (Francis y Lowe 2000, Pratt *et al.* 2005), pero no encontramos ningún juvenil de esta especie en los transectos ni en la ciénaga (Tabla 3).

La cantidad de árboles nativos y exóticos en el Parque del Centenario (10 y 25, respectivamente) es muy similar a la del Parque Central de la Urbanización El Paraíso en Río Piedras (9 y 28, respectivamente, Román Nunci *et al.* 2005). La composición de especies tiene alguna similitud entre los parques con 14 especies en común, probablemente debido a preferencias similares de los responsables de la siembra de los árboles en ambos parques. Sin embargo, en el Parque de El Paraíso hay una completa ausencia de regeneración natural de árboles juveniles debido a actividades intensivas de mantenimiento (Román Nunci *et al.* 2005).

El porcentaje de especies exóticas de árboles ≥ 3 cm DAP en el Parque del Centenario (71 por ciento) es mayor a la encontrada en bosques urbanos cercanos (24 por ciento, Suárez *et al.* 2005; 48 por ciento, Lugo y Brandeis 2005). Esto es reflejo de especies exóticas plantadas ya que el porcentaje de especies exóticas regenerándose en el parque es menor (58 por ciento). Los valores del índice de diversidad de Shannon de especies de árboles juveniles en el Parque del Centenario comparan con los valores encontrados por Lugo *et al.* (2001) en áreas ribereñas en Río Piedras que fluctúan entre 1.0 y 1.3 (Tabla 4). En un bosque urbano en Río Piedras, Despiau Batista (1997) encontró valores del índice Shannon que fluctuaban entre 1.6 y 1.8 para especies de árboles en diferentes grados de pendiente. Estos valores son mayores que los encontrados en este estudio, y reflejan que ese bosque urbano es de mayor extensión y tiene unos 60 años de desarrollo por lo que posee la estructura de

un bosque maduro (Aide *et al.* 2000). Sin embargo, es evidente que especies nativas están llegando y estableciéndose en el Parque del Centenario, y hay prácticas de manejo que pueden hacer que la cantidad de especies nativas sea mayor.

La mayoría de los árboles juveniles encontrados en el Parque del Centenario son dispersados por aves y murciélagos que se benefician de estas áreas verdes (Tabla 3, dos Reis y Muller 1995, Wunderle 1997, Rodríguez Durán 2005). Para mantener las poblaciones de estos dispersores y facilitar la regeneración boscosa se debe promover la siembra de árboles nativos con este tipo de dispersión en áreas verdes urbanas en contraste con la tendencia de sembrar un número limitado de especies exóticas. Algunas especies nativas con esta característica son *Andira inermis*, *Cordia laevigata*, *Cupania americana*, *Guarea guidonia*, *Tetragastris balsamifera*, y *Thespesia grandiflora*. Otras especies como *Coenocarpus erectus* y *Pterocarpus officinalis* serían exitosas en la ciénaga debido a su tolerancia a inundaciones (Fig. 3, Francis y Lowe 2000). Otros estudios demuestran que áreas verdes aisladas en la urbe sufren pérdidas de especies a través del tiempo y que preservar la conectividad espacial entre áreas verdes es necesario para la regeneración natural diversa (Lugo *et al.* 1993, Turner *et al.* 1996). Cuando el disturbio humano es minimizado, el manejo para la conectividad en la matriz urbana combinado con la restauración de especies nativas que sirvan de recurso alimentario para dispersores puede resultar en áreas verdes más diversas en centros urbanos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo surgió como proyecto final de la clase de Historia Natural de Puerto Rico dictada por Rafael Joglar en la UPRRP. Los siguientes revisores comentaron el manuscrito: R. Joglar, Joel Mercado, y Ariel E. Lugo.

REFERENCIAS

- Aide, T. M., J. K. Zimmerman, J. B. Pascarella, L. Rivera, y H. Marcano Vega. 2000. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implications for restoration ecology. *Restoration Ecology* 8:328-338.

- Brandeis, T. J., E. H. Helmer, y S. N. Oswalt. 2007. The status of Puerto Rico's forests, 2003. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station.
- Brown, K. A., F. N. Scatena, y J. Gurevitch. 2006. Effects of an invasive tree on community structure and diversity in a tropical forest in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 226:145-152.
- Despiau Batista, A. 1997. Distribución de las especies arbóreas de acuerdo al gradiente en topografía en el Bosque de Río Piedras, Puerto Rico, luego de 60 años de abandono agrícola. *Acta Científica* 11:3-20.
- dos Reis, N. R., y M. F. Muller. 1995. Bat diversity of forests and open areas in a subtropical region of South Brazil. *Ecología Austral* 5:31-36.
- Ewel, J. J., y J. L. Whitmore. 1973. The ecological life zones of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. Res. Paper ITF-18. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 72 p.
- Francis, J.K., y C.A. Lowe, editores. 2000. Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. Gen. Tech. Rep. No. 15. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 582 p.
- Freese, F. 1970. Métodos estadísticos elementales para técnicos forestales. México: Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional, 103 p. [Traducido de "Elementary Statistical Methods for Foresters. Ag. Handbook 317. U.S. Department of Agriculture Forest Service". 1967].
- Holdridge, L. R. 1967. Life zone ecology. San Jose, Costa Rica: Tropical Science Center. 206 p.
- Lugo, A. E., J. A. Parrotta, y S. Brown. 1993. Loss in species caused by tropical deforestation and their recovery through management. *Ambio* 22:106-109.
- Lugo, S., B. Bryan, L. Reyes, y A. E. Lugo. 2001. Riparian vegetation of a subtropical urban river. *Acta Científica* 15:59-72.
- Lugo A. E., y T. J. Brandeis. 2005. A new mix of alien and native species coexists in Puerto Rico's landscapes. Páginas 484-509 en D. F. Burslem, M. A. Pinnard, y S. E. Hartley, editores. *Biotic interactions in the tropics: their role in the maintenance of species diversity*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Marín, W. A., y E. M. Flores. 2002. *Copaifera aromática* Dwyer. Páginas 405-407 en J. A. Vozzo, editor. *Tropical tree seed manual. Ag. Handbook 721*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service.
- McCune, B., y M. J. Mefford. 1999. Multivariate analysis of ecological data (PC-Ord), version 4.25. Gleneden Beach, OR: MjM Software.
- Pratt, P. D., V. Quevedo, y L. Bernier. 2005. Invasions of Puerto Rican wetlands by the Australian tree *Melaleuca quinquenervia*. *Caribbean Journal of Science* 41:42-54.
- Rodríguez Durán, A. 2005. Murciélagos. Páginas 241-274 en R. Joglar, editor. *Biodiversidad de Puerto Rico: vertebrados y ecosistemas*. San Juan, PR: Instituto de Cultura de Puerto Rico.
- Román Nunci, E., H. Marcano Vega, I. Vicéns, G. Bortolamedi, y A. E. Lugo. 2005. El bosque del Parque Central de la Urbanización el Paraíso: estructura, compcisión de especies y crecimiento de árboles. *Acta Científica* 19:73-81.
- Rother, D. C., R. R. Rodrigues, y M. A. Pizo. 2009. Effects of bamboo stands on seed rain and seed limitation in a rainforest. *Forest Ecology and Management* 257:885-892.
- Suárez, A., I. Vicéns, y A. E. Lugo. 2005. Composición de especies y estructura del bosque kárstico de San Patricio, Guaynabo, Puerto Rico. *Acta Científica* 19:7-22.
- Turner, I. M., K. S. Chua, J. S. Y. Ong, B. C. Soong, y H. T. Tan. 1996. A century of plant species loss from an isolated fragment of lowland tropical rainforest. *Conservation Biology* 10:1229-1244.
- Van der Pijl, L. 1969. Principles of seed dispersal in higher plants. Springer, Berlin.
- Wunderle, J. M. 1997. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99:223-235.

EL HISTORIADOR EN UNA INSTITUCIÓN CIENTÍFICA (INSTITUTO INTERNACIONAL DE DASONOMÍA TROPICAL): APOYO O CONTROVERSIA

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 00926-1119

RESUMEN

El advenimiento de un puesto de historiador dentro de una institución científica como lo es el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IIDT) provocó el acercamiento, que aún está en proceso, entre las ciencias naturales y las ciencias sociales. Ante esa perspectiva, este ensayo destaca cómo surgió ese puesto y cuáles son los proyectos más destacados. Los proyectos de la designación oficial del árbol, la flor y el ave municipal, así como de sus respectivos árboles históricos, constituyen el escenario principal de los contactos entre los municipios y el historiador. En el panorama científico se abordan los temas de la distribución de las especies arbóreas, los bosques vírgenes y los bosques noveles. Para la consideración de los temas del panorama científico el historiador se circunscribe a los usos de la tierra que protagonizaron la historia de economía agrícola del país: la caña de azúcar, el café y el tabaco. Al finalizar la lectura del ensayo cada lector llegará a sus propias conclusiones y podrá estar o no en acorde con el título sugestivo del artículo mismo.

Palabras claves: *café, tabaco y caña de azúcar; tenencia u usos de la tierra, ciencias sociales, investigación forestal, IITF, árboles municipales oficiales, distribución de especies arbóreas, bosques noveles.*

El IIDT es una agencia federal adscrita al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Desde su orígenes en 1939 se ha dedicado, entre otras funciones, al estudio de los bosques de Puerto Rico y a servir de enlace y cooperación para con aquellas agencias estatales y federales que de alguna forma están entrelazadas con las ciencias forestales y sus diversas ramificaciones.

Hacia fines del 1980, época en que comencé a laborar en el entonces Instituto de Dasonomía Tropical como técnico de biología, inicié mi compromiso para demostrar la significativa aportación de la historia para con las ciencias forestales en Puerto Rico. Ese compromiso surgió de mi experiencia en la investigación histórica pues desde el 1978 llevo a cabo investigaciones sobre mi pueblo natal, entre otros lugares, en el Archivo General de Puerto Rico y en el Centro de Investigaciones Históricas y la Colección

Puertorriqueña de la Biblioteca José M. Lázaro del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico.

Los primeros resultados en la investigación histórica de los bosques de Puerto Rico fueron publicados en 1989 en **Acta Científica**, la revista de la Asociación de Maestros de Ciencias de Puerto Rico. Ese esfuerzo estaba representado por seis artículos en serie los cuales constituyen un compendio de la historia forestal borincana, por centurias, desde la época indígena hasta el 1975.

Ante el impacto de esos artículos se me otorgó en 1990 una tarea especial para ir en la búsqueda de otras fuentes documentales en el Archivo Histórico Nacional en Madrid, España. El primer logro de ese viaje fue el reconocimiento como investigador que concede el Ministerio de Cultura de España. Ante esa situación, entré en contacto con una serie

de expedientes histórico-forestales del siglo XIX. La mayor parte de ellos nunca antes habían sido evaluados o consultados por los historiadores. En mi opinión, uno de los más valiosos, es la relación de los montes de Puerto Rico en 1867. Es el primer inventario forestal que se llevó a cabo en el país.

En 1995, luego de una década y media de mi compromiso inicial para con la historia forestal de Puerto Rico, adviene en el IIDT un puesto de historiador. No obstante, mis nuevas funciones ocupaban la mitad de mis horas de trabajo pues aún tenía que asumir el liderato en los proyectos de investigación forestal que el IIDT efectuaba con varias escuelas superiores del Departamento de Educación de Puerto Rico.

Ante el advenimiento de una nueva centuria, el IIDT llevó a cabo una reorganización a tono con las directrices que emanaban del Servicio Forestal Federal. Como consecuencia de esas directrices, el puesto de historiador pasó a ser parte integrante del Programa de Bosques Estatales y Privados del IIDT. Durante el período de reajuste ante las nuevas prioridades de la agencia el curso normal de la investigación histórico forestal e inclusive la dinámica de los proyectos de investigación forestal experimentaron ciertos cambios. Ante esa circunstancia, el historiador pasó a ser reconocido como el coordinador del proyecto denominado “Conservation Education” (Educación de Conservación) a la vez que realizaba tareas de investigación histórico-forestales.

La publicación, en el año 2000, de la obra *Panorama histórico forestal de Puerto Rico* por la Editorial de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras representó un avance muy significativo para con el reconocimiento de la historia de Puerto Rico a través de la óptica de nuestros bosques. El apoyo para la publicación de esa obra de parte del IIDT implicaba en gran medida el reconocimiento o aportación de los asuntos forestales en la historia del país.

El advenimiento de la obra antes descrita allanó de forma extraordinaria la aparición de un nuevo tema a considerarse entre muchos historiadores o estudiosos de esa disciplina. Como consecuencia de ello proliferó el número de charlas, conferencias

o tertulias a todos los niveles educativos. Sin embargo, a casi una década de la publicación de ese libro y de que éste cubre el período desde la época indígena hasta el 1975 todavía las charlas, conferencias o tertulias continúan fluyendo de forma espontánea y con mucha naturalidad.

En mis labores como historiador del IIDT he trabajado prácticamente de forma independiente. El desconocimiento, en especial de quienes han sido mis supervisores, de la metodología en la investigación histórico forestal ha resultado en el promotor de tal escenario. Sin embargo, esa situación me ha permitido trazar la ruta, la dirección a seguir, sin perder de perspectiva la misión y la visión del Servicio Forestal Federal. Por otro lado, mi formación y vocación académica entre las ciencias, la historia y la literatura han jugado un rol protagónico para con mi desempeño como historiador en el IIDT. Dentro de ese escenario, ha resultado en extremo muy valioso el apoyo que siempre he recibido del Dr. Ariel E. Lugo, aún en los momentos de la reorganización institucional que hemos experimentado en varias ocasiones.

El establecer relaciones de naturaleza histórico forestal entre IIDT y las asambleas municipales, hoy día denominadas legislaturas municipales, ha sido una de las tareas más arduas y fructíferas que he realizado. Dentro de esa perspectiva, adviene el proyecto de la selección oficial del árbol, la flor y el ave de los municipios de Puerto Rico así como el de la designación de sus respectivos árboles históricos. Ante ese escenario, las legislaturas municipales están facultadas mediante legislación para llevar a cabo dichos proyectos. El primero de los proyectos mencionados es de una naturaleza similar o paralela a la que realizó el Instituto de Cultura Puertorriqueña para dotar a los municipios de sus respectivos escudos, banderas e himnos. La oficialización del árbol, la flor y el ave de los municipios de Puerto Rico mediante legislación municipal constituye una página en la historia de cada uno de ellos. Es una página en cada historia municipal en la cual el IIDT ha laborado de forma significativa.

La incorporación de los árboles oficiales en los planes de reforestación de los municipios y la inclusión de éstos en los boletines informativos

con fines educativos o de promoción turística son, entre otros, claros ejemplos de la influencia de este proyecto en la cotidianidad de los pueblos. Eventualmente, podrá constituir este proyecto parte integrante de la documentación a evaluarse en el proceso de la selección del árbol, la flor y el ave nacional de Puerto Rico.

En la historia de nuestros pueblos los árboles han jugado un rol de destacada importancia. Ante ese panorama su rol se ubica desde sus funciones básicas tales como la producción de oxígeno y el control de la erosión hasta su presencia como testigos de un gran número de eventos históricos. No obstante, la idiosincrasia de cada pueblo es vital en el reconocimiento de éstos como árboles históricos de cada municipalidad. Sin embargo, resulta extraordinario que la denominación o reconocimiento de un árbol como histórico para con un municipio puede poseer connotaciones en un evento regional o de todo el país. Eventualmente, estos árboles podrían constituir puntos de interés en las rutas turísticas de nuestro país.

El estudio de la distribución de las especies arbóreas constituye una de las áreas en las cuales el historiador y los científicos del IIDT han logrado un avance significativo. No obstante, ese avance se ubica en la demanda de información de aquellos lugares en donde los científicos o sus colaboradores llevan a cabo sus investigaciones. Por otro lado, el acercamiento entre las ciencias sociales y las ciencias naturales ha fomentado o ha provocado la consideración de otros parámetros que anteriormente no eran considerados con mayor amplitud en el estudio de los bosques. En ese sentido la labor del historiador ha resultado en el común denominador.

Los parámetros más destacados que estimulan en el IIDT el acercamiento entre las ciencias sociales y las ciencias naturales lo representan la tenencia y los usos de la tierra, las dinámicas poblacionales y la relación existente entre la agricultura y la economía del país. La trayectoria de una economía agrícola de subsistencia a una de naturaleza comercial basada en la exportación, y que acontece en Puerto Rico de fines del siglo XVIII al siglo XIX, y la transformación de una economía agrícola a una de tipo industrial a partir de la década

del 1940 constituyen ejemplos de la influencia de la agricultura en el acontecer económico borincano. No obstante, adjunto a los parámetros mencionados, el historiador también considera la toponimia y la tradición oral.

Aunque en el IIDT existe un acercamiento entre las ciencias sociales y las ciencias naturales la fuerza motriz de esta agencia descansa en la misión y visión del Servicio Forestal Federal. Ante esa realidad los científicos de esa institución poseen unas prioridades de investigación. Entre las prioridades de la perspectiva científica en el IIDT se ubican el estudio de los bosques que éstos consideran vírgenes y los bosques noveles. No obstante, a pesar de la utilización de tecnología de avanzada en sus investigaciones y publicaciones, los escritos alusivos a esos tipos de bosques solo poseen unas pinceladas de información histórica.

Dentro del punto de vista del historiador los eventos históricos relativos a los movimientos poblacionales, la tenencia y usos de la tierra y las oscilaciones de una economía agrícola, entre otros temas, requieren ser desmenuzados para de esa forma poder ofrecer mayores detalles que puedan ayudar a interpretar o describir la situación actual de los bosques. Para lograr ese objetivo el historiador posee la preparación académica de la metodología histórica a la vez que posee el conocimiento sobre la localización de las fuentes de investigación. Entre los lugares en donde se ubican las fuentes de información se destacan el Archivo General de Puerto Rico, los registros de la propiedad del Departamento de Justicia, la Colección Puertorriqueña de la Biblioteca José M. Lázaro del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico y la biblioteca del IIDT. En lo que respecta al IIDT la conjugación de las perspectivas o puntos de vista entre las ciencias naturales y las ciencias sociales es viable a través del historiador. No obstante, esa conjugación descrita es muy pocas veces consultada.

El tema de los bosques noveles de Puerto Rico constituye un escenario adicional y reciente que debe provocar una gran colaboración entre las ciencias naturales y las ciencias sociales. Ante esa perspectiva los bosques noveles de nuestro país poseen una relación directa con aquellas zonas que

fueron dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, el café y el tabaco. Ante ese marco escénico afloran por lo menos tres factores que es necesario reconocer y que influyen en el estado actual de los bosques denominados como noveles: la tenencia de la tierra, el proceso de deforestación para el desarrollo de esos cultivos y la ubicación de esos cultivos en la geografía del país.

El estudio de la tenencia de la tierra y sus usos requiere de una evaluación de toda la documentación existente la cual se encuentra dispersa en archivos u oficinas gubernamentales. Ejemplo de ello lo constituyen el Archivo General de Puerto Rico, el Departamento de Transportación y Obras Públicas, la biblioteca del IIDT y los registros de la propiedad del Departamento de Justicia. En el Archivo General de Puerto Rico se ubican, entre otros documentos, los expedientes de la Junta Superior para el Repartimiento de los Terrenos Baldíos (1818-1875), los expedientes de la Inspección de Montes de Puerto Rico (1875-1898) y las planillas del Negociado de Tasación de la Propiedad del Departamento de Hacienda (desde principios del siglo XX a la década del 1950). En el Departamento de Transportación y Obras Públicas se localizan, entre otros documentos, las fotos aéreas desde fines de la década del 1930. En la biblioteca del IIDT se encuentran los informes de uso de terreno con sus respectivos mapas por municipalidad para el 1950. Los registros de la propiedad poseen récords de la tenencia y los usos de la tierra por municipios desde 1885.

Del estudio de esas fuentes de información, pero en especial de aquellas que se ubican en el Archivo General de Puerto Rico se puede determinar, a base de la evidencia disponible, qué áreas o zonas de bosques pueden ser catalogadas como vírgenes o de poca influencia humana. Ante ese marco escénico afloran las invasiones de terrenos boscosos correspondientes al Estado. Por otro lado, también

se consideran aquellas concesiones de uso y las reversiones de la propiedad de parte del Estado. Por ende el catalogar o señalar un área o zona como bosque virgen sin efectuar o llevar a cabo un análisis de la tenencia y uso de los terrenos es una labor inconclusa. Ante ese escenario, la labor de un historiador resulta en extremo necesaria.

El café, la caña de azúcar y el tabaco poseen en términos generales unas regiones o zonas de ubicación. La caña de azúcar se ubicó con mayor inherencia en las zonas costeras del país y en los valles del interior. El café, a pesar de que se cultivaba en todos los municipios del país, se le localiza en la zona montañosa que abarca desde la zona central del interior al oeste del país. El cultivo del tabaco se concentró hacia la zona montañosa central y este del país así como en ciertas zonas que se localizan en la zona del carso del norte, en especial, en Isabela, Utuado y Arecibo.

El proceso de deforestación para el desarrollo del cultivo del café, tabaco y la caña de azúcar requerían de un tipo de deforestación inicial. La deforestación total era requerida para el cultivo de la caña de azúcar y una prácticamente total para el cultivo del tabaco. Para el café, la deforestación inicial es parcial pues la variedad de café sembrado en Puerto Rico requería de sombra, en especial de aquellas especies fijadoras de nitrógeno.

Los tres escenarios agrícolas expuestos y su relación con los bosques noveles que posee el país provocan un mayor acercamiento entre las ciencias sociales y las ciencias naturales. En ese acercamiento y para beneficio de ambas ramificaciones de la ciencia el uso de la tecnología tales como el Sistema de Información Geográfica y el Sistema de Posicionamiento Global serán vitales, serán necesarios como tan vitales y necesarios son la integración de las ciencias naturales y de las ciencias sociales.

EL MATUHI DE LOS MATOJOS Y EL GATO DEL FAROLERO: ¿CIENCIA O FOLCLOR ECOLÓGICO?

Francisco Watlington Linares
Departamento de Geografía
Universidad de Puerto Rico, Río Piedras

RESUMEN

El peligro que para los ‘biólogos de invasiones’ representan las introducciones de especies no nativas de animales carnívoros se documenta con casos ejemplares en que hechos verosímiles se presentan como ‘evidencia científica’ de que constituyen una amenaza incontrovertible a las especies y ecosistemas nativos. A continuación se analiza una de las más citadas crónicas ‘de buena tinta’ del anecdotario bioxenóforo.

Palabras claves: *especies pseudoendémicas, taxonomía espuria.*

El ‘matuhi’ de la Isla Stephens (Fig. 1) en Nueva Zelanda (*Xenicus lyalli*) era una avecilla insectívora del sotobosque (Fig. 2), bioequivalente de nuestro San Pedrito (*Todus mexicanus*) y como este también víctima de las arbitrariedades taxonómicas. Aunque su apellido genérico, *Xenicus* designa a un puñado de especies similares endémicas de Nueva Zelanda, su nombre específico ‘honra’ al farolero David Lyall, quien la descubrió y extinguió en 1894 con la supuesta complicidad de su gato Tibbits (Whittaker 1998).

Reza el anécdota que el fiel gato obsequió a su amo la población total de la especie, más de una docena de especímenes enteros, todas en condiciones preservables, y cotizables, ya que el farolero pudo colocarlos en el lucrativo mercado museológico a través de H.H. Travers, uno de los notorios coleccionistas que se afanaban por cazar y acaparar, antes de que se acabaran, las especies endémicas neozelandesas en vías de extinción, King 1981 (El salario del farolero Lyall rondaba las 140 libras esterlinas al a. Travers apadrinó con su propio apellido un nuevo género exclusivo para la especie del farolero. No obstante, *Traversia lyalli* sería eventualmente reclasificada, agregándola a su parentela legítima, las más o menos seis especies y subespecies aparentes del género *Xenicus*, casi todas ya extintas (King 1984).

La extinción del matuhi de la Isla Stephens con el pasar del tiempo ha derivado en moraleja clásica del ecologismo xenóforo. Aunque el gato de Lyall no era cimarrón sino doméstico, el ejemplo se ha convertido en escarmiento de las temibles consecuencias que supone la introducción de gatos a islas prístinas ‘perturbadas’ por los humanos. Sin embargo, criterios biogeográficos de peso ponen en tela de juicio la inculpa del gato del farolero, sin dejar de reconocer que todos los gatos caseros son depredadores instintivos y cimarrones potenciales (Fitzgerald y Veitch 1985, Leader-Williams y Walton 1989).

Stephens Island tiene un parecido sorprendente con la Isla Desecheo al oeste de Puerto Rico (Fig. 3). Ambas surgen del mar como peñones abruptos de tamaño similar (más o menos 150 ha) y a la misma distancia (12 millas) de la costa de sus respectivas islas grandes. Los dos islotes son casi inaccesibles por lo escarpado de sus laderas. La escasa vegetación boscosa en ambos crece atrofiada por la ventolera constante, con ráfagas gélidas frecuentes de 100 mph en Stephens, y huracanadas esporádicas en Desecheo. Hasta aquí el parecido, ya que Stephens tiene un faro en la cima y el que pudo haberse construido con dificultad en Desecheo fue ubicado en la punta de Rincón, extremo peninsular de la isla grande.

FIGURA 1. Ubicación de la Isla de Stephens (Fleming 1979).

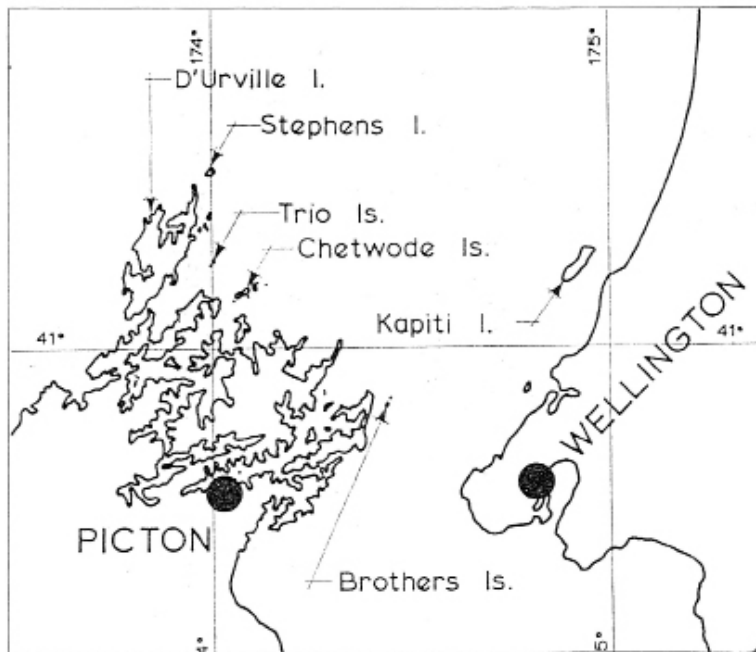


FIGURA 2. El matuhi de los matojos, (*Xenicus lyalli*) Diálogo mayo 2004).



FIGURA 3. La Isla Desecheo, al oeste de Puerto Rico, tiene un parecido sorprendente con Stephens Island pues ambas tienen escasa vegetación, son prácticamente inaccesibles por lo escarpado de sus laderas y surgen del mar como peñones abruptos de tamaño similar y casi a la misma distancia de la costa de sus respectivas islas grandes.



Stephens estuvo deshabitada hasta 1892 cuando se inició la construcción del faro y según alguien se desmontó la isla para propósitos agrícolas. Aquí surge la duda. ¿Qué clase de agricultura se podría practicar en semejante isla y latitud? Quizás la crianza de ovejas, para lo cual ya se había arrasado la cubierta forestal de las tres cuartas partes de las dos islas mayores del archipiélago, North y South Islands. Sin embargo, los precipicios, la escasa área aprovechable y la dificultad de acceso harían un negocio marginal y descabellado el manejo de un rebaño ovejuno. Según otro comentario el único desmonte fue la inevitable tala para el acceso y terraplén del faro.

Si por el contrario la isla fue mayormente deforestada, se habría destruido el hábitat del matuhi y de un puñado adicional de especies de aves endémicas que desaparecieron sin que se haya implicado al gato del farolero. Pero el único de dichos pájaros con hábitos rastreros y vuelo débil era el matuhi, como sus congéneres de otras islas del archipiélago. Lyall contó que huían como ratoncitos a su paso, dando lugar a la creencia de

que no podían volar, lo que no concuerda con su anatomía, idéntica a las demás especies del mismo género.

¿Habría dado cuenta el gato Tibbits de toda la población existente del matuhi de Stephens? ¿O fueron solo los primeros once especímenes que se le atribuyen al gato los que éste realmente cazó? Negociada la primera remesa al coleccionista Travers, el farolero consiguió seis más, y a la postre cinco pajaritos adicionales completaron el acopio de la especie. ¿Los atrapó el felino uno a uno mientras buscaba (¿pareja?) por los recónditos matorrales de la isla, para luego acarrearlos entre sus colmillos de vuelta al faro, dejándolos como ofrenda a los pies de su amo? ¿Se habría almorzado alguno por el camino?

¿O será que el gato ha servido de excusa conveniente para encubrir un miope abuso del taxonomismo ‘científico’ decimonónico? En 1894 el evolucionismo de Darwin aún no era ampliamente aceptado. Mendel seguía en el anonimato diez años después de su muerte. Persistía el creacionismo

solapado del geólogo Lyell, amigo y colaborador de Darwin, quien a contrapelo vivió convencido de que cada especie es una creación única e inmutable de Dios (Worster 1995). Los taxónomos usaban el sistema clasificatorio de Linneo, inventado para catalogar la obra biodiversa del Señor. Mientras, los museos se disputaban a билетazos los últimos ejemplares de las especies que desaparecían de su sitio geográfico preordinado, desplazadas por el colonialismo rampante.

Ignorantes de la fluidez genética que refleja la variabilidad geográfica en apariencia (fenotipo) de poblaciones semi-aisladas pero entrelazadas por migraciones esporádicas (metapoblaciones), los taxónomos de la época descubrían nuevas especies por doquier. Comenta Gordon Williams, ornitólogo neozelandés, sobre el taxonomismo aviario en su país durante dicho periodo:

Es evidente el énfasis en la descripción de nuevas especies---o especies supuestas---y hubo prolongadas y a menudo acaloradas disputas sobre la validez de reclamos por nuevas especies... La sinonimia y taxonomía fueron siempre fuentes populares de controversia, con los 'separatistas' ("splitters") generalmente en ventaja sobre los 'asimilistas' ("lumpers"). Williams, 1973: Pág. 314.

Mas adelante hace referencia a *Xenicus lyalli*:

Aún se podría especular si ésta era una especie verdadera—la Isla Stephens queda a solo 20 km (12 millas) de South Island y 3 km (2 millas) de la Isla D'Urville que está separada de South Island por 0.8 km (0.5 millas). Por otro lado, la Isla Stephens—que todavía está libre de mamíferos depredadores --pudo haber sido el [último] refugio de una especie alguna vez más ampliamente difundida. Ibid. pág. 14.

Williams señala además que Stephens es de las pocas islas neozelandesas donde nunca llegó a establecerse el 'kiore' o rata del sureste de Asia (*Rattus exulans*) introducida ca 2000 AP por navegantes desconocidos y también un milenio más tarde por los polinesios maori, para quienes el kiore siempre fue un bocadillo predilecto. Gracias a la ausencia de ratas y otros mamíferos depredadores introducidos al país por los maori y más tarde por

los colonos ingleses, en Stephens actualmente pulula una de las mayores poblaciones remanentes de la 'tuatara' (*Sphenodon*), un lagarto primigenio endémico, reliquia viviente del tiempo de los dinosaurios.

Los tuataras aún viven arrimados en las guaridas de los petreles y otras aves marinas que hacen sus nidos enterrados, comiéndole las crías de vez en cuando al faltarles los insectos gigantes que se dan en el excremento de los pájaros. En densidades de hasta dos mil por hectárea colman los barrancos y alcanzan los matorrales donde habitaban los matuhi. De seguro que estos también eran devorados por los minisaurios en acecho nocturno entre los helechales y árboles caídos en cuyas cavidades hacían sus nidos. Evidentemente la existencia de los matuhi ya era precaria antes de la llegada del gato del farolero. De haberle precedido el kiore o las dos especies de ratas europeas introducidas (*R. rattus* y *R. norvegicus*) como en el resto de Nueva Zelanda, no habrían sobrado algunos especímenes para la futura clonación a partir de su ADN.

Para concluir, regresamos a la duda de Williams. ¿Cuán endémico, o sea, 'único' era el matuhi de Stephens? Lo que el ornitólogo sospechaba en 1973 se ha esclarecido en las últimas décadas. ¡La isla de Stephens no existía hasta hace unos seis a siete mil años! Cuando el nivel del mar se encontraba más de cien metros debajo del actual, Stephens era apenas el menor de una serie de montículos que se elevaban en la gran sabana que hacía de las dos islas mayores de Nueva Zelanda una sola (Fleming 1979). Hace aproximadamente catorce mil años el mar comenzó a inundar la sabana, separando gradualmente a North y South Island.

Cuando el mar alcanzaba su nivel actual, Stephens permanecía conectada a South Island como punta de una península que incorporaba a la vecina Isla D'Urville. Según científicos que han estudiado el asunto, en los seis mil años que estuvo aislado el matuhi de Travers y Lyall, apenas se diferenció de la misma especie que existió hasta tiempos más recientes en las dos islas mayores de Nueva Zelanda. No obstante, todas las especies de matuhi que habitaban las islas mayores, de hábitos terrestres y vuelo endeble, se han extinguido, algunas antes de la llegada de los ingleses. Se

ha documentado que las dos últimas especies en desaparecer persistieron en islas satélites hasta que llegaron ratas ‘de barco’ a principios de los 1960. ¿Si el gato del farolero hubiese tenido ratas que cazar, cuántos serían los sospechosos de haber matado al matuhi de los matojos?

REFERENCIAS

- Fitzgerald, B. M. y C. R. Veitch. 1985. “The cats of Herekopare Island, New Zealand, their history, ecology, and effects on bird life” *New Zealand Jour. of Zoology* 12:319-330.
- Fleming, C. A. 1979. *The Geological History of New Zealand and its Life*. Oxford University Press: Auckland, New Zealand.
- Galbreath, R. y D. Brown. 2004. “The tale of the lighthouse-keepers cat: Discovery and extinction of the Stephens Island wren (*Traversia lyalli*).” *Notornis* 51 (4):193-200.
- King, C. 1984. *Immigrant Killers*. Oxford University Press: Auckland, New Zealand.
- King, M. 1981. *The Collector*. Hodder and Stoughton: Auckland, New Zealand.
- Leader-Williams, N. y D. Walton. 1989. “The isle and the pussycat.” *New Scientist* 121 (1651), 11/02:48-51.
- Whittaker, R. J. 1998. *Island Biogeography, Ecology, Evolution and Conservation*. Oxford University Press: New York.
- Williams, G. R. 1973. *The Natural History of New Zealand: An Ecological Survey*. A.H. and A.W. Reed: Wellington.
- Worster, D. 1955. *Nature’s Economy, A History of Ecological Ideas*. 2da. edición. Cambridge University Press: New York.

GUARAGUAOS, ARDILLAS, COTORRAS Y CUERVOS EN EL “CENTRAL PARK” DE PUERTO RICO

Francisco Watlington Linares
Departamento de Geografía
Universidad de Puerto Rico, Río Piedras

Hace algunos años un joven dasónomo de melena rabilarga subió a saltos la vereda del Monte Britton en la reserva forestal de El Yunque, y trepó la escalera espiral de la torre de observación. Era un raro día despejado y podía verlo todo a lontananza. Con asombro exclamó: “El Yunque es el Central Park de Puerto Rico!” La comparación con su homónimo de Nueva York, la mayor ciudad rica, no debe sorprender, pues al igual que aquel bosque enmarcado por avenidas y rascacielos, nuestro bosque insigne está virtualmente rodeado por una madeja metropolitana de desarrollo urbano (Lugo *et al.* 2004).

Curiosamente, en ambos parques centrales convive una fauna parecida de aves y mamíferos. Sobresale el guaraguo de cola roja (*Buteo jamaicensis*), la misma especie allá y acá que impresiona por su majestuoso porte y remontado vuelo. Acontece que al principio de la década de 1990 apareció en el Central Park un joven guaraguo, el primero en ser avistado por los ornitólogos aficionados de la “gran manzana” (Pale Male 2008). Lo apodaron “Pale Male” que podría traducirse como ‘El Jincho’, distinción que sugiere tratarse de la mascota fugitiva de un cetrero, perteneciente a una de las subespecies del lejano oeste del continente, todas pálidas en comparación con la raza nativa del este.

Cuando El Jincho intentó afincarse en medio del parque fue expulsado por una pandilla de cuervos (*Corvus*) que regenteaba el territorio. Para asombro de todos estableció su atalaya en lo alto de un residencial de lujo en plena Quinta Avenida. Desde entonces, cebándose de las bandadas de palomas domésticas que habitan el parque y sus alrededores, ha procreado con sucesivas parejas una numerosa descendencia que ha repoblado la isla de Manhattan con esta especie nativa de raptor. De paso, él y

sus proles se han convertido en querendones de la ciudadanía y una imprescindible atracción turística. No obstante, en el año 2004 la administración del edificio anfitrión removió el abultado nido de El Jincho por razones de higiene y estética. La acción suscitó un revuelo de indignación y protesta civil de proporciones insospechadas y a la postre la gerencia del inmueble tuvo que construir una plataforma para acoger un nido nuevo para el inquilino desahuciado.

Por coincidencia, al mismo tiempo en El Yunque, el Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre (U.S. Fish and Wildlife Service = FWS) desataba un operativo de cacería de guaraguas (Rivera Santos 2007). El propósito sería disminuir la depredación de la endeble población silvestre de cotorras puertorriqueñas (*Amazona vittata*), y apuntalar el tambaleante programa para su recuperación mediante crianza en cautiverio y reintroducción. No empuja las millonarias erogaciones federales durante los últimos cuarenta años, el proyecto plagado de yerros técnicos y de relaciones humanas, a duras penas mantiene un exiguo remanente silvestre con insumos de pichones del aviario estatal Vivaldi en Río Abajo, entre Utuado y Arecibo (Watlington 2008).

La medida desesperada de cazar guaraguas, contradice principios ecológicos elementales resumidos en la correlación inversa Lotka-Volterra entre poblaciones de raptos y de sus presas. En otras palabras, la disminución de guaraguas implica un aumento en las ratas que depredan los nidos de cotorras (Zwank y Layton 1989). No obstante, responde a una amenaza sin precedentes. La densidad de guaraguas en El Yunque es la más alta registrada en todo el vasto territorio hemisférico donde habita la misma especie. Los especialistas en vida silvestre Eduardo Santana y Stanley Temple publicaron (1988) la razón de semejante

abundancia. Revelaron que dicho raptor, conocido en otras partes como ‘gavilán pollero’ o “Chicken Hawk”, se alimentaba mejor y proliferaba más en la franja periferal del bosque que en sus elevaciones interiores donde la población excedente apenas subsistía por falta de presas de tamaño adecuado.

En la lista de especies documentadas como presas en la periferia predominan comensales como ratas, ratones y mangostas; una pléyade de aves mendigantes como changos, tórtolas, rolitas, y garzas diversas; y las totalmente domésticas, incluyendo palomas, pollos, guineas; y probablemente conejos, gatitos y perritos. Los gavilanes ‘empujados’ al interior del bosque tienen que conformarse con animalejos misceláneos como avecillas, lagartijos, coquíes, sapos, cangrejos y artrópodos surtidos. A todas luces el entorno humanizado del Parque Central ha estado proveyendo un opíparo mantengo a los guaraguao, que usan el bosque como refugio para anidar más que para cazar.

En El Yunque cada pareja de guaraguao residentes ocupa permanentemente un área fija de bosque como territorio de anidaje donde no tolera la intromisión de otros adultos de la misma especie. No necesariamente cazan en dicho territorio, a menos que contenga espacios abiertos en los que avistan su presa desde lo alto, lanzándose en picada para atraparla. Por eso las parejas que ocupan la franja periferal de transición a espacios agrorurales y suburbanos se alimentan mejor y son mucho más prolíficas que las que han sido desplazadas al interior del bosque. Contrario a la impresión que tienen algunos ecólogos puristas, las áreas más recónditas y prístinas del bosque resultan ser ‘sumideros’ (“sinks”) reproductivos en los que el reclutamiento generacional es deficitario.

Otro hallazgo notable de Santana y Temple es que las ratas y ratones no figuran en la dieta de los guaraguao del interior del bosque, aunque son comunes allí. La explicación más probable es que alejados de la bonanza de desechos alimenticios humanos mantienen hábitos de vida nocturnos mientras que los gavilanes cazan los roedores engreídos y rechonchos a plena luz del día. Sin embargo, los investigadores especularon que la extinción de varias especies de roedores y pequeños mamíferos endémicos del Borikén prehistórico

había empobrecido la subsistencia de los raptores de bosque adentro. La observación resulta atinada para explicar la menguada población del primo hermano del guaraguao, el gavilán de ala ancha o ‘guaraguaíto’ de bosque (*Buteo platypterus*), cuya población residente figura en la lista de aves en peligro de extinción protegida por el Endangered Species Act (ESA) como supuesta subespecie endémica, *B. p. brunnescens*.

En contraste con su primo de mayor tamaño, el guaraguaíto anida y caza bajo el dosel cobertor del bosque. La misma especie está presente en el Central Park de Nueva York donde depreda de día la población de ardillas (*Sciurus*), dejando a los múcaros el control nocturno de las ratas. Resulta instructivo saber que los múcaros han sido introducidos oficialmente desde los 1990 para contrarrestar la plaga de roedores que merodea el parque por la noche. En realidad, el gavilán de ala ancha es una especie migratoria del este de Norteamérica, que hace escala en Puerto Rico rumbo a Suramérica donde pasa el invierno (Bednarz *et al.* 1990). ¿Cuan endémica es su presencia en El Yunque, y qué relevancia tiene esto para el problema de las cotorras asediadas por los guaraguao?

En 1935 el ornitólogo Stuart Danforth colectó una hembra de *Buteo platypterus* en El Yunque, el primer espécimen obtenido allí, aunque observado también en Utuado. La bautizó ‘guaraguao de bosque’ proclamándola subespecie autóctona, y comentando que era tan escasa que tanto el macho como el nido eran “desconocidos para la ciencia” (Danforth 1936). Su desfachatada primicia taxonómica ha sido reconocida por ornitólogos posteriores y avalada por el ESA, aunque la distinción se ha puesto en duda en catálogos recientes de aves de Puerto Rico. Un reciente reconocimiento topográfico de los raptores de El Yunque (Vilella 2005) identificó un solo nido de la especie en dos años sucesivos. Persiste, pues, la duda sobre la naturaleza de su escasa presencia, abonada por su gran parecido con guaraguao juveniles.

Lo asombroso del guaraguaíto es que, no empee su tamaño menor, mantiene a los guaraguao verdaderos fuera del perímetro de su

territorio de anidaje (Hengstenberg y Vilella 2005). Sin embargo, no depreda las cotorras, prefiriendo como presas a los roedores, lagartijos, coquies, ciempiés, y aves pequeñas como las reinitas. Se ha observado que las cotorras que tienen nidos bajo la ‘protección’ de una pareja de guaraguaños están a salvo de ataques por el gavilán mayor. Quizás haya una relación mutualista, y el alboroto de cotorras atemorizadas sirva de alerta al matrimonio de gavilancitos. El problema estriba en la escasez de tales ‘guardianes’ a que puedan arrimarse las cotorras de El Yunque.

La menguada población del *Buteo* pequeño podría deberse a razones históricas, o si se prefiere, prehistóricas. En el pasado primigenio abundaron ratas indígenas (*Heteropsomys*), musarañas endémicas (*Nesophontes*) y otros roedores que habrían desaparecido con la invasión de ratas euroasiáticas (*Rattus*) portando epidemias devastadoras del viejo mundo (Watlington Linares 2007). Y además, depredadores eventuales como los gatos y perros cimarrones y la mangosta. Privados de su dieta preferida, los gavilancitos han venido a menos, disminuyendo hasta el borde de la extinción. En el bosque de Río Abajo los roedores modernos componen el 35 por ciento de la dieta de los buteños. Más de la mitad de estos son ratoncitos (*Mus musculus*), conocidos aquí como “arrieros”. Pero los ratones tienden a ser nocturnos y los gavilanes cazan de día, lo que limita su aprovechamiento de este recurso.

¿Cómo se podría aumentar a un nivel deseable la población de guaraguaños en El Yunque? Si El Yunque es el “Central Park” de Puerto Rico, la solución se desprende de la pregunta: ¿y las ardillitas, donde están? En la gran urbe las ardillas vegetarianas que pululan por doquier a plena luz del día proveen el sustento de los gavilanes de ala ancha. El género *Sciurus* de las ardillas verdaderas tiene especies tropicales diurnas en Centro y Suramérica que contribuyen a alimentar varias especies de raptores que solo cazan durante el día. El aislamiento insular ha impedido que llegaran al Borikén por cuenta propia, y el aislacionismo insularista obstaculiza su introducción científica planificada.

En agosto del 2004 el Servicio Forestal (FS) federal, que administra El Yunque, conmemoró su

centenario en un Congreso de Dasonomía Tropical, con invitados de la comunidad ambientalista, a los que pidió recomendaciones para el futuro del bosque. Este biogeógrafo propuso la introducción de la vistosa ardillita roja (*Sciurus granatensis*) de Panamá, Colombia y norte de Venezuela, la especie tropical mejor estudiada. Según observadas, sus alimentos preferidos incluyen las frutas y semillas duras de palmas, que a menudo almacenan, hojas nuevas, hongos, y flores (Eisenberg 1989). Los adultos pesan de media a una libra (127 a 254 gramos) y se encuentran en densidades de hasta cuatro individuos por hectárea (Robinson y Redford 1986). Se adapta bien a la presencia humana, frecuentando áreas recreativas en parques nacionales.

Esto sugiere que las más o menos 11,300 ha de bosque que tiene El Yunque tendría una capacidad de carga para mantener tanto como 45,200 ardillas sujetas a depredación. Representaría entre 11.2 y 22.6 Mg de biomasa cárnica potencial. Faltaría determinar cuantas parejas de guaraguaños podría apuntalar semejante abundancia. Por otro lado, la cacería de guaraguaños por el FWS podría exterminar por equivocación a los pocos guaraguaños que hay en el bosque por su gran parecido con la especie ‘tarjeta’ de la purga.

La propuesta de introducir ardillitas a El Yunque fue rechazada tajantemente por el FWS y el FS, las agencias federales que tienen ingerencia en el manejo de su biodiversidad con el dictamen de que la misma conflige con la norma vigente de prohibir la introducción de especies “exóticas”, es decir alienígenas, a un ecosistema que se presume prístino. En tiempos previos a la instauración del dogma actual, las mismas agencias se distinguieron por la introducción sin remilgos de especies de otras latitudes para fomentar la pesca y caza deportiva y la reforestación con especies exóticas maderables.

Actualmente se completa la renovación del edificio sede del U.S. Forest Service, icónico baluarte histórico de la administración federal de El Yunque. A los asistentes del cónclave centenario se les consultó sobre el nombre del bosque bajo su tutela. El otrora Caribbean National Forest fue luego rebautizado Luquillo Experimental Forest para los años de polémica experimentación

radiológica (Lugo 1993). Hubo consenso entre los amigos del bosque de que, a fin de cuentas, debía prevalecer el nombre primogénito de El Yunque.

¿Y los cuervos, donde están? El lector recordará que una pandilla de cuervos expulsó al guaraguao ‘jincho’ del Central Park neoyorkino. La última ‘pandilla’ de cuervos nativos de Puerto Rico desapareció de El Yunque por vuelta de 1963 (Raffaele *et al.* 1998). La especie (*Corvus leucognaphalus*) también es nativa de la República Dominicana donde merced a su gran tamaño las poblaciones disminuyen acosados por la cacería para alivio de los famélicos. El colapso poblacional de las cotorras en El Yunque coincide con el de los cuervos (Watlington 2008). ¿Habría existido una relación mutualista entre ambas especies en la que los cuervos mantenían a raya los guaraguao? En vista del éxito del aviario de Río Abajo con las cotorras: ¿No sería sensato trocar el fallido propósito del aviario federal en El Yunque por uno para la reintroducción del cuervo nativo? Tal proyecto ha sido tácitamente endosado por Herbert Raffaele, gestor del aviario federal (Raffaele *et al.* 1998).

REFERENCIAS

- Bednarz, J. C., D. Klim, L. J. Goodrich, and S. E. Senner. 1990. Migration counts of raptors at Hawk Mountain, Pennsylvania, as indicators of population trends, 1934-1986". *Auk* 107:96-109.
- Danforth, S. T. 1936. *Los pájaros de Puerto Rico*. New York: Rand McNally & Co.
- Eisenberg, J. F. 1989. *Mammals of the neotropics: The northern neotropics*. Vol. I. Chicago: University of Chicago Press.
- Hengstenberg, D. W., and F. J. Vilella. 2005. Nesting ecology and behavior of Broad-winged Hawks in moist karst forests of Puerto Rico. *Journal of Raptor Research* 39 (4):404-416.
- Lugo, A. E. 1993. Irradiación en el Yunque. *Diálogo* 11:42.
- Lugo, A. E., T. M. López, O. M. González Ramos, and L. L. Vélez. 2004. Urbanización de los terrenos en la periferia de El Yunque. Gen. Tech. Rep. WO-66. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 29 p.
- Pale Male. 2008. http://en.wikipedia.org/wiki/Pale_Male. [Accessed on August 31, 2011].
- Raffaele, H., J. Wiley, O. Garrido, A. Keith, and J. Raffaele. 1998. *A guide to the birds of the West Indies*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Rivera Santos, M. 2007. Matan guaraguao en El Yunque. *El Vocero*, 19/11:14.
- Robinson, J. G., and K. H. Redford. 1986. Body size, diet and population density of Neotropical forest mammals. *American Naturalist* 128 (5):665-680.
- Santana, E., and S. A. Temple. 1988. Breeding biology and diet of Red-tailed Hawks in Puerto Rico. *Biotropica* 20 (2):151-160.
- Vilella, F. J. 2005. Abundance, movements, and habitat use patterns of the Red-tailed Hawk in occupied and historic Puerto Rican Parrot habitat. Department of Wildlife and Fisheries, Mississippi State University.
- Watlington, F. 2008. La última iwaka de Palo Hueco: crónica de las cotorras jíbaras de Puerto Rico. *Revista Cayey* 85:15-33.
- Watlington Linares, F. 2007. Presuntos implicados: ratas y mangostas ¿plagas ecológicas? *Acta Científica* 21(1-3):53-60.
- Zwank, P. J., and B. W. Layton. 1989. Black rats as potential Puerto Rican parrot nest predators. *Caribbean Journal of Science* 25:13-20.

CONSERVA A PUERTO RICO CON BOSQUES MADERABLES

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 00926-1119

RESUMEN

Puerto Rico consume muchos productos forestales costosos de importar. También tiene bosques extensos con maderas explotables. Además, existen condiciones físicas favorables para la producción de madera útil. No obstante, hoy día no se utiliza la madera de los bosques actuales ocurre la deforestación para cualquier fin. Los Bosques productivos de valor reconocido podrían reducir ese contratiempo y así reducir la sedimentación de los embalses, y la biodiversidad. La liberación de los árboles inmaduros maderables de árboles competidores podría adelantar una próxima cosecha.

Palabras claves: *bosques subtropicales, bosques explotados, terrenos para producción, árboles de cosecha, liberación forestal, Puerto Rico.*

INTRODUCCIÓN

Con el retiro de la agricultura, y a pesar de los huracanes han reaparecido bosques sobre la mitad de Puerto Rico (Brandeis *et al.* 2007). Por bueno que sean los bosques, y aún la sombra del café, para el control de la sedimentación de los embalses (Smith y Abruña 1955, Soler-López 2003) y la preservación de la biodiversidad, persiste actualmente la deforestación para cualquier otro uso del terreno. Una manera de evitar esto es la producción en los bosques de madera valiosa y apreciada.

PERSPECTIVA

Desaparecieron los bosques del pasado de Puerto Rico pero no el consumo de productos forestales. Su promedio de importación anual durante tres años recientes alcanzó un valor de \$880 millones de dólares (Junta de Planificación de Puerto Rico) más de \$200 por persona. De esto, \$270 millones, casi \$70 por persona, era de productos que antes se producían o se podría producir en Puerto Rico (Tabla 1). Su producción no tendría que eliminar el dosel forestal, podría mantener la hojarasca, y una mezcla de especies. La extracción de madera podría

retener el suelo. La fabricación de los productos de madera sacaría provecho de habilidad local para trabajar madera que en Puerto Rico hay de sobra.

Casi todo del terreno de Puerto Rico producía bosques. Abandonado el terreno, vuelve a bosques. La gran mayoría de los terrenos ni serían favorables ni se necesitarían para la producción de madera. Estos terrenos con que no se cuenta incluyen (1) las reservas forestales públicas; (2) donde llueve excesivamente, [$>80''$ (200cm) al año]; (3) los declives extremos (>50 por ciento); (4) los terrenos de las cuencas tributarios a los embalses mayores, (5) los llanos y declives llevaderos necesarios para otros usos (<20 por ciento de declive); o (6) los terrenos secos del vertiente hacia el Caribe (Figura 1). Así, al excluir 91 por ciento del terreno de Puerto Rico debe quedar segura la biodiversidad nativa de Puerto Rico.

Con estas eliminaciones, quedaría solamente 197,660 cuerdas (82,400 hectáreas) de terreno (una cuerda = 0.9712 acre = 0.4169 hectárea) (Tabla 2). De esto más de la mitad esta forestado ya, unas 117,000 cuerdas (48,900 ha). Para sus dueños hay incentivos para la producción de madera. Contrario a cosechas agrícolas, la seguridad de los bosques

TABLA 1. Productos de madera importadas producibles en Puerto Rico. Promedio anual, 2004, 2005, 2006. Junta de Planificación de Puerto Rico.

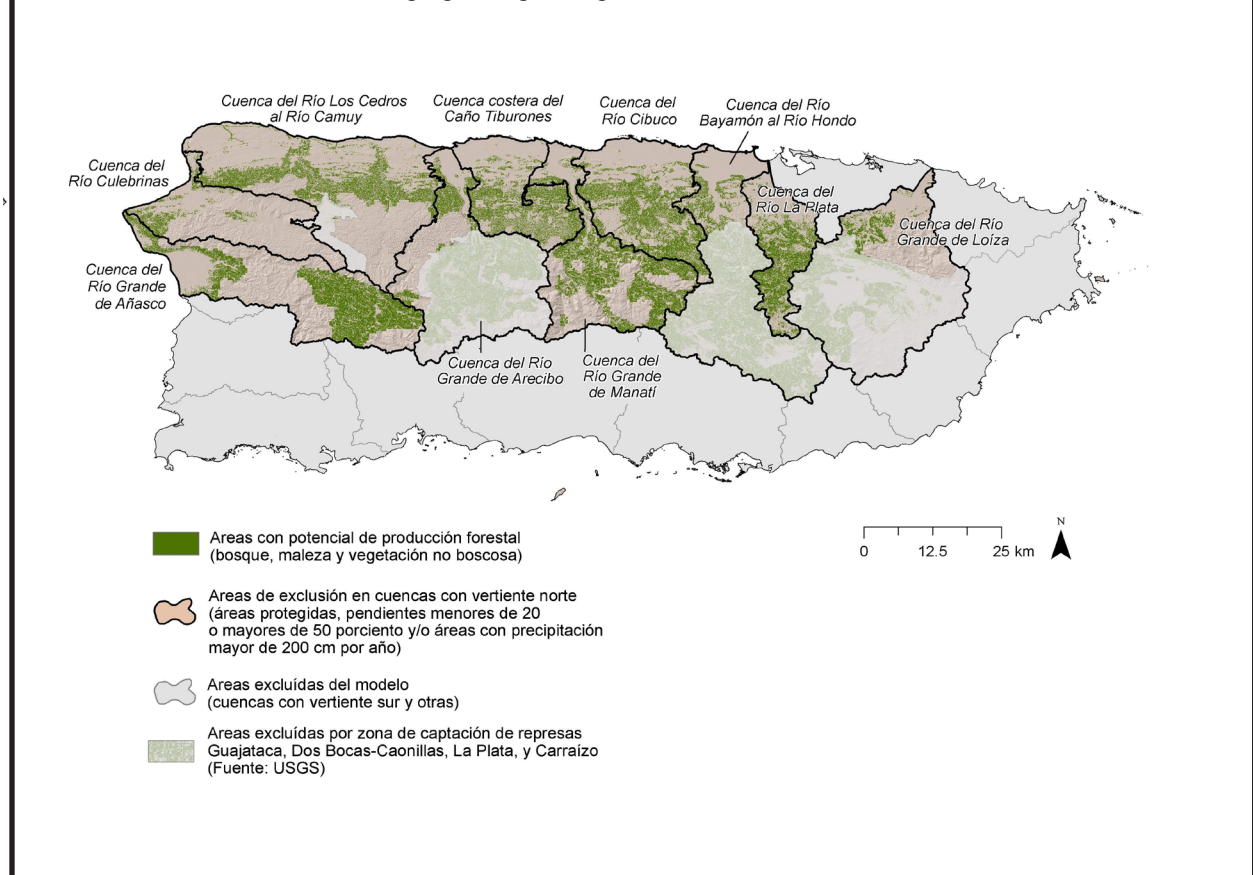
Producto		Importaciones (\$000)	
Total			\$273,222
Leña y carbón (2,050 T)	\$511	Ornamentos	\$ 4,530
Astillas (14,800 kg)	6	Madera de construcción	44,738
Aserrín (255,800 kg)	137	(129,000 m ³)	
Postes (10,300)	145	Madera fina tropical	8,353
Herramientas/ escobas	3,305	(38,000 m ³)	
Paletas, cajas, marcos	3,495	Puertas y ventanas	17,048
Utensilios de cocina y mesa	2,571	Muebles	188,383

TABLA 2. Terrenos para principiar la producción de madera¹ vertiente norte, fuera de cuencas de embalses mayores, 20-50 por ciento de declive.

Cuenca	Total	Bosque Cuerdas (0.4169 HA)	Maleza²	Vegetación⁰
Añasco	36,900	25,600	6,040	5,820
Arecibo	7,160	5,130	930	1,220
Bayamón/Hondo	21,300	10,500	3,040	6,030
Caño Tiburones	20,100	14,700	1,770	4,000
Los Cedros/Cumuy	27,700	18,000	3,030	7,060
Cibuco	29,500	18,100	3,500	7,440
Culebrinus	6,370	2,080	955	2,550
Loiza	5,680	2,320	620	1,960
Manatí	35,900	16,800	6,120	12,600
La Plata	7,040	4,010	740	1,610
Cuerdas	197,660	117,240	26,745	50,290
Hectáreas	82,400	48900	11,100	21,000
Por ciento de PR	9.4	5.4	1.2	2.4

¹Terreno abandonado con árboles entrando.²Vegetación abandonada reforestando.³Vegetación no forestal.

FIGURA 1. Terrenos forestados apropiados para la producción de madera.



productivos no requiere guardias, ellos se regeneran por sí solo, la mano de obra se debe poder contratar, y mientras producen conservan los beneficios ambientales forestales. Calificados como Bosques Auxiliares, no pagarían contribuciones (Ley 133 de 1975). El programa de legado forestal ofrece ayuda para la planificación forestal.

LOS BOSQUES ACTUALES

Si las 117,000 cuerdas (46,100 ha) de bosques ya contendrían árboles maderables su producción podría tener una ventaja sobre la de plantaciones forestales nuevas: una cosecha de árboles ya creciendo. En esta zona de vida, subtropical húmeda (Ewel y Whitmore 1973), se midieron 133 muestras de los bosques en 2003 (Brandeis et al 2007). A pesar del 90 por ciento de los árboles no comerciales, hubo un promedio de 122 árboles “comerciales” (maderables, sanos, forma erecta) por cuerda (292/ha). Estos producen madera tropical similar a la que se importa. Si su producción se encuentra aceptable se podría expandir a las cuencas

de los embalses, para sustituir la importación de tal madera actualmente.

UN PLAN DE MANEJO

Un plan de manejo preparado o contratado por el terrateniente, es requisito para el apoyo gubernamental. Puede incluir: (1) un mapa de colindancias y variación en terreno y en el bosque; (2) una decisión sobre los productos y las especies de árboles (Tabla 3); (3) un inventario propuesto o su resultado de árboles maderables maduros e inmaduros; (4) las prácticas de liberación para acelerar la productividad; y (5) las precauciones en la extracción de la madera.

EL CULTIVO DEL BOSQUE

Los Árboles Maderables Maduros

Estos son de $\geq 12''$ (30cm) dap (diámetro al pecho, 4.5 pies (1.4m) sobre la tierra): (1) los pueden dejar para aumentar su valor o para producir

TABLA 3 Árboles potencialmente comerciales de la región. Basado en observaciones del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. A = Nativo; B = endémico; F = crecimiento rápido; H = atractivo para aves; J = flores prominentes; K = frutas comerciales; S = tolera la sombra. Densidades, usos, y propiedades de trabajar de Longwood (1989). 1 = construcción, cajas, juguetes; 2 = muebles, ornamentos; 3 = acepilladura (planing); 4 = tallado (shaping); 5 = torneado (turning); 6 = taladrado (boring); 7 = escopladura (mortising); 8 = luado (sanding); 9 = resistencia de rajadura por tornillos (resistance to screw-splitting). La letra X = excelente; B = bueno; R = regular; y P = pobre (Longwood 1989).

Especies, Características, Densidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Algarrobo, <i>Hymenaea courbaril</i> L AK, 0.80	+	+	R	B	X	B	B	B	B
Almácigo, <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. A, 0.29	+		B	P	P	P	P	B	X
Almendra, <i>Terminalia catappa</i> L FK IV 0.65	+		P	R	P	R	R	B	B
Almendron, <i>Prunus occidentalis</i> Sw. AS, 0.90	+	+							
Ausubo, <i>Manilkara bidentata</i> (A DC) Chev. AS, 0.98	+	+	B	X	P	X	X	X	R
Caoba hondureña, <i>Swietenia macrophylla</i> King FS, 0.50	+	+	B	B	B	B	B	X	B
Capá blanco, <i>Petitita domingensis</i> Jacq. A 0.75	+	+	R	R	X	X	X	B	B
Capá prieto, <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz Y Pav.) Oken AJS, 0.63	+	+	B	B	X	X	X	B	B
Caracolillo, <i>Homalium racemosum</i> Jacq. A, 0.77	+		B	B	B	X	B	B	P
Cedro hembra, <i>Cedrela odorata</i> L AE, 0.50	+	+	B	B	R	P	B	B	B
Granadillo, <i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) Howard AF, 0.67	+	+	B	B	B	B	B	B	B
Guaba, <i>Inga vera</i> Willd. A, 59	+		B	P	B	B	B	B	B
Guajón, <i>Beilschmedia pendula</i> (sw.) Hemsl. 0.54	+	+	B	B	R	R	R	B	B
Guamá, <i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd. AKS, 0.70	+	+	B	R	B	B	B	X	B
Guano, <i>Ochroma pyramidale</i> (Cav.) Urban AF, 0.24		+	B	P	P	P	P	R	X
Guaragua, <i>Guarea guidonia</i> (L) Sleumer AFHS, 0.57	+	+	B	B	B	R	B	X	B
Higuerillo, <i>Vitex divaricata</i> Sw. AF, 0.69	+		P	B	X	B	B	R	P
Jácana, <i>Pouteria multiflora</i> (A DC) Eyma AHS, 0.74	+	+	R	B	B	X	B	B	R
Jagüey, <i>Ficus citrifolia</i> Mill. AH, 0.40		+	B	P	P	P	P	B	X
Jobo, <i>Spondias mombin</i> L. AFHK, 0.41	+	+	X	P	P	P	P	R	B
Laurel avispollo, <i>Nectandra coriacea</i> (Sw.) Griseb. AH, 0.50		+	P	B	B	X	B	B	B
Laurel geo, <i>Ocotea leucoxylon</i> (Sw.) Mez A, 0.50		+	B	B	B	R	B	B	B
Maga, <i>Thespesia grandiflora</i> DC. Prodr. ABJ, 0.70	+	+							

TABLA 3 Árboles potencialmente comerciales de la región. Basado en observaciones del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. A = Nativo; B = endémico; F = crecimiento rápido; H = atractivo para aves; J = flores prominentes; K = frutas comerciales; S = tolera la sombra. Densidades, usos, y propiedades de trabajar de Longwood (1989). 1 = construcción, cajas, juguetes; 2 = muebles, ornamentos; 3 = acepilladura (planing); 4 = tallado (shaping); 5 = torneado (turning); 6 = taladrado (boring); 7 = escopladura (mortising); 8 = luado (sanding); 9 = resistencia de rajadura por tornillos (resistance to screw-splitting). La letra X = excelente; B = bueno; R = regular; y P = pobre (Longwood 1989). (continued).

Especies, Características, Densidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Majó, <i>Hibiscus elatus</i> Sw. Prodr. FJ, 0.60		+							
Malagueta, <i>Pimenta racemosa</i> (Mill.) Moore AHS, 0.90	+	+							
Mamey, <i>Mammea americana</i> L. AHK IV 0.52		+	B	X	B	B	B	P	X
Mango, <i>Mangifera indica</i> L. FK, 0.61		+	B	R	R	B	B	P	B
María, <i>Calophyllum brasiliense</i> Camb. AHS, 0.64		+	R	B	P	P	B	B	B
Maricao, <i>Byrsonima spicata</i> (Cav.) H.B.K. AHK, 0.73	+	+	B	B	B	X	X	B	B
Masa, <i>Tetragastris balsamifera</i> (Sw.) Oken AS, 0.63	+	+	R	B	B	B	X	B	R
Moca, <i>Andira inermis</i> (W.Wright) DC. AJS, 0.71	+	+	X	R	X	B	B	X	B
Moralón, <i>Coccoloba pubescens</i> L. AJS, 1.00	+	+	B	B	R	R	B	B	B
Palo de matos, <i>Ormosia krugii</i> Urban A, 0.50		+							
Péndula, <i>Citharexylum fruticosum</i> L. AH, 0.70	+	+							
Pino, <i>Pinus caribaea</i> Morelet F, 0.50	+	+							
Roble blanco, <i>Tabebuia heterophylla</i> (DC.) Britt. AJ, 0.64	+	+	R	X	B	X	X	X	B
Tabonuco, <i>Dacryodes excelsa</i> Vahl. AQHS, 0.59		+	B	B	R	R	R	B	B
Teca, <i>Tectona grandis</i> L. FJ, 0.55	+	+	B	B	X	B	B	P	B
Ucar, <i>Bucida buceras</i> L. A, 0.98		+	R	B	X	X	X	B	P
Yagrumo hembra, <i>Cecropia schreberiana</i> Miq, AF, 0.29	+		B	B	R	R	PB	X	
Yagrumo macho, <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, AF, 0.41	+		B	B	R	R	B	B	X

semillas, ó (2) los pueden tumbar, aprovechar, y desatar los árboles maderables inmaduros.

Los Árboles Maderables Inmaduros

Estos tienen <12" (30cm) dap. Con el promedio de 0.7m³ de volumen de madera por árbol maderable del inventario maderable, es evidente que hay árboles inmaduros que deben estar sujetos a competencia por los muchos árboles no maderables. Además, árboles maderables a esta densidad, aún liberado de competidores, no tendrían espacio adecuado para crecer rápidamente hasta su madurez (Wadsworth *et al.* 2010). Los más prometedores de ellos, los de la cosecha futura, deben tener un predio de separación de 25 pies (7.6m) [70/cuerda, 168/ha]. Según el inventario, por cada árbol maderable hay un promedio de alrededor de 10 árboles no maderables. La eliminación de los árboles que compiten con los árboles de cosecha (descrito más abajo) puede doblar la productividad de los de cosecha (Wadsworth y Zweede 2006). Esto no pide la eliminación, a tala rasa, de todos los tulipanes, bucayos, palmas, hojas menudas, camaseyes, y otros árboles solamente por no ser maderables. De estos, muchos no compiten con los árboles de cosecha y conservan el bosque.

Los Árboles Competidores

Estos son árboles no de cosecha que son tan o más alto que los de cosecha y que (1) suprimen la copa de un árbol de cosecha, ó (2) están demasiado cerca. Para aproximar la competencia entre dos árboles por proximidad se estiman a ojo, los dap de los dos árboles, los suman, y se estima, también a ojo, su separación, y se consulta la tabla de la Figura 2 (Wadsworth y Zweede 2006). Los competidores se pueden anillar o tumbar y picar (leña, carbón, astillas). Como resultado, quedará un bosque productivo de árboles de cosecha librados y de los otros árboles que no compiten, conservando el terreno.

Los Bosques sin Árboles Maderables Inmaduros Adecuados

Inadecuado quiere decir sin árboles de cosecha más o menos 25 pies (7.6m) aparte. El suplemento es con arbolitos plantados debajo de claros del dosel

o debajo de árboles no maderables que se pueden eliminar. Las técnicas para selección, propagación, plantación y mantenimiento en Puerto Rico se conocen (Marrero 1950, Liegel & Venator 1988). Especies para considerar para esta zona incluyen las nativas almendrón (*Prunus occidentalis* Sw.) y capá prieto (*Cordia alliodora* Ruiz & Pav.), y las introducidas, caoba hondureña (*Swietenia macrophylla* King) y majó (*Hibiscus elatus* Sw.).

Los Bosques sin Árboles de las Conclusiones

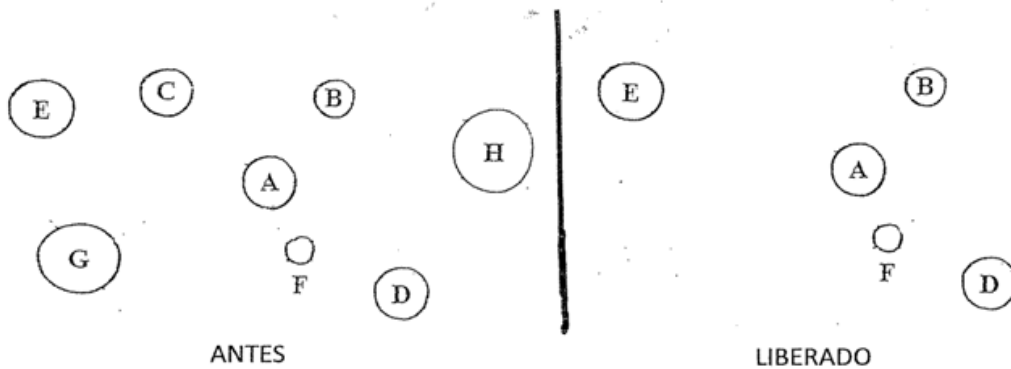
Estos se pueden suplementar con arbolitos plantados debajo de claros e el dosel. Especies adaptadas a la zona que toleran inicialmente sombra parcial, crecen bien y producen madera excepcional incluyen, para los suelos profundos de la Cordillera, las nativas, almendrón (*Prunus occidentalis* Sw.) y capá prieto (*Cordia alliodora* Ruiz & Pav.), y las introducidas, caoba hondureña (*Swietenia macrophylla* King), todas plantadas no más cerca que 10 pies y majó (*Hibiscus elatus* Sw.) a 8 pies. En los suelos poco profundos de la zona calcárea, especies recomendadas incluyen la nativa maga (*Thespesia grandiflora* DC.) y la introducida caoba dominicana (*Swietenia mahagoni* Jacq.) a una distancia mínima de 10 pies. A todas ellas se les debe podar troncos múltiples.

La Utilización de la Madera

La extracción de madera del bosque con impacto mínimo requiere el corte de árboles en la dirección que conserva los árboles maderables que quedan, el picar de las copas para que queden las ramitas cerca del suelo, y los troncos gruesos puestos en trineos para su arrastre por bueyes o caballos. Existen aserraderos modernos muy portátiles, reduciendo su distancia del tocón. Ya se desarrolló en Puerto Rico una estufa solar para adelantar el secado de la madera aserrada (Maldonado 1962). Productos de ornamentación hechos por artesanos pueden aumentar el valor de la madera 100 veces. También se pueden hacer placas de premios, marcos, lámparas, sillas, y mesitas.

Los artesanos actuales y futuros necesitan adiestramiento en la técnica, el diseño, y los productos que más se venden. Se ha proyectado una escuela para artesanos con un taller equipado,

FIGURA 2. Liberación del árbol de cosecha A.



COMPETIDORES

1. Árboles con copas, encima del productor
2. Árboles tan mas altos como el productor que suman como sigue

Suma de los dos DAP (Pulgadas)	8-15	16-23	24-30	31-39	40+
Mas cerca que (Pies)	10	16	23	28	30
Suma de los dos DAP (Centímetros)	20-39	40-59	60-79	80-99	100+

ÁRBOL	DAP			ALTURA		DISTANCIA		DECISIONES	
	(PULGADAS)		CM	(PIES)	M	(PIES)	M		
	SUMA		SUMA						
A	10		25		66	20	0	0	DEJAR (PRODUCTOR)
B	8	18	20	45	49	15	10	3	DEJAR (CERCA PERO CORTO)
C	9	19	23	48	66	20	13	4	REMOVER (CERCA)
D	9	19	24	49	49	22	16	5	DEJAR (OTRO PRODUCTOR)
E	12	22	30	55	79	24	20	6	DEJAR (LEJOS)
F	5	15	12	37	46	14	7	2	DEJAR (CERCA PERO CORTO)
G	17	27	44	69	85	26	20	6	REMOVER (CERCA)
H	18	28	46	71	89	27	26	8	REMOVER (COPA ENCIMA)

consejeros que representan las turistas, y tal vez una visita a Jakarta, donde un cuadro urbano entero presenta objetos de madera tropical. Harían falta sitios para ventas donde atracan los barcos. Esto dependería del apoyo de la Compañía de Fomento Industrial, la Compañía de Turismo, y tal vez el "Small Business Administration".

CONCLUSIONES

La madera actual y potencial de los bosques son recursos económicos viables en Puerto Rico. Su desarrollo puede asegurar la conservación de las faldas de las montañas. Ya los bosques contienen madera tropical como la que se importa. Las técnicas para la producción existen. Una industria de madera con la fabricación de productos locales promete reducir la importación, proveería empleo diestro geográficamente disperso. Pediría consejo profesional, planes, inventarios, adiestramiento de técnicos, el fomento del mercadeo, y apoyo del gobierno.

AGRADECIMIENTO

El autor expresa agradecimiento a la Sra. Gisela Reyes, Technical Information Specialist del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical por su ayuda editorial y a la Srta. Olga Ramos, GIS Analyst de la misma institución, por la determinación de los datos de la Tabla 2 y el mapa de la Figura 1.

LITERATURA CITADA

- Brandeis, T. J., E. H. Helmer, y S. N. Oswalt. 2007. The status of Puerto Rico's forests, 2003. Resource Bulletin SRS-119. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 72 p.
- Ewel, J. J., y J. L. Whitmore. 1973. The ecological life zones of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. Research Paper ITF-18 Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 72p.
- Liegel, L. H., y C. R. Venator. 1988. A technical guide to forest nursery management in the Caribbean and Latin America. Gen. Tech. Rep. SO-67 Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 156p.
- Longwood, F. R. 1989. Maderas Puertorriqueñas relacionado a su trabajo a máquina, secado, y otras relacionadas. Agricultural Handbook 205 Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Estación Experimental Forestal del Sur, Instituto de Dasonomía Tropical, 87p.
- Maldonado, E. D. 1962. Radiación solar para secar caoba en Puerto Rico. Apuntes Forestales Tropicales No. 14 Río Piedras, PR: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Instituto de Dasonomía Tropical. 5p.
- Marrero, J. 1950. Results of forest planting in the Insular Forests of Puerto Rico. Caribbean Forester 11(3):107-147.
- Smith, R. M., F. Abruña. 1955. Soil and water conservation research in Puerto Rico, 1938 to 1947. Bulletin 124 Río Piedras, PR: University of Puerto Rico, Agricultural Experiment Station. 51p.
- Soler-López, L. R. 2003. Sediment history of Lago Guayabal, Puerto Rico, 1913-2001. Water Resource Investigations Report 03-4198. Reston, VA: U.S. Geological Survey. 25p.
- Wadsworth, F. H., y J. Zweede. 2006. Liberation: tropical forest production. Forest Ecology and Management 233:45-51.
- Wadsworth, F. H., B. Bryan, y J. C. Figueroa. 2010. Cutover tropical forests merit reassessment. Bois et Forêts des Tropiques 305(3):33-41.

APUNTES EN TORNO A LA CAOBA DOMINICANA Y HONDUREÑA EN PUERTO RICO DURANTE EL SIGLO XIX E INICIOS DEL SIGLO XX

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 00926-1119

RESUMEN

La introducción de la caoba dominicana a Puerto Rico es uno de los temas que no solo interesan a los geobotánicos. Dentro de esa perspectiva el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IIDT) posee un legado de significativa contribución para con el tema. No obstante, este tema no ha sido considerado desde la perspectiva de los documentos históricos que proceden del Archivo Histórico Nacional de Madrid así como del Archivo General de Puerto Rico. Ante esa particularidad es el propósito de este artículo el de ofrecer datos históricos de los siglos XIX y XX los cuales nos ubican hacia unas nuevas fuentes de estudio y análisis sobre el tema de la introducción de la caoba dominicana a Puerto Rico. Por consiguiente, el tema y título de este artículo demuestra una vez más la relación existente entre las ciencias dasonómicas y la historia. En adición, el artículo expone sobre la relación existente entre la caoba dominicana y el Dr. Agustín Stahl y cómo el IIDT sirve de enlace entre uno y otro.

En múltiples reuniones, seminarios y congresos forestales el tema de la caoba constituye el eje principal del análisis y discusión. No obstante, en el caso particular de Puerto Rico existen una serie de interrogantes entre los cuales se ubican las siguientes: el origen de la palabra caoba, el conocimiento o desconocimiento de esta especie arbórea por los taínos y la época en que ésta fue introducida.

Caoba es voz indígena con la cual en Puerto Rico se designa a la única conífera de nuestro país, el *Podocarpus coriaceus* (Hernández Aquino 1977). Antiguamente se le denominaba como caobana (Álvarez Nazario 1977) pero también era conocida con los nombres de caobilla (Álvarez Nazario 1990), caoba del país (Otero J., R. Toro y L. Pagán de Otero 1945), o caobo (Hernández Aquino 1977). Los datos anteriores requieren de una reconsideración del tema aún cuando hace poco más de cuatro siglos Bartolomé De las Casas comentó sobre ese particular.

El fraile de la orden dominico, Bartolomé De las Casas, el cual es considerado como el “*primer sacerdote cristiano consagrado en América*” cuya “*obra mayor*” es *Historia de las Indias* (Enciclopedia Hispánica 1991) posee una relación con el nombre indígena que se atribuía a la especie arbórea denominada como caoba (Gómez-Menor 1948).

“La caoba dominicana es a la que le corresponde ciertamente el nombre de caoba, pues el P. Bartolomé De las Casas, en sus escritos sobre los árboles de la Isla [La Española], menciona la caoba con el nombre indígena de caoba, en la que la o se pronuncia larga... Actualmente, en los campos de la República citada, los campesinos la llaman cahoba, es decir con la h aspirada, que es algo análogo a la pronunciación que indica P. Las Casas, y otros la llaman caobana sobre todo, más que al árbol a la madera (Gómez-Menor 1948).

La proliferación de la voz caoba en relación a otras especies arbóreas parece guardar una relación

directa con las excelentes cualidades y características de esta clase de madera así denominada. Dentro de esa perspectiva, los siguientes comentarios de Leslie Holdridge merecen destacarse.

“Aprovechándose de la reputación ya establecida de la caoba, los explotadores de otras clases de maderas empezaron a lucrarse de este nombre, presentando al mercado como sesenta especies bajo el nombre de caoba, algunas de las cuales se le asemejan mucho botánicamente, y otras son muy parecidas; pero en su mayor parte no se justifica que se les llame caoba” (Holdridge 1936).

Manuel Álvarez Nazario, uno de los estudiosos más notables de la arqueología lingüística del arahuaco taíno de Puerto Rico, llama la atención sobre una de las voces adjudicada a esta especie: caobana. Dentro de esa perspectiva, éste describe que dicha palabra posee un

“sufijo arahuaco-bana, acaso hoja, correspondiente por lo que parece a crecimiento arbóreo en los bosques, repetida en otros nombres de dicha naturaleza como cóbana, cojóbana, guanábana” (Álvarez Nazario 1996).

No obstante, la voz o el nombre caoba posee otra connotación botánica ya que *“solo se aplica con propiedad cuando se habla de la madera producida por las especies del género Swietenia, que son propias de América* (Gómez-Menor 1948). Ante ese panorama, la ubicación de Puerto Rico en El Caribe pre- hispánico requiere ser considerado para con el tema de la caoba ya que existe un paralelismo entre las teorías sobre el origen de los arcaicos y los taínos y las caobas dominicana y hondureña.

Las teorías sobre el origen de los arcaicos en Puerto Rico señala o apunta hacia una procedencia de Venezuela, Centro América, el sur de la Florida o de una combinación o mezcla de todas esas regiones (Alegría 1988). Ese escenario geográfico posee un paralelismo con la procedencia o lugar de origen de varias especies de caoba las cuales se describen por su nombre vulgar. La caoba dominicana, (*Swietenia mahagoni*), *“es nativa del sur de La Florida, incluyendo los Cayos, las Bahamas, Cuba, Jamaica*

y La Española” mientras que la caoba hondureña (*Swietenia macrophylla*) se distribuye *“desde el sur de México (Oaxaca, Veracruz, Tabasco y la península de Yucatán al sur); las vertientes del Atlántico en la América Central desde Belice hasta Panamá; y en Venezuela, Colombia y parte de la región amazónica superior en Perú, Bolivia y Brasil”* (Little E.L.; F. Wadsworth y J. Marrero 2001). A la *Swietenia macrophylla* también se le conoce con el nombre vulgar o pueblerino de caoba venezolana.

Los arahuacos, a los cuales pertenecían los taínos, procedían de la costa septentrional de la América del Sur (Figueroa 1976). Ante ese escenario provienen de uno de los lugares de origen de la caoba hondureña. Por otro lado, las preguntas que emergen son las siguientes: Si los taínos de La Española conocían la caoba dominicana y de que había comunicación con los taínos de Boriquen cómo es posible que los nuestros desconocieran esta especie arbórea? ¿Desconocían los taínos de Boriquen la caoba hondureña?

Una de las consecuencias directas de la hazaña colombina en el aspecto de la botánica lo constituyó el reconocimiento de nuevas especies arbóreas (Ibáñez 1976). Ante esa situación, las ciencias botánicas se enriquecieron de forma muy notable. Entre las especies arbóreas que desde los primeros años de la colonización española en América que llamó la atención a éstos lo constituyó la caoba ya que era una madera muy útil en la reparación y construcción de sus barcos (Holdridge 1936).

La derrota de la Armada Invencible Naval de España en 1588 por los ingleses motivó un nuevo capítulo en la historia naval española. Por tanto era de esperarse que ante las diversas cualidades de la caoba, entre las cuales se destacara su utilización con fines navales, que España demandará el uso de la caoba para contrarrestar el poderío naval inglés. No obstante, los ingleses también ya conocían de las características mencionadas de la caoba.

Aunque en Puerto Rico los datos referentes a la caoba durante el siglo XIX no parecen ser abundantes, los pocos que existen o están disponibles, o que se han ubicado sirven para corroborar el que la caoba dominicana no fue introducida a Puerto Rico a

principios del siglo XX. Entre la documentación que hace alusión a la caoba, en esa dirección, se ubican las referentes a las expediciones botánicas que se llevaron a cabo en El Caribe. Dentro de esas expediciones botánicas se destaca la realizada por Renato De Grosourdy.

La expedición botánica que efectuó a Puerto Rico a principios de la década del 1860 Renato de Grosourdy, un doctor en medicina, profesor de química e historia en París y natural de Normandía señala hacia la presencia de caoba en Puerto Rico. Ello se desprende de su obra **El médico botánico criollo** la cual fue publicada en París en 1864.

“Caoba, Prco., Sto Dgo., Cba., etc., caoba ó caobo macho hembra.-*Swetenia majogani*. M.D. -G.943.-. Este primoroso árbol, que se va destruyendo cada día más á [sic] causa de las necesidades del comercio, se debería sembrar en los sitios donde ha de crecer; dejando entre los individuos 30 á 40 pies de distancia; le conviene una tierra ligera y algo pedregosa; crece bastante pronto y se encuentra en la altura mediana de las montañas, como también en las selvas bajas; es poco delicado y necesita poco calor; plantíos hechos con él en escala mayor vendrían a ser una gran riqueza para los que se dedicasen á [sic] esa clase de cultivo. Es de altura mayor y su tronco bien erecto y muy largo llega hasta dos varas y más de diámetro; suministra una madera bastante liviana y poco dura, y sin embargo bien fuerte; grano algo grueso ó fino, según la clase, color rojo oscuro y como pardusco, con ramazón más o menos amarillenta; otras veces con remolinos oscuros ó pálidos; esa madera, muy conocida de todos y muy apreciada en Europa para muebles de lujo, se aplica además en los países donde se cría para obras de fábricas de casas; su peso específico es de 0,819 (De Grosourdy 1864).

La Relación de Montes de Puerto Rico de 1867 la cual es a manera de un inventario forestal desglosado por pueblos, barrios, tenencia, especies más dominantes y extensión forestal aforada señala la presencia de la caoba dominicana en los pueblos de Guayama y San Germán. Ante ese señalamiento este documento se convierte en un recurso de vital importancia para el estudio de la caoba dominicana en Puerto Rico pues especifica el tipo de caoba al

que se hace referencia, o sea, *Swietenia majogani* (Archivo Histórico Nacional 1867).

Esta especie arbórea fue descrita en el monte denominado Palma del barrio Paso Hondo de Guayama en las propiedades de José Pacheco y Aristides Pilot. En la primera propiedad el área de montes poseía una extensión aforada de 0.5159 hectáreas mientras que en la siguiente la extensión de igual categoría ascendía a 11.5912 hectáreas. No obstante, las otras especies arbóreas de mayor importancia en dicho monte eran el úcar (*Bucida buceras*), el tachuelo (*Pictetia aculeata*) y el bariaco (*Krugiodendron ferreum*) (Archivo Histórico Nacional 1867).

La caoba dominicana también fue incluida entre las especies más importantes en el monte denominado Sumideros del barrio Caín Alto de San Germán. Sumideros, el único monte descrito en dicho barrio, poseía una extensión aforada de 210.5214 hectáreas pertenecientes a B. Gregori. Adjunto a la caoba dominicana también fue descrito el palo santo (*Ocotea foeniculacea*), el hueso (*Drypetes glauca*), el cedro macho (*Hyeronima clusioides*) y la haya (*Guatterria blainii*) (Archivo Histórico Nacional 1867).

Los datos referentes a Guayama aparentan estar en concordancia con un señalamiento que efectuó Leslie Holdridge sobre unas caobas dominicanas en 1936.

“En la costa Sur, cerca de Guayama, crecen algunos árboles, uno de ellos de más de cuatro pies de diámetro, de origen desconocido y que posiblemente fueron introducidos en Puerto Rico en el siglo pasado” (Holdridge 1936).

El Dr. Frank H. Wadsworth señala sobre ese particular lo siguiente:

“La caoba dominicana fue introducida a Puerto Rico y las Islas Vírgenes probablemente hace más de 200 años. Espléndidos y viejos ejemplares cortados recientemente cerca de Guayama en la costa sur de Puerto Rico tenían hasta 52 pulgadas de diámetro en el tronco y un árbol cerca de Ponce midió 50 pulgadas” (Little E.L.; F. Wadsworth y J. Marrero 2001).

La Memoria Forestal de Puerto Rico de 1875 también describe sobre la presencia de la caoba dominicana en Puerto Rico.

“Caoba-Meliáceas. Swietenia mahogany. La altura que alcanza esta especie es de 50 á [sic] 60 pies y a veces más y su diámetro por término general es de 6 pies. La madera es finísima poco dura y no obstante fuerte, su grano es grueso y algunos ejemplares digo más fino, su color rojo obscuro pardusco más veces son remolinos oscuros o más claros y otros son ramazones más o menos amarillentos. Su peso específico es de 0,819. Los usos a que más se dedica la madera de esta especie son multiplicadas pero su mayor aplicación se encuentra en la ebanistería donde se pagan los trabajos a subidos precios. La caoba cuyo consumo ha sido y es extraordinario va escalando cada día más y en este distrito hoy se encuentran pocos ejemplares. Vegeta en terrenos ligeros y pedregosos encontrándose en las laderas de las montañas y en terreno bajo. Aparecen variedades entre las que se pueden indicarse la cahobana, la cahobilla, etc.” (Archivo General de Puerto Rico 1875).

Ese mismo año, o sea en 1875, la Sociedad de Agricultura de Ponce al expresarse sobre la situación forestal del país señaló la aportación de la caoba sobre ese particular. Esta sociedad la cual fue creada el 18 de febrero de 1875 bajo la presidencia del Secretario de la Gobernación de Puerto Rico, contribuyó hacia el último cuarto del siglo XIX para la introducción de la caoba a la Isla. Entre los propósitos de esa sociedad se ubicaba la contribución al fomento del arbolado en la zona sur del país. Ante esa situación, en 1877, la Sociedad de Agricultura de Ponce

“procedió a importar del extranjero semillas de algunos árboles cuyo cultivo pudiera influir en las condiciones climatológicas locales. Mientras, ya luego, se ocupaba de repartir entre los agricultores buena cantidad de semillas...de caoba” (Cruz Monclova 1979).

Ante la necesidad de incrementar su inherencia en la situación del arbolado del país, la Sociedad de Agricultura de Ponce efectuó gestiones para que se creara una sociedad afín en todos y cada uno de los

pueblos cabecera de distrito tales como Aguadilla, Arecibo, Mayagüez, Guayama y Humacao. No obstante, al día de hoy desconocemos si esas sociedades agrícolas, una vez creadas, contribuyeron de alguna forma para con la introducción de la caoba a Puerto Rico, en sus respectivas demarcaciones territoriales, en el último cuarto del siglo XIX.

La evidencia descrita señala que las anotaciones o comentarios que en 1886 efectuó el Dr. Agustín Stahl con respecto a las caobas dominicanas y venezolanas en Puerto Rico constituía su particular opinión sobre esa especie arbórea. El hecho de que estas especies arbóreas no fueran conocidas en Puerto Rico por el Dr. Stahl no es indicativo de que las mismas no habían sido introducidas con anterioridad. La evidencia histórica señala en otra dirección. Por otro lado, si se le atribuye al Dr. Agustín Stahl el establecimiento de tres plantaciones de caoba dominicana las cuales se ubican en la zona del carso norteño: la carretera de Ciales a Manatí, a lo largo de la carretera del este de Vega Alta y otra que se ubicaba en una propiedad del Dr. Stahl en las cercanías del pueblo de Toa Alta (Holdridge 1936).

El Dr. Agustín Stahl posee una relación directa entre la caoba dominicana y la celebración del Día del Árbol en Puerto Rico. Esa relación procede de la siembra de un árbol de caoba dominicana en la plaza pública de Bayamón el Día del Árbol de 1905. Ese evento es una especie de reconocimiento de carácter histórico y simbólico el cual se fundamenta en la hermandad entre Puerto Rico y la República Dominicana.

Dentro de esa perspectiva, la cercanía de estos países, entre otros factores, ha fomentado dicha hermandad. Ejemplo de ello lo constituye la línea maternal en la genealogía del caborrojeño Dr. Ramón Emeterio Betances Alacán y la significativa aportación del Ciudadano de América y mayagüezano, Eugenio María de Hostos en el sistema educativo de la República Dominicana.

Un siglo después, el 11 de agosto de 2005, la Legislatura Municipal de Bayamón, hizo realidad una solicitud del historiador del IIDT, Carlos M. Domínguez Cristóbal, para que el árbol de caoba dominicana sembrado en la Plaza Pública de

Bayamón por el Dr. Agustín Stahl el Día del Árbol de 1905 fuera reconocido como árbol histórico de Bayamón (Legislatura Municipal de Bayamón 2005). No obstante, la ordenanza que reconoce de forma oficial ese evento histórico también declara a dicha especie arbórea como el árbol simbólico de Bayamón. Ese evento motivó que la comunidad dominicana en Puerto Rico comenzará a celebrar anualmente tal efeméride. Testimonio de ello aconteció, a iniciativa del Sr. Cosme Lantigua, organizador del evento, el día 5 de abril de 2008, cuando más de un centenar de boricuas y dominicanos nos dimos cita en la Plaza Pública de Bayamón para festejar de una forma sencilla pero muy significativa lo que en ese lugar había ocurrido un siglo atrás.

BIBLIOGRAFÍA

- Alegría, R. 1988. Temas de historia de Puerto Rico. San Juan: Centro de Estudios Avanzados de Puerto Rico y El Caribe. p. 26.
- Álvarez Nazario, M. 1977. El influjo indígena en el español de Puerto Rico. Río Piedras: Editorial Universitaria, p. 60.
- 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. 168.
- Álvarez Nazario, M. 1996. Arqueología lingüística: estudios modernos dirigidos al rescate y reconstrucción del arahuaco taíno. Río Piedras: Editorial de la Universidad de Puerto Rico, p. 74.
- Archivo General de Puerto Rico. 1875. Obras Públicas, Propiedad Pública, caja 315.
- Archivo Histórico Nacional (Madrid, España). 1867. Ultramar, Fomento de Puerto Rico, Legajo 347, Expediente 14, Documento 1.
- Cruz Monclova, L. 1979. Historia de Puerto Rico Siglo XIX. Tomo 2 (1875-1885). Río Piedras: Editorial Universitaria, p. 795.
- De Grosourdy, R. 1864. El médico botánico criollo. Tomo 2. París: Librería de Francisco Brachet. pp. 370-371.
- Enciclopedia Hispánica. 1991. Rand McNally and Company, Versailles, Kentucky, Estados Unidos de América., pp. 52-53.
- Figueroa, L. 1976. Breve historia de Puerto Rico: desde sus comienzos hasta 1892. Vol. 1, Río Piedras: Editorial Edil, Inc., p. 30.
- Gómez-Menor, J. 1948. La caoba, "*Swietenia mahoganii*" (L) Jacq. Montes (4): 50.
- Hernández Aquino, L. 1977. Diccionario de voces indígenas de Puerto Rico. Río Piedras: Editorial Edil, pp. 118-119.
- Holdridge, L. 1936. "Caoba: notas generales y las posibilidades de su uso por los dueños de terreno en Puerto Rico para obtener ingresos adicionales en Puerto Rico" Revista de Agricultura de Puerto Rico. Suplemento núm. 3 (noviembre), pp. 25, 27.
- Ibáñez, J. 1976. Historia moderna y contemporánea. Buenos Aires: Editorial Troquel. Troquel S. A. p. 91.
- Legislatura Municipal de Bayamón. 2005. Ordenanza núm. 3. Serie 2005-2005.
- 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. 298, 301.
- Otero J, R. Toro y L. Pagán de Otero. 1945. Catálogo de los nombres vulgares y científicos de algunas plantas puertorriqueñas. Bol. Núm. 37. Río Piedras: Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, p. 174.

LA FLOR DEL TULIPÁN AFRICANO (*SPATHODEA CAMPANULATA*): CANDIDATO IDÓNEO A FLOR OFICIAL DEL PUEBLO DE LOÍZA

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 00926-1119

Una de las tareas más innovadoras del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical lo constituye el proyecto sobre la selección oficial del árbol, la flor y el ave de los municipios de Puerto Rico. Esa labor se lleva a cabo a través del Programa de Bosques Estatales y Privados de esa institución científica. Para lograr ese objetivo es necesaria la colaboración de las legislaturas municipales y por consiguiente de la población en general, en especial de los estudiantes de los distritos escolares de cada municipalidad. No obstante, cada pueblo posee su respectiva idiosincrasia la cual influye de diversas maneras en la selección oficial de esos símbolos. Ejemplo de ello lo constituye la flor del tulipán africano como candidato a flor municipal de Loíza. Ante esa consideración es el propósito de este artículo el exponer los argumentos simbólicos y/o heráldicos que posee el tulipán africano para con el escudo y la bandera de Loíza y por consiguiente del legado histórico y cultural de profundas raíces africanas.

En Loíza, la Capital de la Tradición, la flor del tulipán africano, la cual es una manifestación de la naturaleza en todo su esplendor y belleza, es en mi opinión el candidato idóneo para ser reconocido oficialmente como la flor municipal loiceña. El lugar de origen de este árbol, el África Occidental tropical, y las características de esta flor poseen un paralelismo simbólico que se ubica en el escudo, la bandera y en la población del pueblo de Loíza.

Loíza es una de las municipalidades de Puerto Rico que posee un alto por ciento de su población cuyo color de piel es el negro. Esa característica física guarda una relación directa con aquella población procedente de África que fue conducida en contra de su voluntad a servir en América bajo la condición de esclavos. Ante ese marco escénico

y tras varios siglos de historia esclavos y libertos y la población libre de color o negra contribuyeron de forma significativa en los diversos capítulos de la historia de nuestro país. Dentro de ese contexto el pueblo de Loíza ocupa un sitio de destacada importancia y una conexión directa con esa África tan cercana y tan distante. A tales efectos la flor del tulipán africano representa, enaltece y honra a ese pasado glorioso de esas manos que paso a paso y día tras día fueron forjando el Loíza de ayer, de hoy y del futuro.

Entre los colores de la bandera y los símbolos circunscritos en el escudo de Loíza, y, la flor del tulipán africano existen ciertos paralelismos de un gran significado heráldico. Entre ellos se ubican los colores rojo y amarillo de la bandera y las franjas ondulantes del escudo.

Los colores rojo y amarillo de la bandera de Loíza se incorporan de los colores de la bandera de España, o sea, que representan el legado español en el territorio de Loíza. El color rojo anaranjado a escarlata de la flor del tulipán africano hacen alusión al simbolismo antes descrito como una manifestación de la propia naturaleza que hemos descubierto en el desarrollo de este proyecto.

Las franjas onduladas de la bandera loiceña las cuales también están presentes en dicho escudo representan al río Grande de Loíza. Éstas se hacen presentes hacia los bordes lineales de tono amarillento de la flor del tulipán africano. La voz meaito, nombre con el cual también se conoce a este árbol, y que emana de la acumulación de agua en los capullos sin abrir de la flor aluden o representa el agua del río antes descrito. No obstante, existen otras características de esta flor que ofrecen un simbolismo adicional: las cápsulas que guardan las semillas y la corola tabular de la misma.

Las cápsulas grandes y alargadas en las cuales se ubican las semillas luego del proceso de floración asemejan pequeñas canoas o barcazas las cuales recuerdan el ancón del pueblo loiceño y la herencia artesanal del mismo. Por otro lado, la corola tubular de esta flor es o asemeja a una campana en recordatorio de la silueta de una campana o campanario de la antigua iglesia de Loíza la cual es dedicada a San Patricio y que también representa el verde de tan distinguida bandera.

Los datos heráldicos, históricos y culturales expuestos para con el caso particular de Loíza describen una vez más que la idiosincrasia de cada uno de los pueblos de Puerto Rico es fundamental en el proceso de la selección del árbol, la flor y el ave de nuestros municipios.

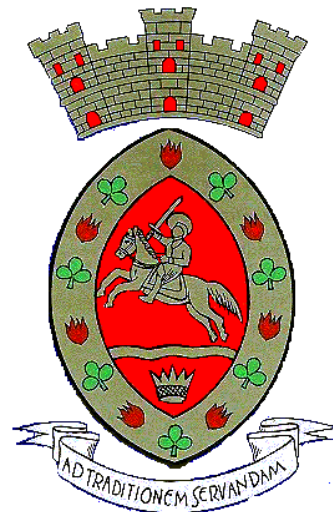
Flor del tulipán africano



Bandera del pueblo de Loíza



Escudo Municipal de Loíza



PRESENCIA DE LAS AVES 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 00926-1119

Los escudos municipales de Puerto Rico ocupan un lugar de destacada importancia en la heráldica de los pueblos. Cada símbolo que constituye parte integrante de esos escudos posee ciertas particularidades de la idiosincrasia de los mismos. No obstante, en los escudos municipales de Puerto Rico solo siete de ellos poseen aves, o sea, un 9 por ciento. Ante ese marco escénico es el propósito de este artículo el reconocer los escudos municipales de Puerto Rico que posean aves y de señalar el significado simbólico que éstos representan.

Los municipios de Puerto Rico que poseen aves en sus escudos oficiales son Morovis, San Germán, Río Grande, Patillas, Isabela, Fajardo y Cidra. Esa particularidad resulta llamativa pues la mayoría de los escudos municipales fueron diseñados por dos estudiosos de la heráldica puertorriqueña a quienes se les consideran como “*los heraldos de Borinquén*”: Roberto Beascoechea Lota y José Julio Santa-Pinter (Ramos Nieves 1989). No obstante, las ordenanzas para el reconocimiento oficial de esos escudos municipales no señalan el nombre científico de las aves. Solo hacen referencia al nombre vulgar o de pueblo de las aves presentes en los escudos municipales.

Las águilas están presentes en los escudos municipales de Morovis y San Germán. A las águilas se les denomina como aves rapaces en las cuales se distinguen, entre otras, las siguientes características: su fuerza y tamaño. Por consiguiente,

“esas características han contribuido a través de la historia para su presencia en emblemas, enseñas guerreras, escudos y blasones y se ha constituido en símbolo de fortaleza y dignidad” (Enciclopedia Hispánica 1989-1990).

En los escudos de ambos municipios las águilas están nimbadas, o sea, con una aureola en sus cabezas. En lo referente a Morovis el águila solitaria representa a San Juan, apóstol y evangelista, cuyo nombre ostentó el fundador del pueblo, Juan Evangelista Rivera (Rivera Arbolay 1999) y a la conquista de los Reyes Católicos (Ramos Nieves 1989). No obstante, el ave municipal oficial de Morovis es el pitirre (Asamblea Municipal de Morovis 1998). En lo respectivo a San Germán las dos águilas provienen de los escudos de armas de Fernando El Católico, el cual era Rey de Aragón y Sicilia. Curiosamente, el escudo municipal de San Germán no incluye a la golondrina ya que este pueblo fue reconocido por mucho tiempo como la Ciudad de las Golondrinas (Vélez Dejardín 1986). Ese reconocimiento, a nivel de pueblo, estaba basado en la abundancia en esa municipalidad de esa ave cuando llegaba la época del verano.

El escudo municipal de Río Grande posee dos cotorras puertorriqueñas las cuales se ubican sobre tres picos que hacen alusión a El Yunque. El simbolismo que encierran es que representan aves autóctonas las cuales se albergan en esa región (Miró Ramos 1984).

El escudo municipal de Patillas está constituido, entre otros símbolos, por cuatro cuervos los cuales poseen hojarasca en sus picos. Estas aves representan la bondad, el humanismo y la abnegación cristiana que mantuvo con vida a San Benito Abbad, el cual es el patrón de Patillas, cuando se encontraba en suplicio. No obstante, en el refranero popular “*Cría cuervos y te sacarán los ojos*” describe a que “*cuando se malcría o se mal educa los hijos, las consecuencias tarde o temprano, las pagarán los padres*” (Gómez 1990). También es expresivo de “*ser desleal, desagradecido con*

quien tiende la mano. Pagar mal a aquel que nos ha socorrido, favorecido. Haber educado mal" (Rodríguez Rosado 2008).

Los dos gallos de pelea en el escudo municipal de Isabela representan la valentía de los famosos gallos de pelea isabelinos los cuales en *"la lucha prefieren morir antes de ser vencidos"* (Ramos Nieves 1989). De hecho, Abbad y Lasiera, destaca a fines del siglo XVIII que las peleas de gallos eran muy comunes en América pero muy en especial en la isla de San Juan Bautista de Puerto Rico (Abbad y Lasiera 1979).

El escudo municipal de Fajardo incluye dos gaviotas en vuelo. Éstas hacen referencia, según la heráldica marina, a la providencia y al auxilio de encontrarse cerca de la zona de la costa (Rivera Colón 1986).

La paloma sabanera del escudo municipal de Cidra destaca a esta ave sobrevolando una montaña de tres picos (Asamblea Municipal de Cidra 1975). Esa representación heráldica es alusiva a la abundancia de esa especie en esa municipalidad así como a la posición geográfica del pueblo en la Cordillera Central (Ortiz Ortiz 1986). Por otro lado, cabe destacar que Cidra es el único municipio de los que poseen aves en sus escudos municipales que ha seleccionado el ave representada en su escudo municipal como su ave municipal oficial (Asamblea Municipal de Cidra 2000). Sin embargo, en la actualidad la paloma sabanera no se limita físicamente a Cidra pero el Festival de la Paloma Sabanera la cual se celebra anualmente en el mes de noviembre sí corresponde a Cidra (Sánchez Martínez 1992).

"En 1973 el Gobierno Federal le dio protección a esta ave que estaba en peligro de extinción. Nuestra ciudadanía se movilizó y aunando esfuerzos y voluntades para conservar esta especie se logró que esta población de aves aumentara significativamente tanto en Cidra como en los pueblos limítrofes" (Torres de Feliciano 2009).

Las observaciones que efectuó Abbad y Lasiera a fines del siglo XVIII en sus viajes a través de Puerto Rico no solo destacan las particularidades de la idiosincrasia de la población del país. Dentro

de esa perspectiva dedicó una gran porción de sus observaciones a la abundancia de una serie de aves tales como los cuervos y las cotorras. Dentro de ese contexto destacamos la conexión entre la población y su medio ambiente para con la predicción de los terremotos y el rol que desempeñaban las aves ante esa eventualidad.

"Las palomas monteses, las cotorras, periquitos y los cuervos son muy comunes en toda la Isla...No aprovechan las... cotorras, periquitos, cuervos y otras aves de buen gusto...Cuando estas semillas (los frijoles) están granados, se ponen los dueños en atalaya, para ahuyentar las bandadas de cotorras, periquitos, cuervos y otras aves que van a comerlas... Más frecuentes son los terremotos, aunque sin otras consecuencias que el susto que causan sus movimientos; por esto son poco temidos de sus habitantes, quienes los predicen por el conocimiento práctico que tienen de un accidente de la naturaleza ...Cuando observan que en las quebradas o abras de los montes hay neblinas espesas pegadas a la tierra por mucho tiempo, o que en las aguas de los manantiales se percibe algún olor sulfúreo o sabor extraño del natural: que las cotorras, periquitos, cuervos u otras aves se juntan en bandadas y van dando vueltas con mayores graznidos de lo regular; que las vacas y caballos repiten con frecuencia sus mujidos y relinchos, son señales seguras de terremoto (Abbad y Lasiera 1979).

Los escudos municipales de Río Grande y Cidra merecen un comentario adicional ya que existe una similitud entre ellos en lo que a aves respecta. Dichos escudos son los únicos en los cuales consta la presencia de aves autóctonas de Puerto Rico: la cotorra puertorriqueña en el escudo municipal de Río Grande y la paloma sabanera en el escudo municipal de Cidra. Por otro lado, las dos cotorras puertorriqueñas del escudo de Río Grande se ubican sobre tres picos que representan El Yunque mientras que la paloma sabanera solitaria del escudo municipal de Cidra está sobrevolando una montaña de tres picos en representación de la Cordillera Central. Esas representaciones hacen referencia hacia la ubicación de estas aves en la geografía del país así como de la representación de tres picos para representar a la Cordillera Central y a El Yunque. Por otro lado, cabe destacar que el

escudo municipal oficial de Cidra fue diseñado por José Julio Santa Pinter (Ortiz Ortiz 1986) mientras que el respectivo de Río Grande le corresponde a Roberto Beascoechea Lota (Miró Ramos 1984).

BIBLIOGRAFÍA

- Abbad y Lasierra, F. I. 1979. Historia geográfica, civil y natural de la Isla de San Juan Bautista de Puerto Rico. pp. 163, 188, 192, 202 y 223.
- Asamblea Municipal de Cidra. 1975. Ordenanza núm. 8. Serie 1975-1976.
- Asamblea Municipal de Cidra. 2000. Ordenanza núm. 43. Serie 1999-2000.
- Asamblea Municipal de Morovis. 1998. Ordenanza núm. 1. Serie 1998-1999.
- Enciclopedia Hispánica. 1989-1990. Versailles, Kentucky: Encyclopaedia Britannica Publishers, Inc. Vol. 1. p. 120.
- Gómez, R. 1990. Refranero popular: desde mi pueblito nuevo. República Dominicana: Editora Corripio, C. por A., p.115.
- Miró Ramos, M. 1984. Río Grande: notas para su historia. San Juan: Oficina Estatal de Preservación Histórica, p. 11.
- Ortiz Ortiz, F. 1986. Cidra: notas para su historia. San Juan: Oficina Estatal de Preservación Histórica, p. 6.
- Ramos Nieves, J. 1989. Heráldica municipal. San Juan. Tesis sometida al Centro de Estudios Avanzados de Puerto Rico y El Caribe para el grado de Maestría en Artes. pp. 35, 83 y 88.
- Rivera Arbolay, P. (Coordinador). 1999. Pueblos de nuestro Puerto Rico. San Juan: Publicaciones Puertorriqueñas Inc., p. 215.
- Rivera Colón, N. 1986. Fajardo: notas para la historia. San Juan: Oficina Estatal de Preservación Histórica, p. 7.
- Rodríguez Rosado, P. 2008. De boca en boca: diccionario de refranes y decires puertorriqueños. Hato Rey: Publicaciones Puertorriqueñas, Inc., p. 41.
- Sánchez Martínez, H. 1992. Puerto Rico turístico: guía de viajes para Puerto Rico. San Juan: Publicaciones Puertorriqueñas Inc., p. 42.
- Torres de Feliciano, L. 2009. La revista del bicentenario: 200 años de la fundación de Cidra. Gobierno Municipal de Cidra. p. 19.
- Vélez Dejardín, J. 1986. San Germán contemporáneo 1900-1985 Notas para su historia. San Juan: Oficina Estatal de Preservación Histórica p. 43.

EARLY ASSESSMENT OF THE TREES OF THE LUQUILLO MOUNTAINS

Frank H. Wadsworth

International Institute of Tropical Forestry
United States, Department of Agriculture, Forest Service
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1119

ABSTRACT

This is a description of the composition of a forest in Puerto Rico almost unique in that it probably had not received human modification. It comes from a 1948 inventory of 4,570 hectares of what today is the El Yunque National Forest in the Luquillo Mountains. The inventory, preparatory to a forest management plan, was a search for sustainable level of timber volume utilization. The data presented are from 40 apparently undisturbed 1/10 ha samples out of 914 inventory plots along parallel transects. The description covers structure and composition of the two most prominent forest associations. This forest, essentially never humanly modified was distinct from the forests generally over the island today.

RESUMEN

Esto es una descripción de un bosque temprano de Puerto Rico que aparentemente no había recibido modificación humana. Viene de un inventario en 1948 de 4.570 ha del hoy Bosque Nacional de El Yunque en las montañas de Luquillo. El inventario, hecho en preparación para un plan de manejo forestal, buscaba la cantidad de madera que se podría utilizar sosteniblemente. Los datos son de una selección de 40 muestras de 0.1 ha de bosque aparentemente intacto de 914 parcelas seleccionadas de fajas paralelas de brújula. Incluye descripción de la composición y la estructura de las dos asociaciones más prominentes. La composición de estos bosques, que nunca recibieron modificación sustancial humana, era diferente de la de los bosques comunes en Puerto Rico hoy.

Key words: Puerto Rico, Luquillo, subtropical forest, forest composition, forest structure.

INTRODUCTION

National Forests are sustained by guidance from successive management plans. In 1948 the 1937 inventory of the Caribbean National Forest (Now El Yunque National Forest) had become obsolete. More land had been added to the forest. The sale of timber had been authorized. Through timber sales near the roads the removal and use of those trees suitable only for charcoal, the Forest Service was releasing from competition other trees suited for more valuable products. Despite this, parts of the interior of the forest apparently

remained unmodified. The 1948 inventory has been described (Wadsworth 1951).

Since most of the National Forest did not utilize timber these lands were excluded from the inventory. There were 743 ha reserved apparently in entirely natural condition; 1,815 ha because of susceptibility to soil erosion; 1,254 ha kept natural for the parrots, and 628 ha for recreation. Two forest associations, the palm forest of the steep slopes and riparian river edges, subtropical rain forest (Ewel and Whitmore 1973), that covered 2,051 ha and the dwarf forest of the peaks, subtropical lower

montane wet and rain forest, that covered 455 ha, were excluded from the inventory.

The remaining 6,147 ha included two forest associations, the lower subtropical wet tabonuco forest on 4,314 ha and the upper subtropical rain colorado forest on 3,403 ha. The separation of these two was found to occur at about 600 meters elevation, near the isotherm of 23°C. These forests in three watersheds were also excluded from the inventory because they were expected to remain inaccessible for tree removal during the planning period. So remaining to be inventoried were 2,510 ha of tabonuco forest and 2,060 ha of colorado forest.

METHODS

The inventory was completed between April and August 1948. Parallel compass lines through the forest were so spaced as to provide about a 2 percent sample. Out 5 m on each side of the taped compass lines were recorded trees of ≥ 9 cm dbh (diameter at 1.4m above the ground) by species, crown position in the canopy (Daniel *et al.* 1979), and dbh. Upon completing 5 surveyor's chains of line (100m) the data were marked to define plots of 0.1 ha (10 x 100m). In total 914 plots were tallied.

Data from 40 of the plots (4 ha), thought to be the least modified were reduced to per ha in Table 1. Difficulties of field identification at the time of the inventory led to the grouping of some species of the Lauraceae, Melastomataceae, and Myrtaceae. DFD values for selected tree species, derived by summing their percentages of number of trees, percent of plots in which found, and percent of basal area appear in Table 2. The percents of trees of each principal species within the two forests in 1948 and in Puerto Rico as a whole in 2003 (Brandeis, *et al.* 2007) appear in Table 3. The proportion of the species in the 40 plots from different natural ranges within Puerto Rico, the Caribbean, and beyond appears in Fig. 1.

RESULTS

- The trees of the lower tabonuco forest, with much less rainfall (Ewel and Whitmore 1973), rise to about double the height of the trees of the colorado forest.
- Forest basal area in the selected tabonuco plots ranged between 32 and 55 m²/ha, about 10 m² denser than in the upper colorado forest.
- Thirty percent of the tree species of the lower tabonuco forest were not found also in the colorado forest (table 1). In contrast, 94 percent of the tree species of the colorado forest were found also in the tabonuco forest.
- The upper, more isolated colorado forest is composed of trees of more local geographic distribution than the tabonuco forest (Little and Wadsworth 1964, Fig. 1). The lower forest has many more tree species found also in the Caribbean or in Central and South America. Extreme ranges of tree species of these forests are *Andira inermis*, native also to West Africa, and with *Ficus citrifolia*, and *Cyrilla antillana*, extending to the southeastern United States.
- *Prestoea* is heavily and equally represented in the two forests (Table 2). *Magnolia* and *Micropholis garcinifolia* also have prominent DFD values in both forests.
- In the lower forest the rarity of *Ochroma* suggests a lack of continuous openings. The abundance of *Cecropia* and *Schefflera* in the lower forest appears to reflect brief hurricane openings.
- The appearance of *Syzygium jambos*, a tree of the other hemisphere in Puerto Rico for more than a century, seems to refute the presumed lack of disturbance. Among the many exotic trees in Puerto Rico it is a rare true invader into closed forest.
- The isolation of Luquillo Mountain forests from those elsewhere on the island is indicated by differences in the percentages of trees of certain species in the forests of the two areas (Table 3). In particular it is apparent that *Dacryodes*, *Henriettia*, *Micropholis*, *Prestoea*, and *Sloanea* are concentrated more in the Luquillo Mountains, while *Andira*, *Guarea*, and *Tabebuia*, are much more abundant elsewhere on the island.
- The upper forest has more endemic species while the lower forest has many more tree species found also in the Caribbean

TABLE 1. The mean number of trees ≥ 9 cm and ≥ 30 cm dbh per ha in the 40 plots of 0.1 ha each. (Wadsworth 1949).

Species	Tabonuco forest		Colorado forest	
	≥ 9 cm	≥ 30 cm	≥ 9 cm	≥ 30 cm
<i>Alchornea latifolia</i> Sw (Achiotillo)	10.2	1.0	1.0	0.2
<i>Alchorneopsis floribunda</i> (Benth.) Muell. (Palo de gallina)	13.0	2.2		
<i>Andira inermis</i> (W. Wr.) DC. (Moca)	1.8	0.2		
<i>Antirrhoea obtusifolia</i> Urban (Quina)	0.2		0.2	
<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aublet) Howard (Granadillo)	2.2	0.8	0.2	0.2
<i>Byrsonima spicata</i> (Cav.) DC. (Maricao)	0.8			
<i>Byrsonima wadsworthii</i> Little (Almendrillo)	3.0	0.2	1.8	0.2
<i>Calophyllum antillanum</i> Britt. (Maria)	0.2			
<i>Cananga caribaea</i> (Urban) Britt. (Ausubillo)	0.5	0.2		
<i>Casearia arborea</i> (L.C.Rich) Urban (Rabo de ratón)	1.0			
<i>Casearia decandra</i> Jacq. (Palo blanco)	3.8		0.2	
<i>Cecropia schreberiana</i> Mig. (Yagrumo hembra)	87.5	13.5	5.8	1.5
<i>Chionanthus domingensis</i> Lam. (Hueso blanco)	4.5	0.2	5.0	1.0
<i>Clusia gundlachii</i> Stahl (Cupey)			15.5	4.2
<i>Coccoloba rugosa</i> Desf. (Ortegón)	3.0	0.5	0.8	
<i>Cordia borinquensis</i> Urban (Muñeco)	7.0		6.2	
<i>Cordia sulcata</i> DC. (Moral)	2.8			
<i>Croton poecilanthus</i> Urban (Sabinón)	20.2		34.5	
<i>Cyrilla antillana</i> Michx. (Palo colorado)	13.5	7.8	65.9	42.8
<i>Dacryodes excelsa</i> Vahl. (Tabonuco)	103.2	53.0	10.2	9.0
<i>Ditta myricoides</i> Griseb. (Ditta)	2.8		5.8	
<i>Eugenia borinquensis</i> Britt. (Guayabota de sierra)			1.0	
<i>Eugenia stahlii</i> (Kiaersk.) (Guayabota)	5.8	0.8	2.0	0.8
<i>Ficus americana</i> Aubl. (Jaguey colorado)	3.0	0.2	2.2	0.2
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer (Guaragua)	10.5	1.8		
<i>Henriettia squamulosa</i> (Cogn.) Judd. (Camasey jusillo)	21.5	2.2	154.0	35.0
<i>Hirtella triandra</i> Sw. (Teta de burra)	4.2			
<i>Homalium racemosum</i> Jacq. (Caracolillo)	4.5	2.8	0.2	0.2
<i>Hymenaea courbaril</i> L. (Algarrobo)	0.5	0.2		
<i>Ilex nitida</i> (Vahl.) Maxim. (Hueso prieto)	3.8	0.2	21.2	6.8
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd. (Guamá)	16.5	2.2	2.2	0.2
<i>Inga vera</i> Willd. (Guaba)	12.5	1.5		
<i>Laetia procera</i> Eichler (Yuquilla)	3.0	0.5		
Lauraceae (Laurel)	8.2	0.8	0.5	
<i>Magnolia sprengens</i> Urb. (Laurel sabino)	7.2	5.0	28.0	13.2
<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) Chev. (Ausubo)	15.0	0.2	1.2	
<i>Matayba domingensis</i> (DC.) Radlk. (Negra lora)	18.5	1.2	5.8	0.8
Melastomataceae (Camasey)	33.0	0.8	8.2	
<i>Meliosma herbertii</i> Rolfe (Aguacatillo)	7.7	1.2		
<i>Micropholis guyanensis</i> (A. DC.) Pierre (Caimitillo)	35.2	8.8	86.0	9.5
<i>Micropholis garcinifolia</i> Pierre (Caimitillo verde)	50.5	17.0	158.2	54.0
<i>Myrcia deflexa</i> (Poir.) DC. (Cieneguillo)	0.2		0.2	
Myrtaceae (Hoja menuda)	1.5		3.8	
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. Ex Lam.) Urban (Guano)	0.2			
<i>Ocotea leucoxydon</i> (Sw.) Mez. (Laurel geo)	1.5	0.2		
<i>Ocotea moschata</i> (Meissn.) Mez. (Nuez moscada)	1.2	0.2	0.8	
<i>Ocotea spathulata</i> Mez. (Nemocá)	9.5	2.8	51.0	5.8

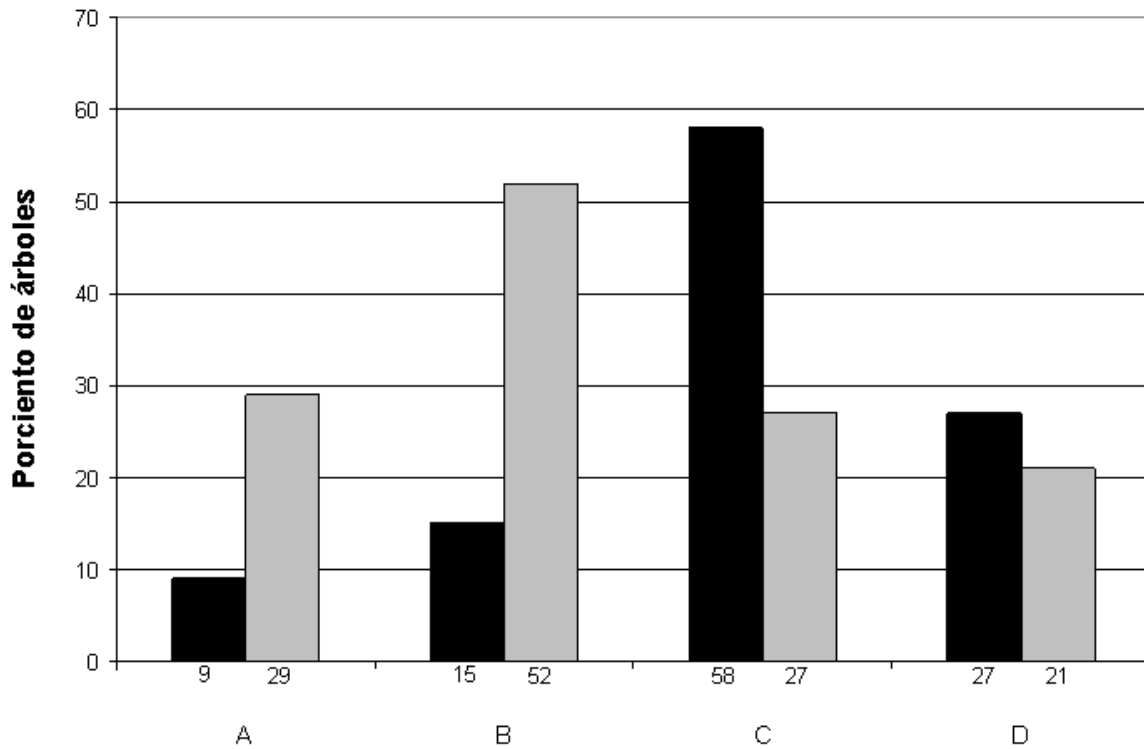
TABLE 1. The mean number of trees ≥ 9 cm and ≥ 30 cm dbh per ha in the 40 plots of 0.1 ha each. (Wadsworth 1949). (continued).

Species	Tabonuco forest		Colorado forest	
	≥ 9 cm	≥ 30 cm	≥ 9 cm	≥ 30 cm
<i>Ormosia krugii</i> Urban (Palo de matos)	9.0	1.0		
<i>Oxandra laurifolia</i> (Sw.) A. Rich. (Yaya)	0.8	0.2		
<i>Prestoea montana</i> (R. Graham) Nichols (Palma de sierra)	171.0		92.5	
<i>Quararibea turbinata</i> (Sw.) Poir. (Garrocho)	4.8		0.2	
<i>Sapium laurocerasus</i> Desf. (Manzanillo)	11.2	1.5	1.2	
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire (Yagrumo macho)	25.2	2.8	2.0	0.5
<i>Sloanea berteriana</i> Choisy (Cacao motillo)	33.2	8.8	1.2	0.5
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alst. (Pomarrosa)	0.2			
<i>Tabebuia heterophylla</i> (DC.) Britt. (Roble blanco)	2.8	0.2	2.0	0.8
<i>Tabebuia rigida</i> Urb. (Roble de sierra)			8.0	1.0
<i>Tetragastris balsamifera</i> (Sw.) Kuntze (Masa)	3.0	0.5		
<i>Trichilia pallida</i> Sw. (Gaeta)	0.2			
<i>Zanthoxylum martinicense</i> (Lam.) DC. (Espino rubial)	0.2			
Other species (13) (10)	17.7		14.0	
Totals, ≥ 9 cm dbh	(70 sp.) 835.7		(49 sp.) 800.8	
Totals, ≥ 30 cm. dbh	(39 sp.) 145.2		(23 sp.) 187.9	

TABLE 2. DFD values for the more prominent tree species. Summed percentages as to number of trees, number of plots in which found, and forest basal area.

Species	DFD Values	
	Tabonuco	Colorado
<i>Alchornia latifolia</i>	55	28
<i>Alchorneopsis floribunda</i>	53	3
<i>Cecropia schreberiana</i>	109	58
<i>Cordia borinquenses</i>	33	59
<i>Croton poecilanthus</i>	40	93
<i>Cyrilla antillana</i>	34	124
<i>Dacryodes excelsa</i>	130	30
<i>Henriettia squamulosa</i>	72	108
<i>Inga laurina</i>	74	26
<i>Inga vera</i>	46	3
<i>Magnolia splendens</i>	47	57
<i>Matayba domingensis</i>	34	41
<i>Micropholis guyanensis</i>	12	86
<i>Micropholis garcinifolia</i>	83	121
<i>Ocotea spathulata</i>	47	83
<i>Prestoea montana</i>	132	131
<i>Sapium laurocerasus</i>	42	21
<i>Schefflera morototoni</i>	72	33
<i>Sloanea berteriana</i>	89	34

FIGURE 1. Representations by geographical sources of the tree species in the tabonuco (black) and colorado (gray) forests. A = Species endemic to eastern Puerto Rico; B = all species endemic to Puerto Rico (including A); C = Species of the Caribbean islands; and D = Species native also to Central and/or South America.



or in Central and South America (Fig. 1). Extreme ranges of tree species of these forests are *Andira inermis*, native also to West Africa, and with *Ficus citrifolia*, and *Cyrilla antillana*, extending to the southeastern United States.

DISCUSSION

Both forests evidenced storied structure, with 88 percent of the tree species in the tabonuco forest and 76 percent in the colorado less than 30 cm dbh (Little and Wadsworth 1964). Ninety-seven percent of the trees in the tabonuco forest and ninety-eight percent in the colorado forest were evergreen. Leaves of 86 percent of the trees in the unmodified tabonuco forest and 95 percent in the colorado forest, were simple, without leaflets. Leaf arrangements were alternate in 87 percent of the tree species in

the tabonuco forest and 80 percent of those in the colorado forest. Continuous or repeated flowering and fruiting during the year characterizes about 50 percent of the tree species in the two forests. An extreme example of the difference between the unmodified flora of the Luquillo Mountains and that elsewhere on the island, is *Spathodea campanulata*, an exotic product of deforestation, totally absent from the old-growth Luquillo forest despite more than 113 million trees in the rest of the island's forests (Brandies *et al.* 2007).

ACKNOWLEDGEMENTS

Appreciation is expressed for the inventory data collected in the forest by Raul Ybarra Coronado, José Reyes Mateo, and Ramiro Acosta Ruiz. The hologram was made by Maya Quiñones. All were employees of the Forest Service.

TABLE 3. Comparative proportions of numbers of trees in the two forests in 1948 and in the 2003 inventory of all of Puerto Rico (Brandeis *et al.* 2007).

Species	Percent of all trees		
	Tabonuco	Colorado	Puerto Rico
	%	%	%
<i>Andira inermis</i>	<1	0	5
<i>Cecropia schreberiana</i>	10	9	7
<i>Citharexylum fruticosum</i>	0	0	<1
<i>Cordia sulcata</i>	<1	0	3
<i>Croton poecilanthus</i>	2	4	0
<i>Cyrilla antillana</i>	2	8	0
<i>Dacryodes excelsa</i>	12	1	0
<i>Dendropanax arboreus</i>	0	0	2
<i>Guarea guidonia</i>	1	0	17
<i>Henriettia squamulosa</i>	2	19	0
<i>Hymenaea courbaril</i>	<1	0	3
<i>Inga laurina</i>	2	0	4
<i>Inga vera</i>	2	0	5
<i>Magnolia splendens</i>	1	4	0
<i>Micropholis guyanensis</i>	4	11	0
<i>Micropholis garcinifolia</i>	6	20	<1
<i>Ocotea leucoxydon</i>	<1	0	5
<i>Ocotea spathulata</i>	1	6	0
<i>Prestoea montana</i>	20	12	3
<i>Roystonea borinquena</i>	0	0	1
<i>Schefflera morototoni</i>	2	2	4
<i>Sloanea berteriana</i>	4	0	0
<i>Syzygium jambos</i>	<1	0	8
<i>Tabebuia heterophylla</i>	<1	<1	8

LITERATURE CITED

- Brandeis, T. J., E. H. Helmer, and S. N. Oswalt. 2007. The status of Puerto Rico's forests, 2003. Ashville, North Carolina: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Resource Bulletin SRS-119, 72 p.
- Daniel, T. W., J. A. Helms, and F. S. Baker. 1979. Principles of Silviculture, Second Edition. New York, N. Y., McGraw-Hill. 500 p.
- Ewel, J. J. and Whitmore, J. L. 1973. The ecological life zones of Puerto Rico and the US Virgin Islands. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Research Paper ITF-18, 72 p.
- Little, E. L. Jr., and F. H. Wadsworth. 1964. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Agriculture Handbook No. 246. 548 p.
- Wadsworth, F. H. 1949. The development of the forest resources of the Luquillo Mountains, Puerto Rico. Ann Arbor, Michigan University of Michigan. A dissertation submitted in fulfillment of the requirements for a degree of Doctor of Philosophy. 481p.
- Wadsworth, F. H. 1951. Forest management in the Luquillo Mountains. I. The setting. Caribbean Forester 12(3):93-114.

TOPOGRAPHIC FREQUENCY OF TREES IN THE TABONUCO FOREST OF THE LUQUILLO MOUNTAINS

Frank H. Wadsworth

International Institute of Tropical Forestry
United States, Department of Agriculture, Forest Service
Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1119

ABSTRACT

A previous study of tree productivity in the subtropical wet forest of the Luquillo Mountains of Puerto Rico was used to expose the frequency of 12 timber tree species to six different topographic sites, convex versus concave surface, lower versus upper slopes, and windward versus leeward aspects. All but one of the species are found in all six locations and the frequency of all have concentrations suggesting that if that is also where they grow best, they should be selected there for productivity, and should best be replanted there.

Key words: *Montane topography, subtropical wet forest, forest tree frequency, Puerto Rico.*

INTRODUCTION

The recent discovery on the lower slopes of the Luquillo Mountains that a quarter of the trees selected for timber production have been growing about double the rate of the rest (Wadsworth *et al* 2010) has encouraged the search for visible evidence reliably identifying this difference. The same study provided partial evidence; growth more rapid with tree crowns at least intermediate in the forest canopy, with surrounding forest density of less than 25 m²/ha, and tree crown areas of at least 20 m². On mountains growth differences may be reflected topographically where each tree species may naturally congregate. Readily visible montane topographic mountain sites include the contour of the surface, steepness, and aspect relative to the prevailing wind.

METHODS

Building on the previous study, the data used are for the 1,425 trees of the subtropical wet forest (Ewel and Whitmore 1973) below 600 m elevation (Table 1). These trees, of 12 of the most common species, were selected for future timber productivity, between 10 and 30 cm dbh (diameter

of the trunk at 1.4 m above the ground), of erect form and apparently in good health. In 1983 the following topographic locations were noted for each tree: ridges (convex surfaces), side slopes, and valleys (concave surfaces); degrees of slope downward; and for trees on slopes of 20 degrees or more the aspect toward 8 principal directions. To accentuate contrasts only trees in extremes were compared. This means only convex versus concave surfaces, slopes of less than 20 degrees versus more than 40 degrees, and windward (NE-SE) versus leeward (NW-SW).

For trees in each of these categories tree diameter at breast height was converted to basal area, to add tree size to the significance of location. Summed basal area in one of the two paired locations was divided by that in the opposite location to further expose any contrast. Finally, to equalize the departures among species, the divided basal areas were again divided by the general weighted average for each category, bringing in all cases the relation of aggregate basal area to one. Then values between 0.5 and 1.5 were arbitrarily considered to be without concentration or the opposite.

TABLE 1. Relative frequency of prominent tree species, by topography, in the tabonuco forest. Those especially concentrated (more than 1.5) or uncommon (less than 0.5) in bold.

Species	Trees	Basal area		
		Proportion / mean		
		Convex / Concave	<20° / >40°	Windward / Leeward
<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aub.) How. Gtanadillo	49	4.07	1.47	1.58
<i>Cecropia schreberiana</i> Miq. Yagrumo hembra	61	0.23	0.18	0.17
<i>Chionanthes domingensis</i> Lam. Hueso blanco	41	0.92	0.00	1.83
<i>Dacryodes excelsa</i> Vahl Tabonuco	354	1.52	0.18	0.83
<i>Homalium racemosum</i> Jacq. Caracolillo	41	0.35	0.82	0.75
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd. Ex. L. Guama	62	0.45	1.00	0.08
<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev. Ausubo	120	0.49	2.94	2.08
<i>Matayba domingensis</i> (DC.) Radlk. Negra lora	141	0.79	1.94	0.50
<i>Ormosia krugii</i> Urban Palo de matos	108	0.68	0.35	0.58
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) M. S. F. Yagrumo macho	121	0.37	0.18	0.50
<i>Sloanea berteriana</i> Choisy Cacao motillo	43	0.12	0.35	1.33
<i>Tabebuia heterophylla</i> (DC.) Britton Roble blanco	284	0.52	0.82	1.83
Total and weighted averages	1,425	1.00	1.00	1.00

RESULTS

A remarkable feature in Table 1 is that decimals appear throughout, indicating that all species can grow everywhere. That is why the identification of concentrations is not simply an ocular process. The species with most concentrated frequency on convex surfaces are *Buchenavia attenuata* and *Dacryodes excelsa*. On concave surfaces they are *Sloanea berteriana*, *Cecropia schreberiana*, and *Homalium racemosum*. On the slopes the species most concentrated below 20 degrees are *Manilkara bidentata*, *Matayba domingensis*, and *Buchenavia attenuata*. On slopes steeper than 40 degrees the concentration is of *Chionanthes domingensis*, *Cecropia schreberiana*, *Dacryodes excelsa*, and *Schefflera morototoni*. Concentrated on the windward aspect are *Manilkara bidentata*, *Tabebuia heterophylla*, and *Chionanthes domingensis*. To the leeward are *Inga laurina*, *Cecropia schreberiana*, *Matayba domingensis*, and *Schefflera morototoni*. The two pioneer species, *Cecropia schreberiana*, and *Schefflera morototoni* are most concentrated on the same topography, concave surface, more than 40 degree slopes, and windward aspects. The only

species not found on one site, the lower slopes, was *Chionanthes domingensis*.

CONCLUSIONS

The proven occurrence of almost all 12 species throughout six distinct topographic positions on the mountain, with only one exception, and yet all with concentrations somewhere suggests that this may be true of many other tropical montane tree species. Found throughout the forest, these species have much broader tolerances than their concentrations, the latter unproven as preferences. But it does provide a basis for a next step, the relation of topographic frequency to growth rates for each species. If for this there appear some generalities they would be novel and useful in identifying without growth data promising crop trees and deciding where if replanting becomes necessary.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author is indebted to Julio C. Figueroa for the selection of the crop trees in the forest, the assignment of their topographic locations, and

initial interpretations and to Brynne Bryan for the summary of the data. At the time of their contribution both were employees of the International Institute of Tropical Forestry.

Wadsworth, F. H., B. Bryan, and J. C. Figueroa-Colon. 2010. Cutover tropical forest potential merits assessment, Puerto Rico. *Bois & Forêts des Tropiques* 305(3):33-41.

LITERATURE CITED

Ewel, J. J., and J. L. Whitmore. 1973. *Las zonas de vida de Puerto Rico y las Islas Vírgenes Americanas*. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. Research Paper ITF-18. 72 p.

UNAS OPCIONES PARA MUESTRAS DE LA NATURALEZA

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 00926-1119

La ciencia, incluso la de Puerto Rico, aprende de muestras, su interpretación y extrapolación a situaciones más extensas. Las muestras de la naturaleza de Puerto Rico: las del suelo, la hojarasca, la sombra, la biomasa, los árboles, las aves, los reptiles y anfibios, o los insectos caracterizan los ecosistemas.

Un fundamento que dicta la localización, la magnitud, y el número de muestras es que su evidencia sea confiable. Para esto la representatividad y la precisión de información son condiciones imperativas. La heterogeneidad de lo natural de Puerto Rico exige muestras suficientemente grandes o numerosas para incluir los componentes raros, la variación local, y para

permitir la comparación estadística. Las muestras cuadradas o circulares posean un máximo central de condiciones y un mínimo de lindero. Las muestras rectangulares pueden comparar mejor las condiciones de declive o de elevación.

El muestreo tiene que ser practicable. Las muestras circulares se reencuentran con un mínimo de búsqueda. Las muestras de otra forma con dimensiones de números redondos son ventajosas para establecer y recordar. Las muestras de una fracción memorable de la unidad del terreno en uso facilitan la extrapolación de sus resultados. Unas dimensiones opcionales y sus equivalentes matemáticas se presentan en la Tabla 1.

TABLA 1. Áreas de muestras cuadradas y redondas según sus dimensiones¹.

Fracción Acre o ha.	Pies ²	Lado Pies	Radio Pies	Metros ²	Lado Metros	Radio Metros
1	43,560	208.7	117.8	10,000	100.0	56.4
.785				7,854		50.0
.721	31,416		100.0			
1/2	21,780	147.6	83.3	5,000	70.7	39.9
1/4	10,890	104.4	58.9	2,500	50.0	28.2
.230	10,000	100.0				
1/5	8,212	90.6	51.1	2,000	44.7	25.2
.180	7,854		50.0			
.126				1,257		20.0
1/8	5,445	73.8	41.6	1,250	35.4	19.9
1/10	4,356	66.0	37.2	1,000	31.6	17.8
.0574	2,500	50.0				
1/20	2,178	46.7	26.3	500	22.4	12.6
.0400				400	20.0	
.0314				314		10.0
.0289	1,257		20.0			
1/50	871	29.5	16.7	200	14.1	7.98
1/100	436	20.9	11.8	100	10.0	5.64
00920	400	20.0				
.00785				78.5		5.0
.00721	314		10.0			
1/200	218	14.8	8.33	50.0	7.07	3.99
.00250				25.0	5.0	
.00230	100	10.0				
1/500	87.1	9.33	5.27	20.0	4.47	2.52
.00180	78.5		5.0			
1/1000	43.6	6.60	3.72	10.0	3.16	1.78
.00059	25.0	5.0				

¹Lados de muestras cuadradas y radios de redondas.

De muestras rectangulares el área es el producto del valor del lado corto (cuadrado) y el número de lados cuadrados en el lado largo.
 $50 \times 100\text{ft} = 2 \times 0.0574 = 0.1148 \text{ acre}$; $20 \times 60\text{m} = 3 \times 0.04 = 0.12 \text{ ha}$.

FROM PUERTO RICO WITH LOVE: THE COQUI INVADES HAWAII

Francisco Watlington Linares
Department of Geography
University of Puerto Rico, Río Piedras

The Hawaiian Islands have been overrun by Puerto Rican coqui tree frogs, provoking righteous indignation among some earlier immigrants who resent their loud foreign screech. Before the coqui, Hawaiian nights were dismally chirpless, and consigned to the creaky chorus of native crickets. At least two other species of tree frogs have also reached Hawaii, the soft spoken Cuban *E. planirostris* or 'greenhouse frog' and *E. martinicensis* from the Lesser Antilles.

Puerto Rico is well populated by tree frogs of no less than 18 endemic species of the Neotropical genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae) (Joglar 1998). Why doesn't Hawaii have at least one endemic representative of this most speciose of all vertebrate genera, almost 600 known species; with 20 percent of the total, 119 species, on the Greater Antilles? (Hedges 1993). The historical answer is that before the upsurge of globalization the constraints of unfavorable oceanic currents, winds and sheer distance precluded rafting of pioneer tree frogs from the American tropics.

No longer. The airborne conveyer belt that supplies Puerto Rico with orchids from the Big Island most likely provided the Hawaiian sweepstakes winning ticket to the assertive Common Coqui (*E. coqui*), traveling as a bromeliad stowaway on the return leg. One would think that many Hawaiian biologists are elated over the prospect of observing evolution in action as the coqui expands into its new habitat radiating adaptively in accord with Darwinian natural selection; diversifying to fill specific geographic niches. How long will it take for the malihini (newcomer) to become a kamaaina (oldtimer)? How much longer before the founding species becomes an endemic subspecies, then a full endemic and eventually an array of specialist endemics? Evolutionary biologists are well aware that adaptive radiation can be observed in action

well within an average human lifespan (Weiner 1994).

If island area and topographic complexity are indicative, Hawaii proper might some day be home to as many as 18 species of coqui-like endemic froglets, the approximate number of species found on Jamaica and Puerto Rico, both islands of similar size. While in their Rican homeland all tree frogs are called 'coqui', each species has its distinctive call, and some do not live in trees. Impatient Hawaiian evolutionists might consider mitigating the dearth of native coqui biodiversity by introducing additional species from Puerto Rico, currently threatened by uncontrolled urban sprawl and less obvious environmental factors.

There is, for example, the Guajón or 'Demon' Coqui (*E. cooki*) whose banshee call terrifies those who dare approach their cavernous lairs among the cyclopean boulders of the Sierra Panduras. They should take well to the weathered old lava tube caves of Hawaii. Another promising introduction would be the Martillito or 'Little Hammer' Coqui (*E. locustus*), which dwells in the bracken and brush around rainforest edges. Be forewarned: their all-night anvil chorus (like scores of small hammers banging on a large rock) could drive some insomniac biologists over the edge. Perhaps a safer choice would be the Pitito, or 'Little Whistle' Coqui (*E. cochranæ*). A widespread resident of suburban gardens in metropolitan San Juan, it is said to be replacing the true Coqui in some areas! Its soft, persistent nocturnal whistle could at times be misconstrued, leading to animosity between formerly close neighbors.

All things considered, the ubiquitous Common Coqui is the darling of the Puerto Rican countryside and cityscape. Fueling the suspicion that nostalgic Hawaiians of Puerto Rican descent are implicated

in the spread of the coqui, at least on the island of Maui where a large ethnic Rican community concurs with a widespread coqui presence. Most local ecologists do not share the qualms about the species that perturb some of their Hawaiian peers. They are also discovering that the 'just-so' anti-coqui mythology spun by certain nativist biologists is a ploy to couch condemnation of the beastie in 'scientific' terms. The vilification of 'alien' Puerto Rican coquis is also promoted by the media under pretense of a specious ecological fundamentalism that would do away with immigrant biodiversity to protect endemic species.

So called invasion biologists frame their indictment of the coqui as a dire ecological menace in Eltonian epidemiological jargon that maligns bromeliads as 'vectors', pioneer colonies of froglets as 'inoculum', and successfully naturalized populations as 'infestations'. (Kraus et al. 1999). Moreover, purportedly scientific factoids are craftily manipulated for condemnatory effect.

For example, there is the spurious claim that coquis are depriving endangered Hawaiian honeycreeper-finches (Drepanidinae) of the insects they feed on. However, very few extant drepanids are strictly insectivorous. Most feed on nectar, fruits and seeds, as well. Only certain species with highly specialized bills grub or peck into rotted wood for morsels hidden from coquis. There is no lack of bugs to go around. The Hawaiian Islands are home to no less than 10,000 endemic species of insects, including a notorious 'killer caterpillar', and 43 percent of the world's known species of crickets (Wilson 1999). But there were no ants in the original native fauna! There are plenty of ants now, a favorite coqui food, among the 3,000 introduced and naturalized arthropods. Some of the 40 or so introduced species of ants are quite aggressive and may drive some hapless island insects to extinction (Reimer 1994) unless kept in check by the coquis which also relish alien mosquitoes, vectors of avian malaria, lethal to endemic birds.

Even the much maligned naturalized 'Small Indian Mongoose' (*Herpestes javanicus*) has been invoked. Coquis will feed, fatten and multiply the dreaded mongooses! Nonsense! Serious surveys of mongoose stomach contents in wet and dry forests

in Puerto Rico and elsewhere have consistently evinced that coquis are insignificant sporadic items in the largely insectivorous and frugivorous small-time predator's diet (Watlington-Linares 2007).

Moreover, Singer and Grismaijer's incisive 2005 monograph unravels the trophic flowchart that links a few opportunistic haole bioscientists with the expedient largess of the political establishment. Would-be exterminators vie for public and corporate funding to further their pogrom by 'experimenting' with everything from scalding water through caffeine to quicklime. As experts in the diagnosis of culturogenic malaise, the authors recognize the "coqui problem" as an issue of human sociobiology rather than of wildlife ecology.

Sadly, all is not well with coqui biodiversity back home and elsewhere. Many species are declining alarmingly along with other anurans and sundry amphibians worldwide (Hedges 1993). Amazingly, urban development on the coastal plains and interior lowlands seem not directly to blame. For it is the coquis that live in near pristine rainforests on the higher mountains that are in trouble. Two or three such kinds have not been seen in recent years and are presumed extinct. Others are diminishing also and though global environmental change has been implicated, scientists have yet to unequivocally qualify the causes.

A pandemic fungus may be symptomatic of such biochemical changes in the atmosphere as the increase in acid rain and global warming. But possibly the most portentous threat—to coquis and humans alike, is the amount and composition of dust that is being blown into the air and transported across oceans to far-off islands remote from the continental sources (Kellog and Griffin 2006, Wright 2005).

Each year Saharan storms carry aloft millions of tons of dust that blow westward all the way to the Caribbean, Central and South America (Wright 2005). Air quality advisories on the Saharan plume are regularly issued in Puerto Rico warning asthmatics and others with challenged respiratory function to stay indoors. The amount of dust from Africa has been climbing steadily as desertification from deforestation, overgrazing and lake beds dried out from water diversion advances inexorably.

The dust carries mineral nutrients, including iron, nitrate and phosphate that can overfertilize coastal waters, smothering corals with algal blooms. Clouds of particulates are also laden with more insidious frequent fliers. Mercury and radioactive isotopes from open-pit mines and testing grounds, pesticides and herbicides that have been banned in the United States but are still used in Africa, and over one hundred species of bacteria, viruses and fungus maladies are proven intruders in the dust.

An estimated third of the traveling bacteria are pathogens such as the pseudomonads which cause ear and skin infections in humans—and on the delicate moist epidermis of tree frogs. Others are responsible for infestations of banana leaf spot, sugar cane rust, meningitis, and a host of allergies. Dust transports up to a billion microbes per quarter teaspoon.

Is fortress Hawaii safe from the onslaught of dust-borne environmental disaster by virtue of its isolation? Hardly. Over the millennia Hawaiian soil has been enriched by quartzite fallout from Gobi Desert dust storms blown seaward by the Siberian High. The mustard-yellow plume has in recent years transported soot, acidic gases and heavy metals such as mercury across the Pacific to the United States west coast, reaching critical aerosol levels.

Among the countless pesticides hoisted aloft is the popular weed-killer Atrazine, currently used in some 80 countries. Recent research suggests the chemical may be contributing to amphibian declines (Harder 2002). At environmental levels of 0.1 parts per billion, once thought insignificant, feminizes, male frogs developing ovaries and smaller larynxes. Testosterone level in the blood of adult males exposed to Atrazine is one-tenth that of unexposed males. Is the Hawaiian Coqui foredoomed to extinction as its assertive call diminishes from shriek to squeak?

Invasion biologists rejoice! Might this be the eventual solution to the coqui “problem”? Caveat emptor! Atrazine and other potent androgen blockers that, even as this is written, are raining

down upon the Hawaiian Islands are known to have similar effects on humans. Would it not be wiser to recruit the Hawaiian Coqui as a sentinel to monitor the environmental impact of pervasive estrogenic atmospheric pollutants?

REFERENCES

- Davis, M. A., K. Thompson, and J. P. Grime. 2001. Charles S. Elton and the dissociation of invasion ecology from the rest of ecology. *Diversity and Distributions* 7:97-102.
- Elton, C. S. 1958. *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. London: Methuen.
- Harder, B. 2002. Feminized frogs: herbicide disrupts sexual growth. *Science News* 161:243.
- Hedges, S. B. 1993. Global amphibian declines: a perspective from the Caribbean. *Biodiversity and Conservatio* 2:290-303.
- Joglar, R. L. 1998. *Los coquies de Puerto Rico: su historia natural y conservación*. San Juan: Editorial Universidad de Puerto Rico.
- Kellog, C. A. and D. W. Griffin. 2006. Aerobiology and the global transport of desert dust. *Trends in Ecology and Evolution* 21(11):638-644.
- Kraus, F., E. W. Campbell, A. Allison, and T. Pratt. 1999. *Eleutherodactylus* frog introductions to Hawaii. *Herpetological Review* 30 (1):21-25.
- Reimer, N. J. 1994. Distribution and impact of alien ants in vulnerable Hawaiian ecosystems. In D.F. Williams, editor. *Exotic Ants: Biology, Impact and Control of Introduced Species*. pp. 11-22.
- Singer, S. R. and S. Grismaier. 2005. *Panic in Paradise: Invasive Species Hysteria and the Hawaiian Coqui Frog War*. Hawaii: ISCD Press.
- Watlinton Linares, F. 2007. Presuntos implicados: ratas y mangostas ¿Plagas ecológicas? *Acta Científica* 21(1-3):53-60.
- Weiner, J. 1994. *The Beak of the Finch A story of evolution in our time*. Westport, CT: AVI.
- Wilson, E. O. 1999. *The Diversity of Life*. New York: W.W. Norton & Co.
- Wright, K. 2005. Blown away. *Discover* 26(3).

ÍNDICE DE ACTA CIENTÍFICA VOLÚMENES 16-20

Irma Quiñones MPA, MLS, EdD
Bibliotecaria, Universidad de Puerto Rico

Danilly Ramos MBA
Secretaria Administrativa, Universidad de Puerto Rico
y Estudiante de Maestría, Escuela Graduada de Ciencias
y Tecnologías de la Información

Presentamos con mucho honor el Índice a los Volúmenes 16-20 de la Revista Acta Científica. En esta ocasión se une a este proyecto la Srta. Danilly Ramos quien comparte mi entusiasmo por la divulgación del contenido de nuestras publicaciones científicas locales y, por supuesto, del trabajo intelectual y práctico de los autores de Acta Científica.

Nuevamente, para nuestro análisis recurrimos a los índices anteriores los cuales nos sirven de guía a la hora de seleccionar el vocabulario que se incluye en esta nueva edición.

En el Índice de autores todos los artículos tienen una entrada por cada uno de los responsables por la creación el documento.

En el Índice de materias, hemos abordado el contenido de distintas maneras. En primer lugar, se incluyen los nombres científicos cuando forman parte del título. No obstante, para facilitar el manejo del contenido, se excluyen las tablas y mapas del proceso de indización.

Con el desarrollo de fuentes de análisis y acceso bibliográfico hemos añadido a nuestras herramientas el catálogo mundial *WorldCat*:: <http://www.worldcat.org/?lang=es>. De allí obtuvimos algunas materias como, por ejemplo, “Biofilia”. Además, se utilizó como referencia el catálogo del Sistema de Bibliotecas de la Universidad de Puerto Rico. (<http://www.bib.upr.edu/>). Como los términos y conceptos del catálogo se incluyen en inglés, los hemos traducido al español.

Los artículos de Acta contienen un vocabulario de gran riqueza semántica; por lo que, en muchas y diversas ocasiones hemos seleccionado palabras claves tomadas del texto de los artículos. El Vol. 16 nos trae un buen ejemplo en el artículo: “El karso de Puerto Rico: Recurso vital”. Ese documento es una traducción al español del Informe Técnico General WO-65 del Servicio Forestal de los Estados Unidos y contiene un gran número de palabras claves. Se seleccionaron algunas de los vocablos incluidos en la sección de terminología (Vol. 16, p. 109).

El Vol. 17 contiene una variedad de temas: Historia de la conservación, Bosques, Mangles y otros. Este volumen incluye además el Índice a los volúmenes 11- al 15.

El Vol. 18 (1-3) es una gran fuente de referencia cuyo propósito es explicar los conceptos “dominio público marítimo terrestre” e incluyen la definición de una variedad de términos.

El Vol. 19 constituye el espacio en el que convergen las actividades del Servicio Forestal y las de los estudiantes y maestros de nuestras escuelas, en este caso, la Escuela Vocacional de Luis Muñoz Rivera en Utuado. Siguiendo la línea de la participación estudiantil, el Vol. 20 representa los 20 años de publicación de la revista y, entre sus artículos, incluye varios documentos escritos por estudiantes de la Escuela Superior de la Universidad de Puerto Rico. ¡Enhorabuena!

Nos alegra y enorgullece ser parte de este colectivo. ¡Adelante a la Ciencia! ¡Adelante Acta!

ÍNDICE DE AUTORES

- Abelleira Oscar y Daniel Y. Colón. "Comparación de método de muestreo en bosques secundarios aluviales: parcela vs. punto-cuadrante." 20, no. 1-3 (2006): 63-66.
- Acosta Delly A., Sandra Molina Colón, Jong P. Banchs, Heinz Weidisch, Piel J. Banchs, Carmen Medina y Juan P. Torres Molina. "Estructura de la vegetación en la estación biológica mata de plátano." 19, no. 1-3 (2005): 63-72.
- Rodríguez Durán Armando, Alexis A. Rodríguez Valentín y Valeria Colón. "Sobre moscas, pseudodoxia y la enseñanza de la ciencia." 17, no.1-3 (2003): 69-73.
- Berrios Colón Jordanalys. "La contaminación del agua." 20, no. 1-3 (2006): 17-18.
- Bortolamedi Gabriela, Humfredo Marcano Vega, Elena Román Nunci, Iván Vicéns y Ariel E. Lugo. "El bosque del parque central de la urbanización el paraíso: estructura, composición de especies y crecimiento de árboles." 19, no. 1-3 (2005): 73-81.
- Candelario DeConinck Stephan R. "Los niños y los bosques." 20, no. 1-3 (2006): 9.
- Cintrón Rodríguez Isatis M. "Como podemos contribuir a la reducción del cambio climático?." 20, no. 1-3 (2006): 13-14.
- Colón Daniel Y., Oscar J. Abelleira. "Comparación de método de muestreo en bosques secundarios aluviales: parcela vs. punto-cuadrante." 20, no. 1-3 (2006): 63-66.
- Colón José, Abel Vale, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Colón Valeria, Alexis A. Rodríguez Valentín y Armando Rodríguez Durán. "Sobre moscas, pseudodoxia y la enseñanza de la ciencia." 17, no. 1-3 (2003): 69-73.
- Del Mar López Tania, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Abel Vale, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Domínguez Cristóbal Carlos M. "Antecedentes histórico-forestales del bosque estatal de Guánica (1875-1889)." 17, no. 1-3 (2003): 79-86.
- Domínguez Cristóbal Carlos M. "El derecho del pueblo de Puerto Rico sobre los manglares de la base naval de Roosevelt Roads." 17, no. 1-3 (2003): 87-96.
- Domínguez Cristóbal Carlos M. "El programa de conservación del ambiente desde el punto de vista del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical: retos y posibilidades educativas." 17, no.1-3 (2003): 97-99.
- Domínguez Cristóbal Carlos M. "Presencia del higüero en el acontecer histórico de Puerto Rico." 17, no. 1-3 (2003): 101-103.
- Domínguez Cristóbal Carlos, Ariel E. Lugo y Noemí Méndez Irizarry. "Efectos del huracán Georges en el crecimiento de árboles en un bosque secundario en el interior de Puerto Rico." 19, no. 1-3 (2005): 23-40.
- Domínguez Cristóbal Carlos, Ariel E. Lugo y Noemí Méndez Irizarry. "Efectos del huracán Georges en la composición de especies y estructura de un bosque secundario en el interior de Puerto Rico." 19, no. 1-3 (2005): 41-61.
- Domínguez Cristóbal Carlos M. "Apuntes en torno a la influencia humana en la historia natural de Vieques desde la perspectiva forestal (1797-1940)." 20, no. 1-3 (2006): 21-32.

- Domínguez Cristóbal Carlos M. "Presencia del tabonuco (*Dacryodes excelsa*) en el acontecer histórico de Puerto Rico." 20, no. 1-3 (2006): 33-37.
- Domínguez Cristóbal Carlos M. "El rol del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical en el proyecto de la selección del árbol municipal oficial de los pueblos de Puerto Rico." 20, no. 1-3 (2006): 39-42.
- Domínguez Cristóbal Carlos M. "Presencia del café (*coffea arabica*) en el acontecer histórico de Puerto Rico." 20, no. 1-3 (2006): 43-46.
- Domínguez Cristóbal Carlos M. "Apuntes en torno a la utilización de las especies arbóreas nativas en las artesanías en Puerto Rico." 20, no. 1-3 (2006): 47-55.
- Estrada Carlos R., Tamara Heartsill y Samuel Moya. "Patrones de lluvia, transcolación y flujo de nutrientes en las cuencas de bisley, bosque experimental de Luquillo, Puerto Rico." 20, no. 1-3 (2006): 67-88.
- García Martinó Andrés, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Abel Vale, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Heartsill Tamara, Carlos R. Estrada y Samuel Moya. "Patrones de lluvia, transcolación y flujo de nutrientes en las cuencas de bisley, bosque experimental de Luquillo, Puerto Rico." 20, no. 1-3 (2006): 67-88.
- Helmer Eileen, Abel Vale, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Hernández Prieto Enrique, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Abel Vale, Tania del Mar López, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Banchs Jong P., Sandra Molina Colón, Heinz Weidisch, Piel J. Banchs, Delly A. Acosta, Carmen Medina y Juan P. Torres Molina. "Estructura de la vegetación en la estación biológica mata de plátano." 19, no. 1-3 (2005): 63-72.
- Kartchner Summer C. "Recreational use of montane streams of the caribbean national forest." 17, no. 1-3 (2003): 39-57.
- León Arroyo Lizbeth. "La contaminación del agua." 20, no. 1-3 (2006): 15.
- Lugo Ariel E., Leopoldo Miranda Castro, Abel Vale, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Lugo Ariel y Antares Ramos. "La costa de Puerto Rico." 18, no. 1-3 (2004): 9-17.
- Lugo Ariel y Antares Ramos. "Bienes de dominio público." 18, no. 1-3 (2004): 19-22.
- Lugo Ariel y Antares Ramos. "Bienes de dominio público marítimo-terrestre." 18, no. 1-3 (2004): 23-26.
- Lugo Ariel y Antares Ramos. "Condiciones climáticas de la costa puertorriqueña." 18, no. 1-3 (2004): 27-32.
- Lugo Ariel y Antares Ramos. "Aspectos físicos de la zona marítimo-terrestre." 18, no. 1-3 (2004): 33-77.

- Lugo Ariel y Antares Ramos. "Aspectos ecológicos." 18, no. 1-3 (2004): 79-94.
- Lugo Ariel y Antares Ramos. "Administración de la zona marítimo-terrestre." 18, no. 1-3 (2004): 95-123.
- Lugo Ariel y Antares Ramos. "Efectos antropogénicos en la zona marítimo-terrestre." 18, no. 1-3 (2004): 125-133.
- Lugo Ariel y Antares Ramos. "Beneficios y usos de la zona marítimo-terrestre." 18, no. 1-3 (2004): 135-136.
- Lugo Ariel y Antares Ramos. "Discusión." 18, no. 1-3 (2004): 137-146.
- Lugo Ariel E. y Blanca I. Ruiz. "La utilización de los recursos naturales de Puerto Rico." 17, no. 1-3 (2003): 11-38.
- Lugo Ariel E. "The ecosystems of the Luquillo mountains." 19, no. 1-3 (2005): 3-6.
- Lugo Ariel E., Humfredo Marcano Vega, Elena Román Nunci, Iván Vicéns y Gabriela Bortolamedi. "El bosque del parque central de la urbanización el paraíso: estructura, composición de especies y crecimiento de árboles." 19, no. 1-3 (2005): 73-81.
- Lugo Ariel E. "El valor maderero del bosque urbano." 19, no. 1-3 (2005): 107-113.
- Lugo Ariel E., Carlos Domínguez Cristóbal y Noemí Méndez Irizarry. "Efectos del huracán Georges en el crecimiento de árboles en un bosque secundario en el interior de Puerto Rico." 19, no. 1-3 (2005): 23-40.
- Lugo Ariel E., Carlos Domínguez Cristóbal y Noemí Méndez Irizarry. "Efectos del huracán Georges en la composición de especies y estructura de un bosque secundario en el interior de Puerto Rico." 19, no. 1-3 (2005): 41-61.
- Lugo Ariel E., Elena Román Nunci, Maya Quiñones, Humfredo Marcano Vega e Iván Vicéns. "El bosque estatal del nuevo milenio antes y después del huracán Georges." 19, no. 1-3 (2005): 83-105.
- Lugo Ariel E., Antonio Suárez e Iván Vicéns. "Composición de especies y estructura del bosque kárstico de San Patricio, Guaynabo, Puerto Rico." 19, no. 1-3 (2005): 7-22.
- Lundberg Joyce, Abel Vale, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital." 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Maldonado Andreu, Francisco. "¿Qué es y cómo nos afecta el calentamiento global?." 20, no. 1-3 (2006): 11-12.
- Marcano Vega Humfredo, Elena Román Nunci, Iván Vicéns, Gabriela Bortolamedi y Ariel E. Lugo. "El bosque del parque central de la urbanización el paraíso: estructura, composición de especies y crecimiento de árboles." 19, no. 1-3 (2005): 73-81.
- Marcano Vega Humfredo, Ariel E. Lugo, Elena Román Nunci, Maya Quiñones e Iván Vicéns. "El bosque estatal del nuevo milenio antes y después del huracán Georges." 19, no. 1-3 (2005): 83-105.
- McFarlane Donald A., Abel Vale, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital." 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Medina Carmen, Sandra Molina Colón, Jong P. Banchs, Heinz Weidisch, Piel J. Banchs, Delly A. Acosta y Juan P. Torres Molina. "Estructura de la vegetación en la estación biológica mata de plátano." 19, no. 1-3 (2005): 63-72.

- Méndez Irizarry Noemí, Ariel E. Lugo y Carlos Domínguez Cristóbal. "Efectos del huracán Georges en el crecimiento de árboles en un bosque secundario en el interior de Puerto Rico." 19, no. 1-3 (2005): 23-40.
- Méndez Irizarry Noemí, Ariel E. Lugo y Carlos Domínguez Cristóbal. "Efectos del huracán Georges en la composición de especies y estructura de un bosque secundario en el interior de Puerto Rico." 19, no. 1-3 (2005): 41-61.
- Miller Tom, Donald McFarlane, Abel Vale, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Miranda Castro Leopoldo, Ariel E. Lugo, Abel Vale, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Molina Colón Sandra, Jong P. Banchs, Heinz Weidisch, Piel J. Banchs, Delly A. Acosta, Carmen Medina y Juan P. Torres Molina. "Estructura de la vegetación en la estación biológica mata de plátano." 19, no. 1-3 (2005): 63-72.
- Moya Samuel, Tamara Heartsill y Carlos R. Estrada. "Patrones de lluvia, transcolación y flujo de nutrientes en las cuencas de bisley, bosque experimental de Luquillo, Puerto Rico." 20, no. 1-3 (2006): 67-88.
- Pérez González Zoralis. "La biofilia: punto de encuentro con el planeta." 20, no. 1-3 (2006): 3-4.
- Pérez Hernández Tamara E. "Los bosques del encanto." 20, no. 1-3 (2006): 5-6.
- Banchs Piel J., Sandra Molina Colón, Jong P. Banchs, Heinz Weidisch, Delly A. Acosta, Carmen Medina y Juan P. Torres Molina. "Estructura de la vegetación en la estación biológica mata de plátano." 19, no. 1-3 (2005): 63-72.
- Prieto Avilés Noelís. "La importancia de El Yunque para Puerto Rico." 20, no. 1-3 (2006): 7-8.
- Puentes Rolón Alberto R., Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Abel Vale, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Quiñones Maurás Irma Ivette. "Índice de Acta Científica, volúmenes 11-15 (1997-2001)." 17, no. 1-3 (2003): 105-121.
- Quiñones Maya, Ariel E. Lugo, Elena Román Nunci, Humfredo Marcano Vega e Iván Vicéns. "El bosque estatal del nuevo milenio antes y después del huracán Georges." 19, no. 1-3 (2005): 83-105.
- Ramos Antares y Ariel Lugo. "La costa de Puerto Rico." 18, no. 1-3 (2004): 9-17.
- Ramos Antares y Ariel Lugo. "Bienes de dominio público." 18, no. 1-3 (2004): 19-22.
- Ramos Antares y Ariel Lugo. "Bienes de dominio público marítimo-terrestre." 18, no. 1-3 (2004): 23-26.
- Ramos Antares y Ariel Lugo. "Condiciones climáticas de la costa puertorriqueña." 18, no. 1-3 (2004): 27-32.
- Ramos Antares y Ariel Lugo. "Aspectos físicos de la zona marítimo-terrestre." 18, no. 1-3 (2004): 33-77.
- Ramos Antares y Ariel Lugo. "Aspectos ecológicos." 18, no. 1-3 (2004): 79-94.

- Ramos Antares y Ariel Lugo. "Administración de la zona marítimo-terrestre." 18, no. 1-3 (2004): 95-123.
- Ramos Antares y Ariel Lugo. "Efectos antropogénicos en la zona marítimo-terrestre." 18, no. 1-3 (2004): 125-133.
- Ramos Antares y Ariel Lugo. "Beneficios y usos de la zona marítimo-terrestre." 18, no. 1-3 (2004): 135-136.
- Ramos Antares y Ariel Lugo. "Discusión." 18, no. 1-3 (2004): 137-146.
- Ramos Olga M. "Manto de oscuridad nocturna: patrimonio natural olvidado." 17, no. 1-3 (2003): 3-9.
- Ramos Olga, Abel Vale, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Rodríguez Valentín Alexis A., Valeria Colón y Armando Rodríguez Durán. "Sobre moscas, pseudodoxia y la enseñanza de la ciencia." 17, no. 1-3 (2003): 69-73.
- Rodríguez Armando, Donald A. McFarlane, Abel Vale, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Tom Miller, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Román Nunci Elena, Humfredo Marcano Vega, Iván Vicéns, Gabriela Bortolamedi y Ariel E. Lugo. "El bosque del parque central de la urbanización el paraíso: estructura, composición de especies y crecimiento de árboles." 19, no. 1-3 (2005): 73-81.
- Román Nunci Elena, Ariel E. Lugo, Maya Quiñones, Humfredo Marcano Vega e Iván Vicéns. "El bosque estatal del nuevo milenio antes y después del huracán Georges." 19, no. 1-3 (2005): 83-105.
- Ruiz Blanca I. y Ariel E. Lugo. "La utilización de los recursos naturales de Puerto Rico." 17, no. 1-3 (2003): 11-38.
- Scatena Frederick N. "A preliminary estimate of the natural and social value of Los Tres Picachos." 17, no. 1-3 (2003): 59-61.
- Scatena Frederick N. "Análisis preliminar de aspectos relevantes a la designación de los tres picachos como bosque estatal." 17, no. 1-3 (2003): 63-68.
- Schellekens Johannes H., Abel Vale, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Suárez Antonio, Iván Vicéns y Ariel E. Lugo. "Composición de especies y estructura del bosque kárstico de San Patricio, Guaynabo, Puerto Rico." 19, no. 1-3 (2005): 7-22.
- Terrasa Soler José Juan. "Protección ambiental para el siglo 21: la perspectiva del paisaje." 17, no. 1-3 (2003): 75-77.
- Terrasa-Soler José Juan. "Landscape change and ecological corridors in Puerto Rico: towards a master plan of ecological networks." 20, no. 1-3 (2006): 57-62.
- Thomlinson John, Abel Vale, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos

- y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Torres Molina Juan P., Sandra Molina Colón, Jong P. Banchs, Heinz Weidisch, Piel J. Banchs, Delly A. Acosta y Carmen Medina. "Estructura de la vegetación en la estación biológica mata de plátano." 19, no. 1-3 (2005): 63-72.
- Tossas Adrienne G., Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Abel Vale, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.
- Vega Santiago, Lee S. "La contaminación del agua." 20, no. 1-3 (2006): 19-20.
- Vicéns Iván, Humfredo Marcano Vega, Elena Román Nunci, Gabriela Bortolamedi y Ariel E. Lugo. "El bosque del parque central de la urbanización el paraíso: estructura, composición de especies y crecimiento de árboles." 19, no. 1-3 (2005): 73-81.
- Vicéns Iván, Antonio Suárez y Ariel E. Lugo. "Composición de especies y estructura del bosque kárstico de San Patricio, Guaynabo, Puerto Rico." 19, no. 1-3 (2005): 7-22.
- Vicéns Iván, Ariel E. Lugo, Elena Román Nunci, Maya Quiñones y Humfredo Marcano Vega. "El bosque estatal del nuevo milenio antes y después del huracán Georges." 19, no. 1-3 (2005): 83-105.
- Wadsworth Frank H. "¿Cuándo plantar árboles en las fincas?." 20, no. 1-3 (2006): 89-90.
- Wadsworth, Frank H. "Cómo manejar los bosques estatales." 20, no. 1-3 (2006): 91-92.
- Wadsworth Frank H. "La otra mitad de la conservación forestal." 20, no. 1-3 (2006): 93-97.
- Weidisch Heinz, Sandra Molina Colón, Jong P. Banchs, Piel J. Banchs, Delly A. Acosta, Carmen Medina y Juan P. Torres Molina. "Estructura de la vegetación en la estación biológica mata de plátano." 19, no. 1-3 (2005): 63-72.

ÍNDICE DE TÍTULOS

ADMINISTRACIÓN DE LA ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE

Lugo Ariel y Antares Ramos. 18, no. 1-3 (2004): 95-123.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE ASPECTOS RELEVANTES A LA DESIGNACIÓN DE LOS TRES PICACHOS COMO BOSQUE ESTATAL

Scatena Frederick N. 17, no.1-3 (2003): 63-68.

ANTECEDENTES HISTÓRICO-FORESTALES DEL BOSQUE ESTATAL DE GUÁNICA (1875-1889)

Domínguez Cristóbal Carlos M. 17, no.1-3 (2003): 79-86.

A PRELIMINARY ESTIMATE OF THE NATURAL AND SOCIAL VALUE OF LOS TRES PICACHOS

Scatena Frederick N. 17, no.1-3 (2003): 59-61.

APUNTES EN TORNO A LA INFLUENCIA HUMANA EN LA HISTORIA NATURAL DE VIEQUES DESDE LA PERSPECTIVA FORESTAL (1797-1940)

Domínguez Cristóbal Carlos M. 20, no. 1-3 (2006): 21-32.

APUNTES EN TORNO A LA UTILIZACIÓN DE LAS ESPECIES ARBÓREAS NATIVAS EN LAS ARTESANÍAS EN PUERTO RICO

Domínguez Cristóbal Carlos M. 20, no. 1-3 (2006): 47-55.

ASPECTOS ECOLÓGICOS

Lugo Ariel y Antares Ramos. 18, no. 1-3 (2004): 79-94.

ASPECTOS FÍSICOS DE LA ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE

Lugo Ariel y Antares Ramos. 18, no. 1-3 (2004): 33-77.

BENEFICIOS Y USOS DE LA ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE

Lugo Ariel y Antares Ramos. 18, no. 1-3 (2004): 135-136.

BIENES DE DOMINIO PÚBLICO

Lugo Ariel y Antares Ramos. 18, no. 1-3 (2004): 19-22.

BIENES DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE

Lugo Ariel y Antares Ramos. 18, no. 1-3 (2004): 23-26.

LA BIOFILIA: PUNTO DE ENCUENTRO CON EL PLANETA

Pérez González Zoralis. 20, no. 1-3 (2006): 3-4.

BISLEY, BOSQUE EXPERIMENTAL DE LUQUILLO, PUERTO RICO

Heartsill Tamara, Carlos R. Estrada, Samuel Moya. 20, no. 1-3 (2006): 67-88.

LOS BOSQUES DEL ENCANTO

Pérez Hernández Tamara E. 20, no. 1-3 (2006): 5-6.

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

Lugo Ariel E., Humfredo Marcano Vega, Elena Román Nunci, Iván Vicéns y Gabriela Bortolamedi. 19, no. 1-3 (2005): 73-81.

EL BOSQUE ESTATAL DEL NUEVO MILENIO ANTES Y DESPUÉS DEL HURACÁN GEORGES

Marcano Vega Humfredo, Ariel E. Lugo, Elena Román Nunci, Maya Quiñones e Iván Vicéns. 19, no. 1-3 (2005): 83-105.

CÓMO MANEJAR LOS BOSQUES ESTATALES

Wadsworth Frank H. 20, no. 1-3 (2006): 91-92.

¿CÓMO PODEMOS CONTRIBUIR A LA REDUCCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO?

Cintrón Rodríguez Isatis M. 20, no. 1-3 (2006): 13-14.

COMPARACIÓN DE MÉTODO DE MUESTREO EN BOSQUES SECUNDARIOS ALUVIALES: PARCELA VS. PUNTO-CUADRANTE

Abelleira Oscar y Daniel Y. Colón. 20, no. 1-3 (2006): 63-66.

COMPOSICIÓN DE ESPECIES Y ESTRUCTURA DEL BOSQUE KÁRSTICO DE SAN PATRICIO, GUAYNABO, PUERTO RICO

Vicéns Iván, Antonio Suárez y Ariel E. Lugo. 19, no. 1-3 (2005): 7-22.

CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA COSTA PUERTORRIQUEÑA

Lugo Ariel y Antares Ramos. 18, no. 1-3 (2004): 27-32.

LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Berrios Colón Jordanalys. 20, no. 1-3 (2006): 17-18.

LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

León Arroyo Lizbeth. 20, no. 1-3 (2006): 15.

LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Vega Santiago Lee S. 20, no. 1-3 (2006): 19-20.

LA COSTA DE PUERTO RICO

Lugo Ariel y Antares Ramos. 18, no. 1-3 (2004): 9-17.

¿CUÁNDO PLANTAR ÁRBOLES EN LAS FINCAS?

Wadsworth Frank H. 20, no. 1-3 (2006): 89-90.

EL DERECHO DEL PUEBLO DE PUERTO RICO SOBRE LOS MANGLARES DE LA BASE NAVAL DE ROOSEVELT ROADS

Domínguez Cristóbal Carlos M. 17, no.1-3 (2003): 87-96.

DISCUSIÓN

Lugo Ariel y Antares Ramos. 18, no. 1-3 (2004): 137-146.

THE ECOSYSTEMS OF THE LUQUILLO MOUNTAINS

Lugo Ariel E. 19, no. 1-3 (2005): 3-6.

EFFECTOS ANTROPOGÉNICOS EN LA ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE

Lugo Ariel y Antares Ramos. 18, no. 1-3 (2004): 125-133.

EFFECTOS DEL HURACÁN GEORGES EN EL CRECIMIENTO DE ÁRBOLES EN UN BOSQUE SECUNDARIO EN EL INTERIOR DE PUERTO RICO

Lugo Ariel E., Carlos Domínguez Cristóbal y Noemí Méndez Irizarry. 19, no. 1-3 (2005): 23-40.

EFFECTOS DEL HURACÁN GEORGES EN LA COMPOSICIÓN DE ESPECIES Y ESTRUCTURA DE UN BOSQUE SECUNDARIO EN EL INTERIOR DE PUERTO RICO

Domínguez Cristóbal Carlos, Ariel E. Lugo y Noemí Méndez Irizarry. 19, no. 1-3 (2005): 41-61.

EL KARSO DE PUERTO RICO: RECURSO VITAL

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN EN LA ESTACIÓN BIOLÓGICA MATA DE PLÁTANO

Acosta Delly A., Sandra Molina Colón, Jong P. Banchs, Heinz Weidisch, Piel J. Banchs, Carmen Medina y Juan P. Torres Molina. 9, no. 1-3 (2005): 63-72.

LA IMPORTANCIA DE EL YUNQUE PARA PUERTO RICO

Prieto Avilés Noelís. 20, no. 1-3 (2006): 7-8.

ÍNDICE DE ACTA CIENTÍFICA, VOLUMENES 11-15 (1997-2001)

Quiñones Maurás, Irma Ivette. 17, no. 1-3 (2003): 105-121.

LANDSCAPE CHANGE AND ECOLOGICAL CORRIDORS IN PUERTO RICO: TOWARDS A MASTER PLAN OF ECOLOGICAL NETWORKS

Terrasa-Soler José Juan. 20, no. 1-3 (2006): 57-62.

**MANTO DE OSCURIDAD NOCTURNA:
PATRIMONIO NATURAL OLVIDADO**

Ramos Olga M. 17, no.1-3 (2003): 3-9.

LOS NIÑOS Y LOS BOSQUES

Candelario DeConinck Stephan R. 20, no. 1-3 (2006): 9.

**LA OTRA MITAD DE LA CONSERVACIÓN
FORESTAL**

Wadsworth Frank H. 20, no. 1-3 (2006): 93-97.

**PATRONES DE LLUVIA, TRANSCOLACIÓN
Y FLUJO DE NUTRIENTES EN LAS
CUENCAS DE BISLEY, BOSQUE
EXPERIMENTAL DE LUQUILLO**

Estrada Carlos R., Tamara Heartsill y Samuel Moya. 20, no. 1-3 (2006): 67-88.

**PRESENCIA DEL CAFÉ (*COFFEA ARABICA*)
EN EL ACONTECER HISTÓRICO DE
PUERTO RICO**

Domínguez Cristóbal Carlos M. 20, no. 1-3 (2006): 43-46.

**PRESENCIA DEL HIGÜERO EN EL
ACONTECER HISTÓRICO DE PUERTO
RICO**

Domínguez Cristóbal Carlos M. 17, no.1-3 (2003): 101-103.

**PRESENCIA DEL TABONUCO (*DACRYODES
EXCELSA*) EN EL ACONTECER
HISTÓRICO DE PUERTO RICO**

Domínguez Cristóbal Carlos M. 20, no. 1-3 (2006): 33-37.

**EL PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DEL
AMBIENTE DESDE EL PUNTO DE VISTA
DEL INSTITUTO INTERNACIONAL DE
DASONOMÍA TROPICAL: RETOS Y
POSIBILIDADES EDUCATIVAS**

Domínguez Cristóbal Carlos M. 17, no.1-3 (2003): 97-99.

**PROTECCIÓN AMBIENTAL PARA EL SIGLO
21: LA PERSPECTIVA DEL PAISAJE**

Terrasa Soler José Juan. 17, no. 1-3 (2003): 75-77.

**¿QUÉ ES Y CÓMO NOS AFECTA EL
CALENTAMIENTO GLOBAL?**

Maldonado Andreu Francisco. 20, no. 1-3 (2006): 11-12.

**RECREATIONAL USE OF MONTANE
STREAMS OF THE CARIBBEAN
NATIONAL FOREST**

Kartchner, Summer C. 17, no.1-3 (2003): 39-57.

**EL ROL DEL INSTITUTO INTERNACIONAL
DE DASONOMÍA TROPICAL EN EL
PROYECTO DE LA SELECCIÓN DEL
ÁRBOL MUNICIPAL OFICIAL DE LOS
PUEBLOS DE PUERTO RICO**

Domínguez Cristóbal Carlos M. 20, no. 1-3 (2006): 39-42.

**SOBRE MOSCAS, PSEUDODOXIA Y LA
ENSEÑANZA DE LA CIENCIA**

Rodríguez Durán Armando, Alexis A. Rodríguez Valentín y Valeria Colón. 17, no.1-3 (2003): 69-73.

**LA UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS
NATURALES DE PUERTO RICO**

Ruiz Blanca I. y Ariel E. Lugo. 17, no.1-3 (2003): 11-38.

**EL VALOR MADERERO DEL BOSQUE
URBANO**

Lugo, Ariel E. 19, no. 1-3 (2005): 107-113.

ÍNDICE DE MATERIAS

ACCIÓN CIUDADANA

Ruiz Blanca I. y Ariel E. Lugo. "La utilización de los recursos naturales de Puerto Rico". 17, no.1-3 (2003): 11-38.

ACUÍFEROS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

ADMINISTRACIÓN DE LA ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE

Lugo Ariel y Antares Ramos. “Administración de la zona marítimo-terrestre”. 18, no. 1-3 (2004): 95-123.

AGRICULTURA

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

AGUA

Berrios Colón Jordanalys. “La contaminación del agua”. 20, no. 1-3 (2006): 17-18.

León Arroyo Lizbeth. “La contaminación del agua”. 20, no. 1-3 (2006): 15.

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

Vega Santiago Lee S. “La contaminación del agua”. 20, no. 1-3 (2006): 19-20.

ALCANTILADOS FLUVIALES

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

ALCANTILADOS COSTEROS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

AMBIENTALISTAS

Cintrón Rodríguez Isatis M. “¿Cómo podemos contribuir a la reducción del cambio climático?”. 20, no. 1-3 (2006): 13-14.

Domínguez Cristóbal Carlos M. “El programa de conservación del ambiente desde el punto de vista del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical: retos y posibilidades educativas”. 17, no.1-3 (2003): 97-99.

Terrasa Soler José Juan. “Protección ambiental para el siglo 21: la perspectiva del paisaje”. 17, no. 1-3 (2003): 75-77.

Terrasa-Soler José Juan. “Landscape change and ecological corridors in Puerto Rico: towards a master plan of ecological networks”. 20, no. 1-3 (2006): 57-62.

ANFIBIOS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R.

Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

ÁRBOLES

Domínguez Cristóbal Carlos M. "Apuntes en torno a la utilización de las especies arbóreas nativas en las artesanías en Puerto Rico". 20, no. 1-3 (2006): 47-55.

Lugo Ariel E., Humfredo Marcano Vega, Elena Román Nunci, Iván Vicéns y Gabriela Bortolamedi. "El bosque del Parque Central de la urbanización el paraíso: estructura, composición de especies y crecimiento de árboles". 19, no. 1-3 (2005): 73-81.

Wadsworth Frank H. "¿Cuándo plantar árboles en las fincas?". 20, no. 1-3 (2006): 89-90.

ARTESANÍA

Domínguez Cristóbal Carlos M. "Apuntes en torno a la utilización de las especies arbóreas nativas en las artesanías en Puerto Rico". 20, no. 1-3 (2006): 47-55.

ARTESANOS

Domínguez Cristóbal Carlos M. "Apuntes en torno a la utilización de las especies arbóreas nativas en las artesanías en Puerto Rico". 20, no. 1-3 (2006): 47-55.

ASPECTOS ECOLÓGICOS

Lugo Ariel y Antares Ramos. "Aspectos ecológicos". 18, no. 1-3 (2004): 79-94.

ASPECTOS FÍSICOS DE LA ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE

Lugo Ariel y Antares Ramos. "Aspectos físicos de la zona marítimo-terrestre". 18, no. 1-3 (2004): 33-77.

BASE NAVAL ROOSEVELT ROADS

Domínguez Cristóbal Carlos M. "El derecho del pueblo de Puerto Rico sobre los manglares de la base naval de Roosevelt Roads". 17, no. 1-3 (2003): 87-96.

BIENES DE DOMINIO PÚBLICO

Lugo Ariel y Antares Ramos. "Bienes de dominio público marítimo-terrestre". 18, no. 1-3 (2004): 23-26.

BIENES DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE

Lugo Ariel y Antares Ramos. "Bienes de dominio público marítimo-terrestre". 18, no. 1-3 (2004): 23-26.

BIOFILIA

Pérez González Zoralis. "La Biofilia: punto de encuentro con el planeta". 20, no. 1-3 (2006): 3-4.

BOSQUES ESTATALES

Domínguez Cristóbal Carlos M. "Antecedentes histórico-forestales del bosque estatal de Guánica (1875-1889)". 17, no.1-3 (2003): 79-86.

Wadsworth Frank H. "Cómo manejar los bosques estatales". 20, no. 1-3 (2006): 91-92.

BOSQUE ESTATAL DE GUÁNICA

Domínguez Cristóbal Carlos M. "Antecedentes histórico-forestales del bosque estatal de Guánica (1875-1889)". 17, no.1-3 (2003): 79-86.

BOSQUE ESTATAL DEL NUEVO MILENIO

Marcano Vega Humfredo, Ariel E. Lugo, Elena Román Nunci, Maya Quiñones, e Iván Vicéns. "El bosque estatal del nuevo milenio antes y después del huracán Georges". 19, no. 1-3 (2005): 83-105.

BOSQUE EXPERIMENTAL DE LUQUILLO

Estrada Carlos R., Tamara Heartsill y Samuel Moya. "Patrones de lluvia, transcolación y flujo de nutrientes en las cuencas de Bisley, bosque experimental de Luquillo". 20, no. 1-3 (2006): 67-88.

BOSQUE KÁRSTICO

Vicéns Iván, Antonio Suárez y Ariel E. Lugo. "Composición de especies y estructura del bosque kárstico de San Patricio, Guaynabo, Puerto Rico". 19, no. 1-3 (2005): 7-22.

BOSQUE NACIONAL DEL CARIBE VÉASE ADEMÁS

Prieto Avilés Noelis. "La importancia de El Yunque para Puerto Rico". 20, no. 1-3 (2006): 7-8.

BOSQUE SAN PATRICIO

Vicéns Iván, Antonio Suárez y Ariel E. Lugo. "Composición de especies y estructura del bosque kárstico de San Patricio, Guaynabo, Puerto Rico". 19, no. 1-3 (2005): 7-22.

BOSQUES

Domínguez Cristóbal Carlos M. "Antecedentes histórico-forestales del bosque estatal de Guánica (1875-1889)". 17, no.1-3 (2003): 79-86.

Estrada Carlos R., Tamara Heartsill, Samuel Moya. "Patrones de lluvia, transcolación y flujo de nutrientes en las cuencas de Bisley, bosque experimental de Luquillo". 20, no. 1-3 (2006): 67-88.

Lugo Ariel E., Carlos Domínguez Cristóbal y Noemí Méndez Irizarry. "Efectos del huracán Georges en el crecimiento de árboles en un bosque secundario en el interior de Puerto Rico". 19, no. 1-3 (2005): 23-40.

Marcano Vega Humfredo, Ariel E. Lugo, Elena Román Nunci, Maya Quiñones e Iván Vicéns. "El bosque estatal del nuevo milenio antes

y después del huracán Georges". 19, no. 1-3 (2005): 83-105.

Prieto Avilés Noelis. "La importancia de El Yunque para Puerto Rico". 20, no. 1-3 (2006): 7-8.

Scatena Frederick N. "Análisis preliminar de aspectos relevantes a la designación de los tres picachos como bosque estatal". 17, no.1-3 (2003): 63-68.

Wadsworth Frank H. "Cómo manejar los bosques estatales". 20, no. 1-3 (2006): 91-92.

BOSQUES SECUNDARIOS

Abelleira Oscar y Daniel Y. Colón. "Comparación de método de muestreo en bosques secundarios aluviales: parcela vs. punto-cuadrante". 20, no. 1-3 (2006): 63-66.

Domínguez Cristóbal Carlos, Ariel E. Lugo y Noemí Méndez Irizarry. "Efectos del huracán Georges en la composición de especies y estructura de un bosque secundario en el interior de Puerto Rico". 19, no. 1-3 (2005): 41-61.

Lugo Ariel E., Carlos Domínguez Cristóbal y Noemí Méndez Irizarry. "Efectos del huracán Georges en el crecimiento de árboles en un bosque secundario en el interior de Puerto Rico". 19, no. 1-3 (2005): 23-40.

BOSQUES URBANOS

Lugo Ariel E. "El valor maderero del bosque urbano". 19, no. 1-3 (2005): 107-113.

CAFÉ VÉASE ADEMÁS COFFEA ARABICA

Domínguez Cristóbal Carlos M. "Presencia del café (*coffea arabica*) en el acontecer histórico de Puerto Rico". 20, no. 1-3 (2006): 43-46.

CALENTAMIENTO GLOBAL

Maldonado Andreu Francisco. "¿Qué es y cómo nos afecta el calentamiento global?". 20, no. 1-3 (2006): 11-12.

CAMBIO CLIMÁTICO

Cintrón Rodríguez Isatis M. “¿Cómo podemos contribuir a la reducción del cambio climático?”. 20, no. 1-3 (2006): 13-14.

CASCADAS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martínó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

CAVIDADES VERTICALES

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martínó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

CHARCAS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martínó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

COFFEA ARABICA VÉASE ADEMÁS CAFÉ

Domínguez Cristóbal Carlos M. “Presencia del café (*coffea arabica*) en el acontecer histórico de Puerto Rico”. 20, no. 1-3 (2006): 43-46.

COLAPSO DE CAVIDADES

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martínó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

COMPOSICIÓN DE ESPECIES

Vicéns Iván, Antonio Suárez y Ariel E. Lugo. “Composición de especies y estructura del bosque kárstico de San Patricio, Guaynabo, Puerto Rico”. 19, no. 1-3 (2005): 7-22.

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martínó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

CONSERVACIÓN

Domínguez Cristóbal Carlos M. “El programa de conservación del ambiente desde el punto de vista del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical: retos y posibilidades educativas”. 17, no. 1-3 (2003): 97-99.

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martínó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

Domínguez Cristóbal Carlos M. “El programa de conservación del ambiente desde el punto de vista del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical: retos y posibilidades educativas”. 17, no. 1-3 (2003): 97-99.

CONSERVACIÓN FORESTAL

Wadsworth Frank H. “La otra mitad de la conservación forestal”. 20, no. 1-3 (2006): 93-97.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA

León Arroyo Lizbeth. “La contaminación del agua”. 20, no. 1-3 (2006): 15.

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

Vega Santiago Lee S. “La contaminación del agua”. 20, no. 1-3 (2006): 19-20.

CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

Ramos Olga M. “Manto de oscuridad nocturna: patrimonio natural olvidado”. 17, no. 1-3 (2003): 3-9.

CORRIENTES COLGADAS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

COSTA

Lugo Ariel y Antares Ramos. “La costa de Puerto Rico”. 18, no. 1-3 (2004): 9-17.

Lugo Ariel y Antares Ramos. “Condiciones climáticas de la costa puertorriqueña”. 18, no. 1-3 (2004): 27-32.

CRECIMIENTO ARBÓREO

Lugo Ariel E., Humfredo Marcano Vega, Elena Román Nunci, Iván Vicéns y Gabriela Bortolamedi. “El bosque del Parque Central de la urbanización el paraíso: estructura, composición de especies y crecimiento de árboles”. 19, no. 1-3 (2005): 73-81.

Wadsworth Frank H. “¿Cuándo plantar árboles en las fincas?”. 20, no. 1-3 (2006): 89-90.

CUEVAS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

CULTURAS INDÍGENAS

Domínguez Cristóbal Carlos M. “Apuntes en torno a la utilización de las especies arbóreas nativas en las artesanías en Puerto Rico”. 20, no. 1-3 (2006): 47-55.

DACRYODAS EXCELSA VÉASE ADEMÁS TABONUCO

Domínguez Cristóbal Carlos M. “Presencia del tabonuco (*dacryodes excelsa*) en el acontecer histórico de Puerto Rico”. 20, no. 1-3 (2006): 33-37.

DEFORESTACIÓN

Ruiz Blanca I. y Ariel E. Lugo. “La utilización de los recursos naturales de Puerto Rico”. 17, no.1-3 (2003): 11-38.

DENUDACIÓN KÁRSTICA

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

DERECHOS

Domínguez Cristóbal Carlos M. “El derecho del pueblo de Puerto Rico sobre los manglares de la base naval de Roosevelt Roads”. 17, no.1-3 (2003): 87-96.

DESARROLLADORES

Terrasa-Soler José Juan. “Landscape change and ecological corridors in Puerto Rico: towards a master plan of ecological networks”. 20, no. 1-3 (2006): 57-62.

DESARROLLO SUSTENTABLE

Terrasa-Soler José Juan. “Landscape change and ecological corridors in Puerto Rico: towards a master plan of ecological networks”. 20, no. 1-3 (2006): 57-62.

DESIGNACIÓN DE BOSQUES

Scatena Frederick N. “Análisis preliminar de aspectos relevantes a la designación de los tres picachos como bosque estatal” 17, no. 1-3 (2003): 63-68.

DIAGRAMAS DE PIPER

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández

Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002) :3-125.

DISOLUCIÓN

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

DIVERSIDAD ECOLÓGICA

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

DIVERSIDAD HIDROLÓGICA

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

DOMINANCIA DE ESPECIES

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A.

McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

ECOLOGÍA

Lugo Ariel y Antares Ramos. "Aspectos ecológicos". 18, no. 1-3 (2004): 79-94.

Terrasa-Soler José Juan. "Landscape change and ecological corridors in Puerto Rico: towards a master plan of ecological networks". 20, no. 1-3 (2006): 57-62.

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

ECOLOGÍA URBANA

Terrasa-Soler José Juan. "Landscape change and ecological corridors in Puerto Rico: towards a master plan of ecological networks". 20, no. 1-3 (2006): 57-62.

ECOSISTEMAS-LUQUILLO

Lugo Ariel E. "The ecosystems of the Luquillo mountains". 19, no. 1-3 (2005): 3-6.

EDUCACIÓN

Domínguez Cristóbal Carlos M. "El programa de conservación del ambiente desde el punto de vista del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical: retos y posibilidades educativas". 17, no.1-3 (2003): 97-99.

Rodríguez Durán Armando, Alexis A. Rodríguez Valentín y Valeria Colón. "Sobre moscas, pseudodoxia y la enseñanza de la ciencia". 17, no.1-3 (2003): 69-73.

EMBALSES

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

Rodríguez Durán Armando, Alexis A. Rodríguez Valentín y Valeria Colón. "Sobre moscas, pseudodoxia y la enseñanza de la ciencia". 17, no.1-3 (2003): 69-73.

ESPECIES ARBÓREAS

Domínguez Cristóbal Carlos M. "Apuntes en torno a la utilización de las especies arbóreas nativas en las artesanías en Puerto Rico". 20, no. 1-3 (2006): 47-55.

ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN

Acosta Delly A., Sandra Molina Colón, Jong P. Banchs, Heinz Weidisch, Piel J. Banchs, Carmen Medina y Juan P. Torres Molina. "Estructura de la vegetación en la estación biológica mata de plátano". 9, no. 1-3 (2005): 63-72.

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

ESPECIES ENDÉMICAS

Acosta Delly A., Sandra Molina Colón, Jong P. Banchs, Heinz Weidisch, Piel J. Banchs, Carmen Medina y Juan P. Torres Molina.

“Estructura de la vegetación en la estación biológica mata de plátano”. 9, no. 1-3 (2005): 63-72.

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

ESTACIÓN BIOLÓGICA MATA DE PLÁTANO

Acosta Delly A., Sandra Molina Colón, Jong P. Banchs, Heinz Weidisch, Piel J. Banchs, Carmen Medina y Juan P. Torres Molina. “Estructura de la vegetación en la estación biológica mata de plátano”. 9, no. 1-3 (2005): 63-72.

ESTALACTITAS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

ESTALAGMITAS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

ESTUARIOS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

FAUNA ACUÁTICA

Kartchner Summer C. “Recreational use of montane streams of the caribbean national forest”. 17, no.1-3 (2003): 39-57.

FAUNA FÓSIL

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

FINCAS

Wadsworth Frank H. ¿Cuándo plantar árboles en las fincas? 20, no. 1-3 (2006): 89-90.

FLORA FÓSIL

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

FRAGMENTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Ruiz Blanca I. y Ariel E. Lugo. “La utilización de los recursos naturales de Puerto Rico”. 17, no. 1-3 (2003): 11-38.

GERENCIA AMBIENTAL

Ruiz Blanca I. y Ariel E. Lugo. “La utilización de los recursos naturales de Puerto Rico”. 17, no. 1-3 (2003): 11-38.

HIGÜERO

Domínguez Cristóbal Carlos M. “Presencia del higüero en el acontecer histórico de Puerto Rico”. 17, no. 1-3 (2003): 101-103.

HISTORIA

Domínguez Cristóbal Carlos M. “Antecedentes histórico-forestales del bosque estatal de Guánica (1875-1889)”. 17, no.1-3 (2003): 79-86.

Ruiz Blanca I. y Ariel E. Lugo. “La utilización de los recursos naturales de Puerto Rico”. 17, no.1-3 (2003): 11-38.

HISTORIA DE LA CONSERVACIÓN

Ruiz Blanca I. y Ariel E. Lugo. “La utilización de los recursos naturales de Puerto Rico”. 17, no. 1-3 (2003): 11-38.

HUMEDALES

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

HURACÁN GEORGES

Domínguez Cristóbal Carlos, Ariel E. Lugo y Noemí Méndez Irizarry. “Efectos del huracán Georges en el crecimiento de árboles en un bosque secundario en el interior de Puerto Rico.” 19, no. 1-3 (2005): 23-40.

Domínguez Cristóbal Carlos, Ariel E. Lugo y Noemí Méndez Irizarry. “Efectos del huracán Georges en la composición de especies y estructura de un bosque secundario en el interior de Puerto Rico.” 19, no. 1-3 (2005): 41-61.

Marcano Vega Humfredo, Ariel E. Lugo, Elena Román Nunci, Maya Quiñones e Iván Vicéns. “El bosque estatal del nuevo milenio antes y después del huracán Georges”. 19, no. 1-3 (2005): 83-105.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE DASONOMÍA TROPICAL

Domínguez Cristóbal Carlos M. “El programa de conservación del ambiente desde el punto de vista del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical: retos y posibilidades educativas”. 17, no. 1-3 (2003): 97-99.

INVERTEBRADOS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

KARSO

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen

Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

KARSO DE CONOS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

KARSO DE MOGOTE

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

LAGUNAS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

LEYES AMBIENTALES

Ruiz Blanca I. y Ariel E. Lugo. “La utilización de los recursos naturales de Puerto Rico”. 17, no.1-3 (2003): 11-38.

LLUVIA

Estrada Carlos R., Tamara Heartsill, Samuel Moya. “Patrones de lluvia, transcolación y flujo de nutrientes en las cuencas de bisley, bosque

experimental de Luquillo”. 20, no. 1-3 (2006): 67-88.

LOS TRES PICACHOS

Scatena Frederick N. “A preliminary estimate of the natural and social value of los tres picachos”. 17, no. 1-3 (2003): 59-61.

MADERAS

Domínguez Cristóbal Carlos M. “Apuntes en torno a la utilización de las especies arbóreas nativas en las artesanías en Puerto Rico”. 20, no. 1-3 (2006): 47-55.

MAMÍFEROS

Domínguez Cristóbal Carlos M. “El derecho del pueblo de Puerto Rico sobre los manglares de la base naval de Roosevelt Roads”. 17, no. 1-3 (2003): 87-96.

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

MANGLES

Domínguez Cristóbal Carlos M. “El derecho del pueblo de Puerto Rico sobre los manglares de la base naval de Roosevelt Roads”. 17, no. 1-3 (2003): 87-96.

MINERALES

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

MOSCAS

Rodríguez Durán Armando, Alexis A. Rodríguez Valentín y Valeria Colón. "Sobre moscas, pseudodoxia y la enseñanza de la ciencia". 17, no.1-3 (2003): 69-73.

MUESTREO

Abelleira Oscar, Daniel Y. Colón. "Comparación de método de muestreo en bosques secundarios aluviales: parcela vs. punto-cuadrante". 20, no. 1-3 (2006): 63-66.

MURCIÉLAGOS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

OSCURIDAD NOCTURNA

Ramos Olga M. "Manto de oscuridad nocturna: patrimonio natural olvidado". 17, no.1-3 (2003): 3-9.

PAISAJES

Terrasa Soler José Juan. "Protección ambiental para el siglo 21: la perspectiva del paisaje". 17, no.1-3 (2003): 75-77.

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

PAISAJES KÁRSTICOS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández

Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

PARQUE CENTRAL

Lugo Ariel E., Humfredo Marcano Vega, Elena Román Nunci, Iván Vicéns y Gabriela Bortolamedi. "El bosque del Parque Central de la urbanización el paraíso: estructura, composición de especies y crecimiento de árboles". 19, no. 1-3 (2005): 73-81.

PATRONES DE LLUVIA

Estrada Carlos R., Tamara Heartsill, Samuel Moya. "Patrones de lluvia, transcolación y flujo de nutrientes en las cuencas de bisley, bosque experimental de Luquillo". 20, no. 1-3 (2006): 67-88.

PERTURBACIONES AMBIENTALES

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

PESCA

Kartchner Summer C. "Recreational use of montane streams of the caribbean national forest". 17, no.1-3 (2003): 39-57.

POZOS DE INFILTRACIÓN

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez,

Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

PRESERVACIÓN

Terrasa Soler José Juan. "Protección ambiental para el siglo 21: la perspectiva del paisaje". 17, no.1-3 (2003): 75-77.

PSEUDODOXIA

Rodríguez Durán Armando, Alexis A. Rodríguez Valentín y Valeria Colón "Sobre moscas, pseudodoxia y la enseñanza de la ciencia". 17, no. 1-3 (2003): 69-73.

PUENTES NATURALES

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

RECREACIÓN

Kartchner Summer C. "Recreational use of montane streams of the caribbean national forest". 17, no. 1-3 (2003): 39-57.

Scatena Frederick N. "A preliminary estimate of the natural and social value of los tres picachos". 17, no. 1-3 (2003): 59-61.

RECUPERACIÓN NATURAL

Scatena Frederick N. "A preliminary estimate of the natural and social value of los tres picachos". 17, no.1-3 (2003): 59-61.

RECURSOS AMBIENTALES

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández

Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

RECURSOS NATURALES

Ruiz Blanca I. y Ariel E. Lugo "La utilización de los recursos naturales de Puerto Rico". 17, no. 1-3 (2003): 11-38.

Scatena Frederick N. "A preliminary estimate of the natural and social value of los tres picachos". 17, no. 1-3 (2003): 59-61.

REGIÓN CALIZA

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

REPTILES

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

RÍO CAMUY

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón,

Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

RÍO CIBUCO

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

RÍO CULEBRINAS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

RÍO DE LA PLATA

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

RÍO GRANDE DE ARECIBO

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

RÍO GRANDE DE MANATÍ

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

RÍO GUAJATACA

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

RÍO INDIO

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

RÍOS Y ARROYOS

Domínguez Cristóbal Carlos M. "El rol del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical en el proyecto de la selección del árbol municipal oficial de los pueblos de Puerto Rico". 20, no. 1-3 (2006): 39-42.

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. "El karso de Puerto Rico: recurso vital". 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

SIEMBRA DE ÁRBOLES

Wadsworth Frank H. “¿Cuándo plantar árboles en las fincas?”. 20, no. 1-3 (2006): 89-90.

SILVICULTURA

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

SISTEMAS DE CAVIDADES

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

TABONUCO VÉASE ADEMÁS *DACRYODAS EXCELSA*

Domínguez Cristóbal Carlos M. “Presencia del tabonuco (*dacryodes excelsa*) en el acontecer histórico de Puerto Rico”. 20, no. 1-3 (2006): 33-37.

TRANSCOLACIÓN DE NUTRIENTES

Estrada Carlos R., Tamara Heartsill, Samuel Moya. “Patrones de lluvia, transcolación y flujo de nutrientes en las cuencas de bisley, bosque experimental de Luquillo”. 20, no. 1-3 (2006): 67-88.

TRAVERTINO

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen

Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

UTILIZACIÓN DE RECURSOS NATURALES-COLONIZACIÓN ESPAÑOLA

Ruiz Blanca I. y Ariel E. Lugo. “La utilización de los recursos naturales de Puerto Rico”. 17, no.1-3 (2003): 11-38.

UTILIZACIÓN DE RECURSOS NATURALES-DOMINIO NORTEAMERICANO

Ruiz Blanca I. y Ariel E. Lugo. “La utilización de los recursos naturales de Puerto Rico”. 17, no.1-3 (2003): 11-38.

UTILIZACIÓN DE RECURSOS NATURALES-ÉPOCA PRECOLOMBINA

Ruiz Blanca I. y Ariel E. Lugo. “La utilización de los recursos naturales de Puerto Rico”. 17, no.1-3 (2003): 11-38.

UTILIZACIÓN DE RECURSOS NATURALES-ERA DEL MEGA-DESARROLLO

Ruiz Blanca I. y Ariel E. Lugo. “La utilización de los recursos naturales de Puerto Rico”. 17, no.1-3 (2003): 11-38

VALLES CEGADOS

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

VALOR DE IMPORTANCIA

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

VALOR MADERERO

Domínguez Cristóbal Carlos M. “Apuntes en torno a la utilización de las especies arbóreas nativas en las artesanías en Puerto Rico”. 20, no. 1-3 (2006): 47-55.

Lugo Ariel E. “El valor maderero del bosque urbano”. 19, no. 1-3 (2005): 107-113.

VALORES DE TRANSMISIVIDAD

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

VEGETACIÓN

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

VEGETACIÓN TERRESTRE

Acosta Delly A., Sandra Molina Colón, Jong P. Banchs, Heinz Weidisch, Piel J. Banchs, Carmen Medina y Juan P. Torres Molina. “Estructura de la vegetación en la estación biológica mata de plátano.” 19, no. 1-3 (2005): 63-72.

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

VIEQUES

Domínguez Cristóbal Carlos M. “Apuntes en torno a la influencia humana en la historia natural de Vieques desde la perspectiva forestal (1797-1940)”. 20, no. 1-3 (2006): 21-32.

EL YUNQUE VÉASE ADEMÁS BOSQUE NACIONAL DEL CARIBE

Prieto Avilés Noelis. “La importancia de El Yunque para Puerto Rico”. 20, no. 1-3 (2006): 7-8.

ZANJONES

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

ZONA KÁRSTICA

Vale Abel, Ariel E. Lugo, Leopoldo Miranda Castro, Tania del Mar López, Enrique Hernández Prieto, Andrés García Martinó, Alberto R. Puentes Rolón, Adrienne G. Tossas, Donald A. McFarlane, Tom Miller, Armando Rodríguez, Joyce Lundberg, John Thomlinson, José Colón, Johannes H. Schellekens, Olga Ramos y Eileen Helmer. “El karso de Puerto Rico: recurso vital”. 16, no. 1-3 (2002): 3-125.

ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE

Lugo Ariel y Antares Ramos. “Administración de la zona marítimo-terrestre”. 18, no. 1-3 (2004): 95-123.

ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE- BENEFICIOS Y USOS

Lugo Ariel y Antares Ramos. “Administración de la zona marítimo-terrestre”. 18, no. 1-3 (2004): 95-123.