

Departamento de  
Agricultura de los  
Estados Unidos

Servicio Forestal



Instituto Internacional de  
Dasonomía Tropical (IITF)

Informe técnico general  
IITF-44

# La sierra de Luquillo: los recursos forestales y su historia

Peter L. Weaver



---

**El autor:**

**Peter L. Weaver**, guardia forestal de investigación, Servicio Forestal, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, Jardín Botánico Sur, Río Piedras, PR 00926-1119.

**Fotografías de portada**

IZQUIERDA: Recreación y vida silvestre. El sendero para excursiones El Yunque, uno de los más antiguos, es el más elegido para ver la flora y la fauna. (Fotografía de Peter L. Weaver) arriba derecha: Legado histórico. La construcción del Baño Grande y la piscina datan de fines de la década de 1930. (Fotografía de los archivos del IITF) abajo derecha: Agua. Varios arroyos ofrecen agua prístina a las comunidades vecinas. (Fotografía de Peter L. Weaver)

**Aviso legal**

El uso de nombres comerciales o de empresas en esta publicación se hace para la información del lector y no implica que el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos apruebe ningún producto ni servicio.

**Noviembre de 2012**

**Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IITF)**

Jardín Botánico Sur  
1201 Calle Ceiba  
San Juan, PR 00926-1119

# **La sierra de Luquillo: los recursos forestales y su historia**

**PETER L. WEAVER**

# Índice

|   |            |
|---|------------|
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....   | <b>v</b>   |
| <b>RESUMEN</b> .....  | <b>vi</b>  |
| <b>PREFACIO</b> .....   | <b>vii</b> |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>1</b>   |
| <b>OBJETIVOS</b> .....  | <b>6</b>   |
| <b>CAPÍTULO 1. PERSPECTIVA HISTÓRICA</b> .....                                    | <b>7</b>   |
| Era precolonial.....  | 7          |
| La llegada de los españoles: exploración y establecimiento .....                  | 7          |
| Proclamación del bosque y adquisición de tierras .....                            | 9          |
| Apertura del bosque.....  | 9          |
| Gestión del bosque .....  | 14         |
| Investigación y capacitación en el bosque.....                                    | 16         |
| <b>CAPÍTULO 2. ENTORNO AMBIENTAL</b> .....  | <b>23</b>  |
| Geología .....  | 23         |
| Fisiografía e hidrología.....   | 25         |
| Suelo.....  | 26         |
| Clima .....   | 29         |
| <b>CAPÍTULO 3. DISTRIBUCIONES DE ÁRBOLES Y PRINCIPALES TIPOS DE BOSQUES</b> ..... | <b>37</b>  |
| Relaciones entre especies arbóreas y distribución geográfica .....                | 37         |
| Muestreo de campo y supervisión permanente de la parcela .....                    | 37         |
| Bosque montano bajo .....   | 43         |
| Bosque montano .....  | 53         |
| Matorral de palmeras .....  | 56         |
| Bosque enano.....   | 58         |
| <b>CAPÍTULO 4. GRADIENTES AMBIENTALES</b> .....                                   | <b>61</b>  |
| Variedades de especies arbóreas en la sierra de Luquillo .....                    | 62         |
| Ciclos de vida y longevidad de los árboles .....                                  | 63         |
| <b>PRINCIPALES TIPOS DE PERTURBACIONES</b> .....                                  | <b>66</b>  |
| Caída de árboles (mortalidad de base).....  | 66         |
| Perturbaciones climáticas .....   | 66         |
| Desprendimientos .....  | 69         |
| Actividades humanas: asentamiento y desarrollo.....                               | 70         |
| Accidentes .....  | 71         |
| Recuperación posterior a la perturbación .....                                    | 72         |
| <b>CAPÍTULO 6. OTRA VEGETACIÓN</b> .....  | <b>74</b>  |
| Plantaciones de árboles.....  | 74         |
| Plantación de caoba .....   | 76         |
| Prueba de origen de caoba.....  | 77         |
| Arboreto del Servicio Forestal (Caracoles).....                                   | 78         |
| Otras especies arbóreas y hierbas comunes.....                                    | 80         |
| <b>CAPÍTULO 7. FAUNA VERTEBRADA</b> .....   | <b>81</b>  |
| Mamíferos.....  | 81         |
| Aves .....  | 81         |
| Reptiles .....  | 88         |
| Anfibios .....  | 89         |
| Peces .....   | 90         |

# Índice

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 8. DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES: PLANTAS Y ANIMALES</b> .....    | <b>91</b>  |
| Diversidad de plantas .....  | 91         |
| Diversidad de animales.....  | 91         |
| <b>CAPÍTULO 9. CLASIFICACIÓN DE ESPECIES DE PLANTAS Y ANIMALES</b> .....   | <b>92</b>  |
| Clasificación de las plantas.....  | 92         |
| Clasificación de los animales.....   | 92         |
| <b>CAPÍTULO 10. OTROS RECURSOS</b> .....                                   | <b>94</b>  |
| Agua y camarones .....   | 94         |
| Recreación .....   | 94         |
| Paisaje y senderos.....  | 95         |
| Patrimonio .....   | 99         |
| Historias de El Yunque: el mito, la leyenda y datos curiosos .....         | 103        |
| <b>CAPÍTULO 11. USOS DE SUELO DESIGNADOS</b> .....                         | <b>106</b> |
| El Área Natural de Investigación Baño de Oro .....                         | 106        |
| Reserva Biosférica del Bosque Experimental de Luquillo.....                | 107        |
| Ríos salvajes y paisajísticos.....   | 107        |
| Área silvestre El Toro .....   | 108        |
| Permisos para uso especial .....   | 109        |
| <b>CAPÍTULO 12. PRINCIPALES SITIOS DE INVESTIGACIÓN EN EL BOSQUE</b> ..... | <b>110</b> |
| Estudios ecológicos en El Verde.....                                       | 110        |
| Parcela de Dinámica Forestal de Luquillo (LFDP) en El Verde.....           | 111        |
| Investigación Ecológica a Largo Plazo (LTER) en Bisley .....               | 112        |
| Bosque de palmeras ribereñas .....   | 113        |
| Bosque enano Pico del Oeste .....  | 114        |
| Bosque enano Pico del Este.....  | 114        |
| <b>CAPÍTULO 13. PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN FORESTAL</b> .....                 | <b>115</b> |
| Bosque primario .....  | 116        |
| Demostración de producción sostenible de madera .....                      | 117        |
| Vida silvestre .....   | 117        |
| Agua .....   | 118        |
| Ríos salvajes y paisajísticos.....   | 119        |
| Áreas silvestres.....  | 119        |
| Recreación y programas de educación para la conservación .....             | 120        |
| Acceso (caminos, senderos, adquisiciones).....                             | 121        |
| Investigación.....   | 122        |
| <b>EPÍLOGO: QUO VADIS?</b> .....   | <b>123</b> |
| <b>RECONOCIMIENTOS</b> .....   | <b>124</b> |
| <b>REFERENCIAS</b> .....   | <b>125</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA CITADA</b> .....   | <b>126</b> |
| <b>APÉNDICE A</b> .....  | <b>138</b> |
| <b>APÉNDICE B</b> .....  | <b>147</b> |
| <b>APÉNDICE C</b> .....  | <b>148</b> |
| <b>APÉNDICE D</b> .....  | <b>151</b> |
| <b>APÉNDICE E</b> .....  | <b>154</b> |
| <b>APÉNDICE F</b> .....  | <b>158</b> |



## Lista de figuras

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1: Ubicación del Bosque Experimental de Luquillo al noreste de Puerto Rico. Ciudades y poblaciones (21) y municipios importantes (nombres subrayados) (8) que rodean al bosque. Las zonas urbanizadas están sombreadas..... | 2   |
| Figura 2: Zonas de vida ecológica dentro del Bosque Experimental de Luquillo.....  | 5   |
| Figura 3: Tipos de bosques dentro del Bosque Experimental de Luquillo.....   | 5   |
| Figura 4: Adquisición de propiedades (extensiones) en el Bosque Experimental de Luquillo.....  | 10  |
| Figura 5: Rutas y senderos para excursiones en el Bosque Experimental de Luquillo.....   | 14  |
| Figura 6: Sitios de plantaciones en el Bosque Experimental de Luquillo en 1947.....  | 16  |
| Figura 7: Zonas propuestas para la producción de madera dentro del Bosque Experimental de Luquillo en 1950.....  | 21  |
| Figura 8: Geología del Bosque Experimental de Luquillo.....  | 24  |
| Figura 9: Principales picos, ríos, cuencas, medidores de caudales e ingresos de agua cercanos al Bosque Experimental de Luquillo Experimental.....   | 25  |
| Figura 10: Tipos de suelo del Bosque Experimental de Luquillo.....   | 28  |
| Figura 11: Diagramas climáticos para sitios dentro del Bosque Experimental de Luquillo.....  | 31  |
| Figura 12: Trayectoria de huracanes sobre Puerto Rico desde 1700.....  | 33  |
| Figura 13: Ubicaciones permanentes y temporales de parcelas, y principales sitios de investigación dentro del Bosque Experimental de Luquillo.....   | 42  |
| Figura 14: Alturas medias de follaje por parcela según elevación en el Bosque Experimental de Luquillo (tendencias lineales de crestas, laderas y quebradas).....  | 44  |
| Figura 15: Densidad media de raíces $\geq 4$ cm DAP por parcela según elevación en el Bosque Experimental de Luquillo (tendencias lineales de crestas, laderas y quebradas).....   | 44  |
| Figura 16: Biomasa en peso seco por encima del suelo por parcela para raíces $\geq 4$ cm DAP según elevación dentro del Bosque Experimental de Luquillo (tendencias lineales de crestas, laderas y quebradas).....                 | 45  |
| Figura 17: Cantidad de especies arbóreas por parcela para raíces $\geq 4$ cm DAP según elevación dentro del Bosque Experimental de Luquillo (tendencias lineales de crestas, laderas y quebradas).....                             | 45  |
| Figura 18: Curvas de especies por área para raíces $\geq 4$ cm DAP según tipo de bosque dentro del Bosque Experimental de Luquillo.....  | 46  |
| Figura 19: Diseño del arboreto en el Bosque Experimental de Luquillo.....  | 75  |
| Figura 20: Áreas y estructuras de gestión dentro del Bosque Experimental de Luquillo.....  | 79  |
| Figura 21: Principales áreas designadas dentro del Bosque Experimental de Luquillo.....  | 104 |

## Resumen

Este informe incluye una descripción del Bosque Nacional El Yunque, que también se denomina Bosque Experimental de Luquillo, que se encuentra al noreste de Puerto Rico. Entre los temas principales, se incluye el entorno ambiental (geología, suelos y clima), los gradientes ambientales, la flora arborescente, la fauna vertebrada y la gestión forestal (es decir, plantaciones, actividades de silvicultura, planificación, investigación y usos de suelo designados). Con una cronología desde el momento del descubrimiento europeo hasta el presente, se destacan los principales eventos en el Bosque Experimental de Luquillo, entre los que se incluyen la presencia de aborígenes, la exploración en busca de oro, la extracción de madera, la agricultura, la construcción de vías y caminos, y los desarrollos recreativos.

**Palabras clave:** perturbaciones, recursos forestales, gradientes, historia, Sierra de Luquillo de Puerto Rico, gestión, investigación.

---

# PREFACIO

La sierra de Luquillo de Puerto Rico alberga un bosque que, por sobre todas las cosas, es atractivo. La atracción surge de una manifestación misteriosa, magnífica y compleja de la naturaleza: la risa traviesa de un cuco lagartero que anuncia una lluvia inminente; el rugido cercano de una cascada que se golpea contra la cubierta forestal; los curtidos palos colorados, invencibles después de cientos de huracanes; la profunda sombra debajo de los tabonucos emergentes que gotean sudor; árboles de sotobosque evidentemente satisfechos, incluso palmeras y helechos; hacendosos yagrumos que cubren brechas; lianas gruesas con agua; epifitas con lagartos de ojos amarillos; raíces extendidas que sostienen la sierra; el aire conversador del San Pedrito; especies que no se encuentran en ningún otro lugar; arroyos de continua agua clara del bosque; y una incesante sinfonía nocturna.

Un ecologista forestal de renombre mundial, el fallecido Dr. Leslie Holdridge, como consecuencia de haberse asentado 10 años en las regiones tropicales del bosque de Luquillo, a pesar de una carrera posterior en bosques tropicales en todo el hemisferio y viviendo a la distancia, solicitó que sus restos descansan en el bosque de Luquillo. Lo mismo hizo Angelito Torres, un hombre rural aparentemente nacido en el bosque mismo y un trabajador incansable en su cuidado durante toda su vida activa.

Es esta atracción, luego de 43 años de un profundo estudio del bosque de Luquillo de parte del Dr. Peter Weaver, que le hizo obtener un grado académico superior e hizo que incluyera en este libro una historia integral del bosque, la mayor parte conocida u olvidada. No contento solamente con el registro puramente histórico, el Dr. Weaver describe el estado actual del bosque y sus posibles usos. Me enorgullece haber sido colega del Dr. Weaver durante su vida en el bosque y en la preparación de este clásico.

*Frank H. Wadsworth*



## INTRODUCCIÓN

La sierra de Luquillo, que está ubicada al noreste de Puerto Rico y que contiene el Bosque Nacional El Yunque (EYNF) de 11 310 ha, también denominado administrativamente como Bosque Experimental de Luquillo (LEF), esencialmente se trata de una isla dentro de una isla (Fig. 1) (Tabla 1). Si el nivel del mar se elevara unos 50 m, los valles de los principales ríos que rodean la sierra se inundarían y formarían una isla de tamaño comparable a muchas de las Antillas Menores (Weaver, 2002a). La ruta 191 de Puerto Rico no atravesó las montañas (empinadas, húmedas y aisladas en elevaciones más altas) hasta el año 1942. Un desprendimiento importante a principios de la década de 1970 bloqueó la ruta, que permaneció cerrada durante más de 40 años.

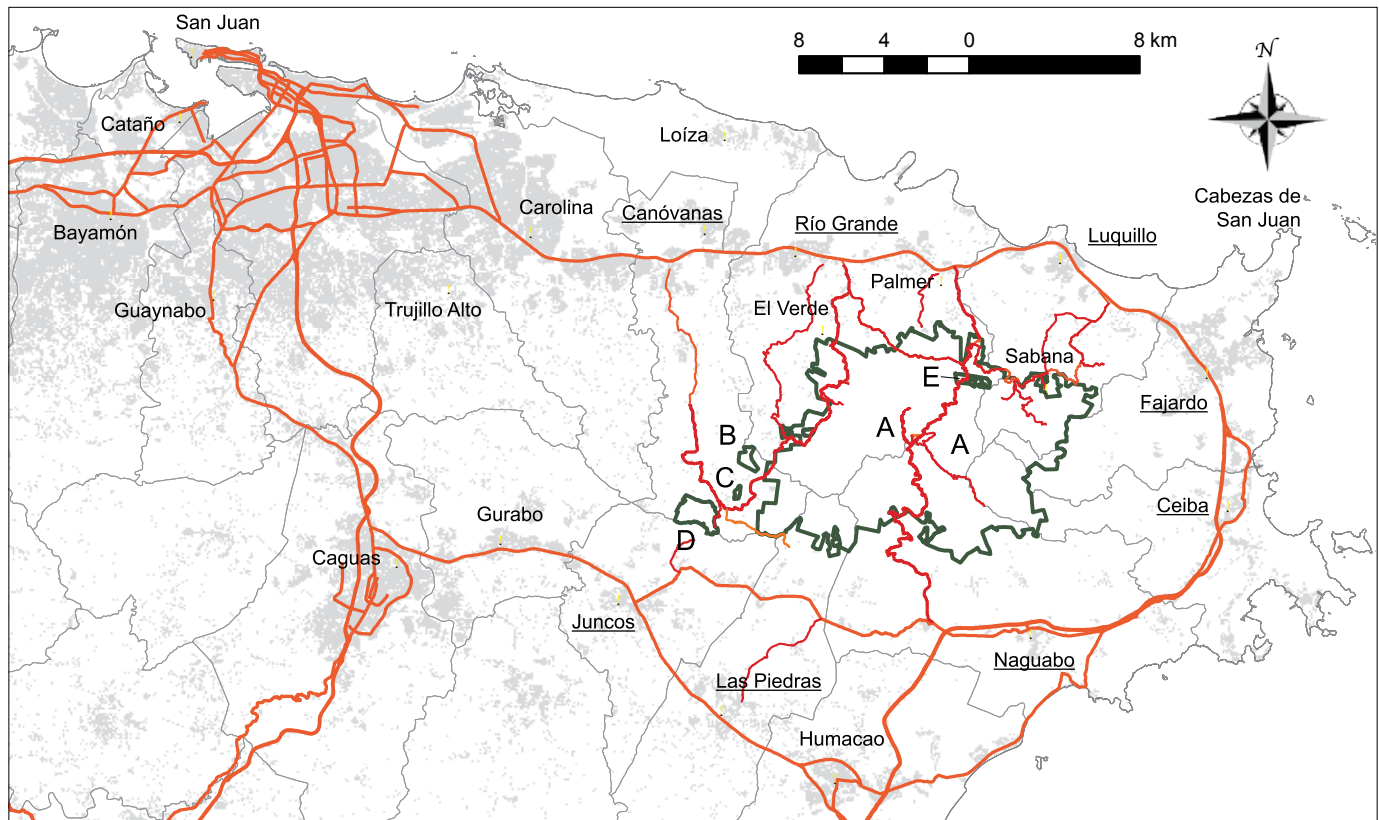
La sierra de Luquillo se eleva abruptamente sobre el nivel del mar en Las Cabezas de San Juan, en la punta noreste de Puerto Rico, hasta llegar a los 1074 m de altura en el pico El Toro en el LEF. A una distancia de más de 20 km, la precipitación anual aumenta de 900 mm a lo largo de la costa a 2500 mm en la entrada del bosque a más de 4500 m, en las cumbres (Briscoe, 1966). La gradiente en la altura y la humedad da como resultado seis distintas zonas de vida ecológica (Ewel y Whitmore, 1973; Holdridge, 1967). El bosque seco subtropical crece a lo largo de la costa noreste

y el bosque húmedo subtropical en su interior. Subiendo por las montañas, el bosque muy húmedo subtropical rodea la mayor parte del LEF a lo largo del límite del bosque (Fig. 2). El bosque subtropical y el bosque montano bajo subtropical se encuentran en el barlovento de la división montañosa, y el bosque húmedo montano bajo subtropical principalmente en el sotavento. Un parche de bosque húmedo subtropical yace en una parcela aislada al suroeste. Los tipos de bosques muy húmedos suman aproximadamente el 75 % de la superficie terrestre dentro del LEF.

Cuatro tipos de bosques, conocidos como bosque montano bajo, bosque montano, bosque enano y matorral de palmeras, se presentan en las Antillas Mayores y en las Antillas Menores montañosas entre San Cristóbal y Granada (Beard, 1949; Little y Wadsworth, 1964; Seifriz, 1943; Smith, 1954). Estos cuatro tipos de bosques son conocidos con nombres locales en el LEF: bosque de tabonuco, entre 150 m y 600 m; bosque colorado, entre 600 m y 900 m; bosque enano, por encima de los 900 m; y matorral de palmeras en pendientes a sotavento y en drenajes por encima de los 450 m (Wadsworth, 1951) (Fig. 3). Los primeros dos tipos cubren alrededor del 80 % del LEF. Además, cuatro comunidades vegetales principales se han descrito con los tipos de bosques



*La sierra de Luquillo vista desde la ruta 2 de Puerto Rico, paralela a la costa norte. Parte del Área Silvestre El Toro se extiende de izquierda a derecha en la parte superior central de la fotografía. La roca Yunque se puede ver en la esquina superior derecha. (Fotografía de Peter L. Weaver)*



**Referencias**  
 Poblaciones                      □ Límite del LEF  
 — Rutas principales            □ Municipios  
 — Rutas secundarias          ■ Superficie urbanizada  
 A Bosque Experimental de Luquillo  
 B Extensión Arroyo  
 C Extensión Sandoval  
 D Extensión La Condesa  
 E Terrenos saneados privados

Figura 1: Ubicación del Bosque Experimental de Luquillo al noreste de Puerto Rico. Ciudades y poblaciones (21) y municipios importantes (nombres subrayados) (8) que rodean al bosque. Las zonas urbanizadas están sombreadas.

mencionados en la misma gradiente (1) *Dacryodes excelsa* y *Manilkara bidentata*; (2) *Cyrilla racemiflora* y *Micropholis garciniifolia*, (3) *Tabebuia rigida* y *Eugenia borinquensis*, y (4) *Prestoea montana* y *Cecropia schreberiana*, respectivamente (Gould et al., 2006). En adelante, se usará y se citará la terminología de Beard a lo largo del texto como bosque montano bajo, bosque montano, matorral de palmeras y bosque enano; sin embargo, la terminología completa de Beard se anotará completa en figuras y tablas.

En 1876, el rey español Alfonso XII estableció reservas forestales en Puerto Rico, incluidos terrenos en la sierra de Luquillo, mediante “La ordenanza de Montes”. Sin embargo, no fue hasta los años 1880 a 1881 que los terrenos de la sierra de Luquillo se conocieron como “Sierra de Luquillo”. La declaración del rey anticipó la Ley de Revisión de Tierras (Land Revision Act) de 1891 que creó el Sistema Forestal Nacional de los Estados Unidos (Tabla 2) (Apéndice A). En 1898, después de la guerra hispanoamericana, España cedió terrenos de la Corona a los Estados Unidos. En 1903, el presidente Theodore Roosevelt proclamó las tierras de la sierra de Luquillo como Reserva Forestal de Luquillo, nombre que retuvo hasta 1907. Las decisiones administrativas subsiguientes derivaron en cambios de

nombre para el bosque. Desde 1907 a 1935, el bosque se llamó Bosque Nacional de Luquillo, el único bosque tropical del Sistema Forestal Nacional. Desde 1935 hasta 2007, se lo conoció como el Bosque Nacional del Caribe para representar los terrenos que se encuentran en otros lugares de Puerto Rico; por ej., la unidad de Toro Negro en la Cordillera Central retenidos desde 1935 hasta 1970. Finalmente, en 2007, el bosque se denominó Bosque Nacional El Yunque, el nombre tradicional utilizado por los residentes de la isla. Desde 1956, el bosque también se denomina LEF para reconocer administrativamente sus continuas actividades de investigación. La complejidad administrativa del bosque se evidenció sucintamente 60 años atrás en la introducción del atlas de los bosques (Upson, 1949; ver referencias):

“El Bosque del Caribe, en parte, es en realidad la antigua Reserva Forestal que la Corona española estableció en 1876. Comenzó como Reserva Forestal con la Proclama Presidencial de 1903, tomó el cambio general en su designación a Bosque Nacional y luego un cambio en su nombre dado para incluir dos adiciones de unidades de compra y fue aumentando con compras, donaciones y transferencias desde 1931. Contiene terrenos en los que no se aplica ninguna ley general sobre tierras de los Estados

Tabla 1: Curiosidades fascinantes sobre el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>

| TEMA  | EXPLICACIÓN  |
|---|--|
| <b>Reserva Forestal</b>   | Establecido por la Corona española, 1876-1898  |
| <b>Guerra Hispanoamericana</b>  | España transfiere a Estados Unidos terrenos de la Corona en Puerto Rico  |
| <b>Bosque Nacional</b>  | Reserva Forestal proclamada por Theodore Roosevelt en 1903, rebautizada como Bosque Nacional en 1907   |
| <b>Administración</b>   | Bosque nacional y bosque experimental; además, ocupa parte de ocho municipios locales  |
| <b>Tamaño<sup>b</sup></b>   | Cuando se estableció: 5040 ha; hoy, 11 310 ha  |
| <b>Áreas designadas Principales sitios de investigación<sup>c</sup></b> | Área Natural de Investigación (1949), Reserva Biosférica (1976), Ríos salvajes y paisajísticos (2002), Área Silvestre El Toro (2005), parcelas para el monitoreo permanente del bosque (divididas en LEF), estudios de LTER El Verde, parcela para la ecología y la dinámica del bosque de Luquillo (El Verde), LTER (Bisley), parcela de plataforma con palmeras ribereñas, bosque enano (Pico del Este y Pico del Oeste) |
| <b>Geología</b>   | Rocas volcánicas marinas del Cretácico Superior y rocas intrusivas cuarzo-diorita del Terciario  |
| <b>Topografía</b>   | De 120 m a 1074 m de altura; 6 picos de más de 1000 m  |
| <b>Clima</b>  | Marítimo tropical  |
| Precipitaciones (media anual)   | Aumenta con la altura; aproximadamente 3800 mm en el bosque  |
| Precipitaciones (total 1 día)   | 485 mm registrados el 19 de mayo de 1969 en Pico del Este  |
| Chaparrones por año   | 1625 entre 1938 y 1942 en La Mina  |
| Temperaturas extremas   | Mínimo: 11 °C; máximo: 32 °C   |
| Huracanes (principales)   | Aproximadamente 15 pasaron cerca de la sierra o sobre esta desde 1700  |
| Granizo   | En enero de 1969 durante 10 minutos cerca de Pico del Este   |
| <b>Agua</b>   |  |
| Fuentes   | Diez vertientes y ríos dentro del LEF  |
| Ríos más grandes  | Cabeceras de Río Grande de Loíza y Río Mameyes   |
| Río (caudal libre)  | Río Mameyes, único río principal del LEF sin una represa   |
| Agua municipal  | 35 tomas de agua en el suministro del bosque para aprox. 750,000 personas  |
| Camarones   | 11 especies migratorias viven en los ríos del bosque   |
| <b>Árboles</b>  |  |
| Especies arbóreas nativas   | 255 en total; 41 % compartidas con otros continentes, 28 % de nativos del Oeste pero no sobre continentes; y 31 % endémicas a Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos   |
| Especies arbóreas endémicas   | 8 especies solo en la sierra de Luquillo; 60 especies en Puerto Rico (y la sierra de Luquillo)   |
| Especies arbóreas plantadas   | 144 (agricultura, arboreto, ornamentales y plantaciones)   |
| Especies arbóreas exóticas  | 113 plantadas, pero no todas sobrevivieron   |
| Conífera nativa   | <i>Podocarpus coriaceae</i> cerca del Pico El Yunque   |
| Especies de tierras bajas costeras                                      | <i>Pterocarpus officinalis</i> : fenómeno raro de la isla del Caribe a 250 m de elevación  |
| Más común   | <i>Prestoea montana</i> desde los márgenes del bosque hasta las crestas  |
| Más raro  | Incierto; una de las endémicas del bosque enano, posiblemente <i>Didymopanax gleasonii</i> o <i>Styrax portoricensis</i>   |
| Cordillera (más grande en LEF)  | <i>Cecropia schreberiana</i> , <i>Henriettea squamulosa</i> , <i>Micropholis garciniifolia</i> y <i>Prestoea montana</i>   |
| Cordillera (más grande del hemisferio Oeste)                            | <i>Guarea guidonia</i> : Cuba a Argentina; <i>Cyrilla racemiflora</i> , Virginia del Este al río Amazonas en Brasil  |
| Cordillera (también en África)  | <i>Andira inermis</i> , <i>Ceiba pentandra</i> , <i>Pterocarpus officinalis</i>  |
| Más grande (en diámetro)  | <i>Cyrilla racemiflora</i> registrada anteriormente en 2.65 m de DAP   |
| Más alta (altura total)   | <i>Dacryodes excelsa</i> y <i>Manilkara bidentata</i> a más de 30 m  |
| Especies arbóreas más antiguas  | <i>Cyrilla racemiflora</i> y <i>Mangolia splendens</i> a aprox. 1000 años  |
| Bosque nativo más denso   | <i>Clusia clusioides</i> , gravedad específica a aprox. 0.9 g cm <sup>-3</sup>   |
| Bosque nativo menos denso   | <i>Ochroma pyramidale</i> , gravedad específica a aprox. 0.22 g cm <sup>-3</sup>   |
| <b>Vertebrados<sup>d</sup></b>  |  |
| Mamíferos   | 16 especies: 11 murciélagos nativos + 5 pestes introducidas  |
| Aves  | 107 especies (12 endémicas, 2 subespecies endémicas), 7 exóticas   |
| Reptiles  | 19 especies (1 endémica), 18 nativas, 11 lagartos, 3 geos (1 introducida), 5 serpientes  |
| Anfibios  | 15 especies (11 endémicas): 13 nativas, 2 introducidas   |
| Peces   | 7 especies: 6 nativas y 1 introducida  |
| <b>Recreación</b>   | Aproximadamente 750,000 visitantes por año   |
| Sitios principales  | Centro Forestal Tropical El Portal; cataratas La Coca; áreas para picnics Caimitillo, Palo Colorado, Río Cubuy y Sierra Palm; piscinas Baño Grande y Baño de Oro   |
| Otros sitios  | Áreas para picnics Quebrada Grande y Río Sabana; cataratas La Mina   |
| Senderos  | 23 senderos, 39 km recreativos + 19 km administrativos   |
| Torres  | El Yunque, Mt. Britton y Yokahu  |
| Vista en el bosque  | Roca El Yunque, Los Picachos, Pico del Este, Pico del Oeste y las torres mencionadas   |
| Otras vistas  | Puesto de observación Las Cabezas, picos La Mina y El Toro, puente Río Espíritu Santo  |

<sup>a</sup>Fuentes: Datos extraídos del texto y de bibliografía.<sup>b</sup>Fuente: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU. (1995); consulte las notas finales.<sup>c</sup>LTER = Investigación ecológica a largo plazo.<sup>d</sup>Endémicos de Puerto Rico.

**Tabla 2: Designaciones cronológicas de áreas que comprenden la totalidad o parte de la sierra de Luquillo como se la conoce hoy como Bosque Experimental de Luquillo o Bosque Nacional El Yunque**

| Designaciones de unidades de tierras            | Año(s)         | Tamaño ha  | Porcentaje del bosque <sup>a</sup> |
|---|----------------|------------|------------------------------------|
| <b>Precolombino</b>                             |                |            |                                    |
| Yukiyú (sierra de Luquillo)                     | Antes del 1500 | 19,600     | 173.2                              |
| <b>España<sup>b</sup></b>                       |                |            |                                    |
| Reserva Forestal                                | 1876-1898      | 10,058     | 88.9                               |
| <b>Servicio Forestal del USDA</b>               |                |            |                                    |
| Reserva Forestal de Luquillo <sup>c</sup>       | 1903-1907      | 5040       | 44.6                               |
| Bosque Nacional de Luquillo <sup>c</sup>        | 1907-1935      | 5040       | 44.6                               |
| Bosque Nacional del Caribe <sup>d</sup>         | 1935-2007      | 6184       | 54.7                               |
| Área Natural Baño de Oro <sup>e</sup>           | 1949-presente  | 745        | 6.6                                |
| Bosque Experimental de Luquillo <sup>d, f</sup> | 1956-presente  | 10,638     | 94.1                               |
| Reserva Biosférica <sup>f</sup>                 | 1976-presente  | 11,274     | 99.7                               |
| LTER, cuenca Bisleys <sup>g</sup>               | 1985-presente  | Aprox. 363 | 3.2                                |
| LFDP, red ecológica <sup>g</sup>                | 1990-presente  | 16         | 0.1                                |
| Ríos salvajes y paisajísticos <sup>h</sup>      | 2002-presente  | 525        | 6.6                                |
| Río Icacos, paisajístico <sup>h</sup>           | 2002-presente  | 74         | 0.6                                |
| Río Mameyes, salvaje/paisajístico <sup>h</sup>  | 2002-presente  | 100        | 0.9                                |
| Río de la Mina, paisajístico <sup>h</sup>       | 2002-presente  | 38         | 0.3                                |
| Área silvestre El Toro                          | 2005-presente  | 4050       | 35.8                               |
| Bosque Nacional El Yunque <sup>d</sup>          | 2007-presente  | 11,310     | 100.0                              |

<sup>a</sup>Porcentaje de área forestal actual de 11,310 ha.

<sup>b</sup>Estimaciones (Domínguez Cristóbal, 1997a).

<sup>c</sup>Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU. (1995); ver referencias.

<sup>d</sup>Desde 1935 hasta 1970, la designación de Caribe incluyó terrenos ubicados fuera de la sierra de Luquillo. Bosque Nacional el Caribe y Bosque Experimental de Luquillo son equivalentes; el segundo nombre reconoce actividades de investigación. Caribe cambió a El Yunque, que es el nombre actual.

<sup>e</sup>Expansión propuesta de 1835 ha que hará que Baño de Oro llegue a un total de 2580 ha (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1997a).

<sup>f</sup>Áreas según las fechas citadas. Actualmente, ambos tienen 11 310 ha.

<sup>g</sup>Áreas de monitoreo a largo plazo: LTER = Investigación Ecológica a Largo Plazo; LFDP = Parcela Dinámica del Bosque de Luquillo.

<sup>h</sup>Estimación de 525 ha que incluye corredores pluviales salvajes y paisajísticos, y áreas de recreación adyacentes (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1997a). Totales de corredor lineal para los 3 ríos: Río Icacos (paisajístico) = 3.7 km; Río Mameyes (paisajístico) = 1.6 km y (salvaje) = 3.4 km; Río de la Mina (paisajístico) = 1.9 km. Las áreas del corredor se estiman arbitrariamente en 100 m en cada lado de los ríos correspondientes ríos.

Unidos y está sujeto a leyes locales especiales y las prácticas que rigen los estudios, los títulos, los registros y las reservas. Ha estado bajo más directrices administrativas regionales, es el área administrativa separada más pequeña y la más cercana adyacente al Bosque Experimental que cualquier otro bosque en todo el sistema de Bosques Nacionales”.

La gestión de bosques nacionales incluye pastoreo de ganado vivo, tala de madera, minería, recursos de agua, vida silvestre y recreación. Todos recibieron atención durante algún tiempo durante los primeros 50 años del bosque (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1997a, 1997b; Wadsworth, 1951, 1952a, 1952b, 1970). Casi un siglo de investigación en la sierra de Luquillo aportó mucha información sobre la composición de las especies arbóreas,

el tamaño de los árboles, el crecimiento, la regeneración y la ecología (Britton y Wilson, 1923, 1930; Little y Wadsworth, 1964; Little y Woodbury, 1976; Little et al., 1974; Odum y Pigeon, 1970; Wadsworth, 1951), además del impacto de los huracanes y la subsiguiente recuperación (Walker et al., 1991, 1996). El asentamiento humano, incluidas la agricultura antigua y la plantación de árboles en elevaciones menores, impuso cambios sobre el paisaje desde principios de 1800 (Aide et al., 1996; Marrero, 1948; Scatena, 1989; Wadsworth, 1970; Weaver, 1989a; Weaver y Bauer, 1986; Zimmerman et al., 1995). Los terrenos que están por encima de los 600 m de altura escaparon a la intervención humana en gran medida debido a la inaccesibilidad de las pronunciadas pendientes y a las fuertes precipitaciones (Lugo, 1994; Wadsworth, 1949, 1950; Weaver, 1972).

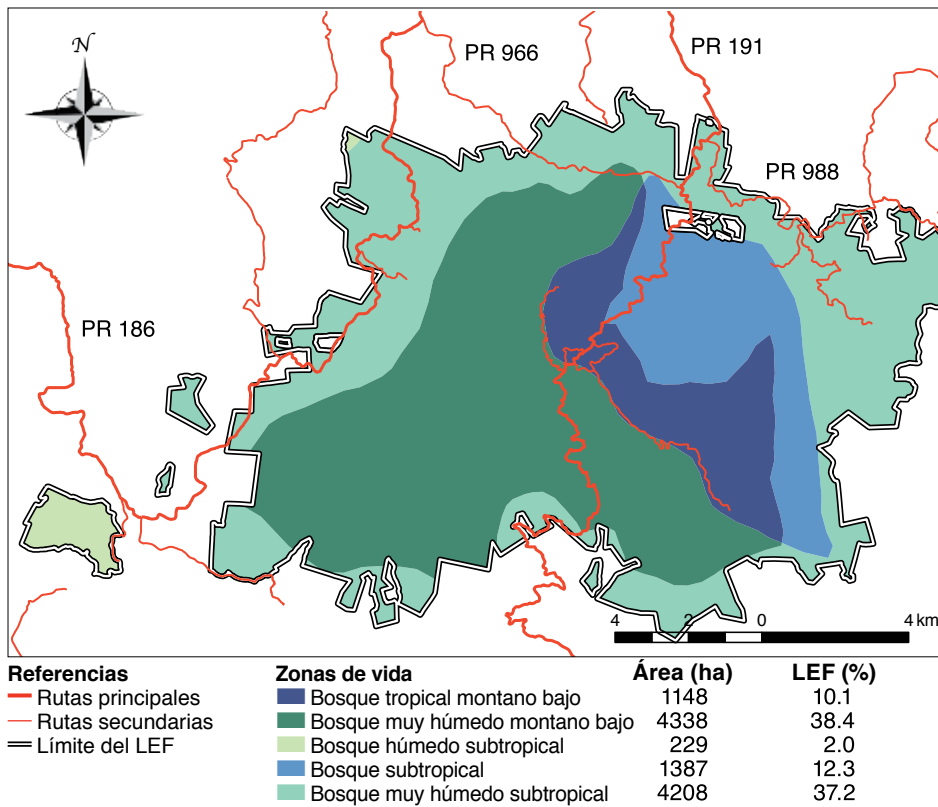


Figura 2: Zonas de vida ecológica dentro del Bosque Experimental de Luquillo.

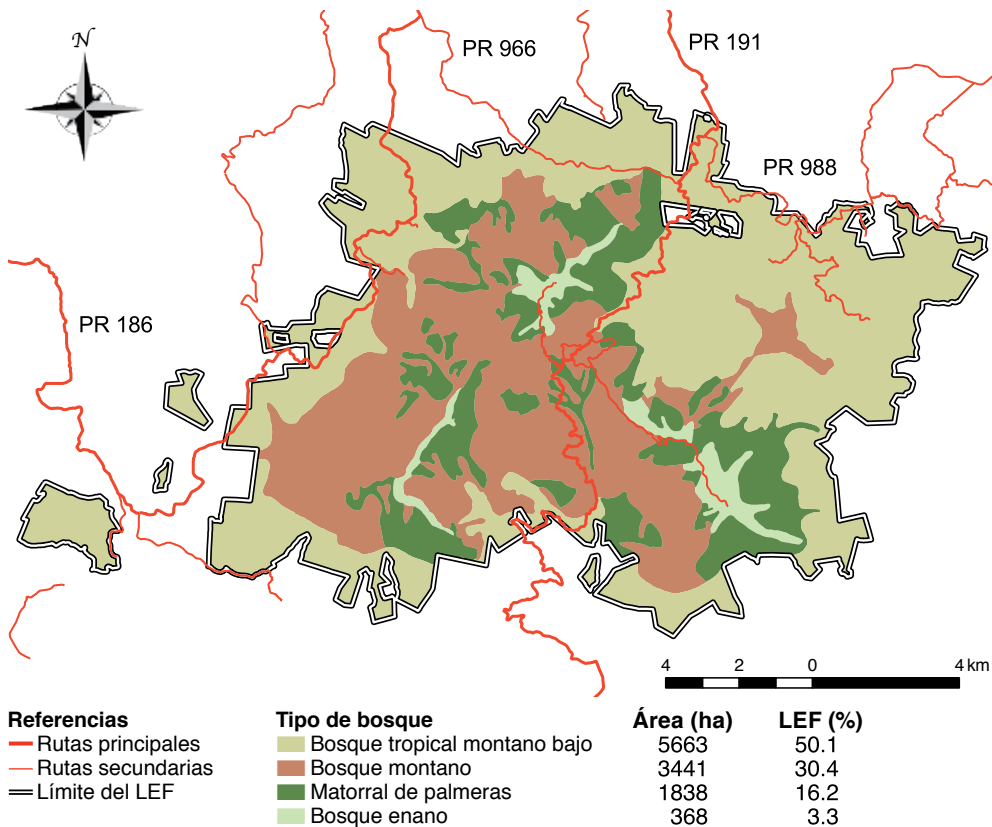


Figura 3: Tipos de bosques dentro del Bosque Experimental de Luquillo.

## OBJETIVOS

Una de las primeras observaciones que realizaron los guardias forestales en la nueva Estación Experimental de Bosques Tropicales en 1941 fue que el “estudio de la bibliografía existente mostraba que no se habían publicado obras sobre dasonomía en Puerto Rico, sino que había unas pocas obras sobre botánica disponibles” (Anon, 1941, página 4; ver referencias). Desde entonces, se llevó a cabo una buena cantidad de investigaciones sobre dasonomía y ecología. Sin embargo, nunca se resumieron oportunamente los puntos principales de esos esfuerzos en un documento de referencia. El objetivo de este informe es ofrecer una visión general de los recursos del LEF y una guía para las actividades de investigación y gestión que se llevan a cabo en el bosque, sobre todo en lo que se refiere a la dasonomía:

- Una cronología de los principales eventos o actividades pasados que tuvieron un impacto en el ambiente forestal desde el descubrimiento europeo.
- Información general sobre geología, fisiografía, suelos, clima (huracanes y recuperación), recursos hídricos, flora, fauna de vertebrados, clasificación de plantas y animales, paisajes, recreación, rutas y senderos.
- Detalle sobre la composición de las especies arbóreas, el crecimiento según el tipo de bosque y las actividades silvícolas, con especial interés en el monitoreo de las parcelas permanentes.
- Una descripción de las gradientes ambientales dentro de la sierra de Luquillo junto con los resultados del reciente muestreo de especies arbóreas según elevación y topografía en diferentes tipos de bosques.
- Información sobre plantaciones de especies arbóreas nativas y exóticas con diferentes propósitos.
- Información general sobre los principales proyectos de investigación que se llevaron a cabo en ubicaciones particulares, como el Área natural de investigación Baño de Oro, las cuencas de Bisley, el área silvestre El Toro, la estación de campo El Verde, Pico del Este, Pico del Oeste y las parcelas distribuidas temporales y permanentes.
- Un breve resumen de los problemas actuales de planificación y gestión en el bosque.
- Mapas que muestran la ubicación de los lugares mencionados en el texto.
- Algunas breves observaciones y hechos conocidos sobre el LEF.

Mucha de la información sobre las distribuciones de los árboles y los tipos de bosques derivó de un sistema de parcelas permanentes establecidas en todo el bosque desde 1943 a 1956. Las figuras, las tablas y las fotografías ilustran gran parte de este material. También se incorporaron al texto observaciones ecológicas generales; sin embargo, estudios detallados sobre cuencas e invertebrados acuáticos, otra fauna (por ej., murciélagos, aves, lagartos, sapos y peces), suelos y ciclo de nutrientes están fuera del alcance de esta revisión. La nomenclatura de las plantas se basa en trabajo relativamente reciente (Liogier, 1985, 1997). Las autoridades para especies de plantas que no se incluyen en los apéndices están en el texto.

## Capítulo 1. PERSPECTIVA HISTÓRICA

La sierra de Luquillo tiene una larga historia que incluye culturas precolombinas, la colonización española, las minas de oro y la explotación de la madera, la construcción de rutas e instalaciones de acceso, y finalmente la gestión y la investigación de los bosques. Los detalles y la mayoría de las referencias para la siguiente sección histórica se incluyen en la cronología (Apéndice A).

### Era precolonial

Los descubrimientos arqueológicos confirman la presencia de culturas precolombinas en Puerto Rico alrededor de año 300 a.C., y hay nuevos descubrimientos que datan posiblemente de 2000 años a.C. o incluso antes. Durante la era precolonial, los bosques de las pendientes más bajas de la sierra de Luquillo servían como fuente de alimento y materiales para la construcción de refugios y botes de las culturas indígenas. No obstante, el impacto que generaban esos grupos en el bosque era mínimo. Los descubrimientos arqueológicos (incluidos los petroglifos cercanos al bosque y dentro de este) y los nombres precolombinos de diferentes lugares (por ej., El Cacique, El Yunque y Cubuy) indican que los nativos conocían las montañas. Los navegantes aborígenes posiblemente hayan usado como referencia geográfica las cumbres de la sierra de Luquillo, visibles a aproximadamente 100 km en el mar; además, probablemente las cimas hayan sido lo primero que avistaban los españoles cuando se acercaban a la isla desde el sureste.

### La llegada de los españoles: exploración y establecimiento

Los europeos llegaron a Puerto Rico durante la década de 1490; a principios del 1500, ya había comenzado la colonización en los valles de los ríos que brotan de la sierra de Luquillo. En aquel momento, los aborígenes de la isla estaban en conflicto. Poco tiempo después, se encontró oro en las arenas de los ríos Blanco, Canóvanas, Espíritu Santo, Fajardo, Grande, Mameyes, De la Mina, Prieto y Sabana. El primer descubrimiento se produjo en 1509, y la minería de placeres se puso en marcha en el Río Fajardo y el Río Blanco alrededor del año 1513. La minería fue la actividad económica más importante de la isla durante principios del siglo XVI, incluso en las montañas del Este. El período de mayor actividad minera finalizó alrededor del año 1530 cuando atacaron e incendiaron las casas de los mineros. El trabajo forzado, las enfermedades introducidas, las confrontaciones y las migraciones devastaron la población indígena de la isla hacia mediados del 1500. Hasta 1582, los colonizadores reportaban que las montañas no eran seguras porque seguían ocupadas por grupos hostiles. La minería continuó en el siglo XX a lo



ARRIBA: Petroglifos que se encuentran dentro del Bosque Experimental de Luquillo (LEF), incluso en Quebrada Jiménez, La Coca, la cuenca de los ríos Cubuy, Icacos, Comándulas y Sabana, y cerca del pico La Mina. (Fotografía de los archivos del IITF) abajo: Un hacha de piedra precolombina probablemente utilizada entre el año 600 y el 1500 d. C. que se encontró durante las actividades de sondeo dentro del LEF. (Fotografía de Iván Vicéns)



ARRIBA: La minería de placeres de oro era común en los arroyos más prominentes de la sierra de Luquillo. Los apellidos de los antiguos mineros, como Guzmán, Jiménez y Toro, sobreviven en los mapas de los bosques y las zonas circundantes, al igual que los nombres de los ríos como Río de la Mina y Quebrada Baño de Oro. (Fotografía de los archivos del IITF) abajo: Una botija, posiblemente usada durante la exploración y búsqueda de oro durante el período colonial español entre los años 1500 y 1700 d. C., que se encontró a gran altura en el Bosque Experimental de Luquillo. (Fotografía de Iván Vicéns)

largo de varios ríos, incluso el Río Mameyes, donde se buscó oro en la cuenca alta hasta 1870 y debajo del puente conocido como Puente Roto hasta 1946. A nivel local, la minería tuvo impacto en las montañas. Los campos mineros dependían de la tala de árboles para la construcción de túneles, diques, canales, cabañas de protección, corrales para el ganado, leña y el transporte de los equipos (Anderson-Córdova, 2005). A lo largo de este período, los españoles usaron la resina de la *Dacryodes excelsa* para calafatear la madera de sus barcos.

Durante los años 1600, Puerto Rico permaneció aislado con solo tres áreas pobladas y residentes que vivían del contrabando. En la década de 1730, se introdujo y se plantó café en las laderas más bajas de la sierra de Luquillo. Entre los años 1772 y 1890, se produjo el asentamiento de ocho poblados alrededor de la sierra de Luquillo, con la mayor afluencia después de 1820. En 1815, la Cédula de Gracias concedió terrenos de la Corona sobre la isla para el desarrollo agrícola a fin de estimular la economía local a través de nuevas granjas y negocios. Durante la década de 1830, algunos de los terrenos puestos a disposición se ubicaban en la sierra de Luquillo. Entre mediados de la década de 1830 y mediados de la década de 1890, se talaban árboles de las laderas más bajas de las montañas, incluso en las cuencas de Bisley, Jiménez y Mameyes, y se exportaba a través del poblado costero de Luquillo. Se plantaban cultivos de subsistencia a medida que los terrenos de la Corona disminuían en la zona. No obstante, desde 1839, los españoles expresaron su preocupación respecto de la protección de los bosques, los peces y la vida silvestre de las montañas. En 1853, se enviaron dos silvicultores españoles a investigar y administrar los terrenos de la Corona,



*La tala de árboles se llevó a cabo en el bosque tropical montano bajo y en el bosque tropical montano desde el período de asentamiento inicial hasta principios de la década de 1950. (Fotografía de archivo del IITF)*

incluidos aquellos en la sierra de Luquillo. El siglo XIX en Puerto Rico se caracterizó por un rápido incremento de la población, una mayor demanda de tierras agrícolas, prácticas agrícolas deficientes, constantes conflictos políticos, una falta de comunicación entre los centros metropolitanos y la población rural, y la escasez de personal y presupuesto para las actividades forestales. Todo esto generó una dramática reducción de la superficie forestal de la isla (Dominguez Cristóbal, 1989).

## Proclamación del bosque y adquisición de tierras

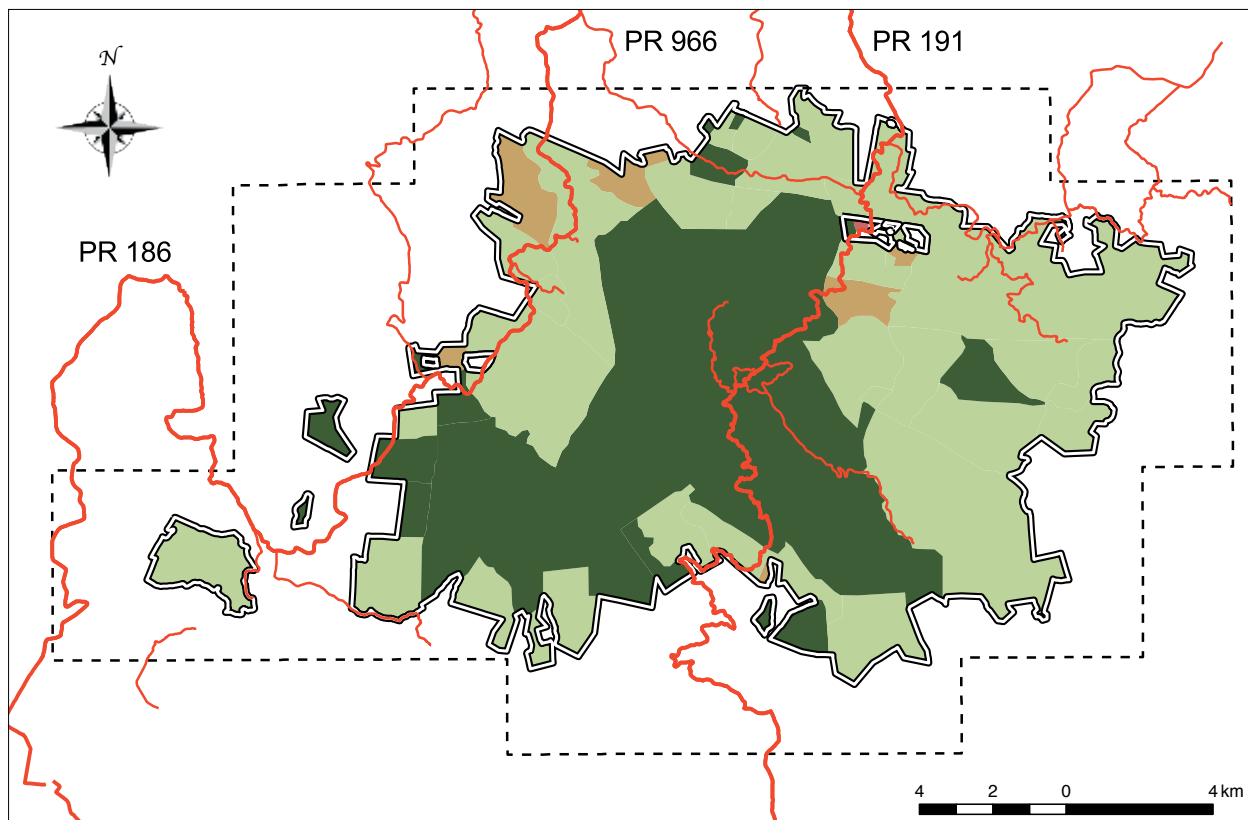
En 1876, el rey español Alfonso XII proclamó las reservas forestales en Puerto Rico, incluidas las 10 000 ha de la reserva forestal de Luquillo. En 1885, se asignó un guardabosque para patrullar la sierra de Luquillo. En aquel momento, los problemas de transporte eran el motivo principal que desalentaba la explotación de madera. En 1898, la Corona española cedió Puerto Rico a los Estados Unidos mediante el Tratado de París. Para ese entonces, se habían talado la mayoría de los bosques originales de la isla. Sin embargo, la sierra de Luquillo aún protegía aproximadamente 16 000 ha de bosque y arbustos, incluidas casi 2300 ha de bosque virgen a mayor altitud. En julio de 1898, Puerto Rico pasó a llamarse Porto Rico, una designación federal que permanecería hasta mayo de 1932.

Entre 1891 y 1897, el gobierno de los Estados Unidos aprobó dos leyes (la Ley de Revisión de Tierras y la Ley Administrativa Orgánica) que le permitieron al presidente reservar terrenos de bosques; en consecuencia, en 1903, el presidente Theodore Roosevelt proclamó los terrenos transferidos por la Corona como Reserva Forestal de Luquillo. Los límites de la proclamación original incluyeron aproximadamente 25 650 ha clasificadas como bosque público apenas el gobierno adquirió los terrenos; luego, ese límite se modificó. Aproximadamente 1200 ha seguían siendo propiedad del pueblo de Puerto Rico hasta 1916, cuando los terrenos se traspasaron legalmente al gobierno federal a través de una asamblea local legislativa. Entre 1903 y principios de 1930, el bosque nacional contenía 21 parcelas de tierra que sumaban en total el 44 % de lo que hoy es el LEF (Fig. 4). Entre 1933 y 1949, el gobierno federal adquirió o compró 48 parcelas adicionales que sumaban 5625 ha, o casi el 50 % del terreno actual, que se agregaron al bosque nacional. En 1970, se obtuvieron 19 parcelas que sumaban aproximadamente 635 ha o casi el 6 % del área total, mediante un intercambio. Toro Negro y St. Just, propiedades en otras partes de la isla que pertenecían al Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, se intercambiaron por extensiones de la sierra de Luquillo que se agregaron al bosque. Finalmente, a principios de la década de 1990, se compraron cuatro parcelas más con aproximadamente 37 ha, o aproximadamente el 0.3 %, lo que da un total de aproximadamente 11 310 ha.

La sierra de Luquillo tiene aproximadamente 19 660 ha y sus terrenos ocupan administrativamente ocho municipios: Ceiba (5.4 %), Fajardo (5 %), Juncos (4.1 %), Las Piedras (5.6 %), Loíza (11.5 %), Luquillo (10.8 %), Naguabo (22.6 %) y Río Grande (35 %) (Wadsworth, 1949). Hoy, el LEF está compuesto por uno de los mayores bloques de bosque de aproximadamente 11 000 ha y varias parcelas pequeñas y aisladas: tres en el suroeste (Arroyo, con 60.3 ha; La Condesa, con 219.7 ha; y Sandoval, con 12.6 ha), una en el sur (15.7 ha) y otras extensiones más pequeñas cerca de los límites noreste y sureste. Además, uno de los principales terrenos saneados, Barrio Mameyes Segundo, ocupa 54 ha y está ubicado al este y al oeste de la ruta PR 191 a 7.0 km (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997a) (Fig. 1). Tres otros terrenos saneados se ubican en la misma proximidad y dos más se sitúan a lo largo de la ruta PR 186. El área total de los terrenos saneados es de aproximadamente 70 ha.

## Apertura del bosque

Desde 1903 hasta 1918, el gobierno de los Estados Unidos no pudo prestarle demasiada atención al recientemente adquirido bosque nacional. Otros difíciles compromisos internacionales, entre ellos, la construcción del Canal de Panamá (1903-1914), las negociaciones de la compra de las Islas Vírgenes de los Estados Unidos (antes de 1917) y la Primera Guerra Mundial (1914-1918), tenían todo el protagonismo. Durante este período, continuaron desarrollándose en las sierras varias actividades, como la minería de placeres de oro, la extracción de madera y la producción de carbón. En 1905, existían



| Referencias                   | Adquisición de tierras     | Área (ha) | LEF (%) |
|-------------------------------|----------------------------|-----------|---------|
| — Rutas principales           | ■ Bosque Nacional en 1903  | 5040      | 44.6    |
| — Rutas secundarias           | ■ Adquisiciones hasta 1940 | 4648      | 41.1    |
| - - Límite de la proclamación | ■ Adquisiciones hasta 1970 | 1586      | 14.0    |
| — Límite del LEF              | ■ Adquisiciones recientes  | 36        | 0.3     |

### Adquisición de tierras

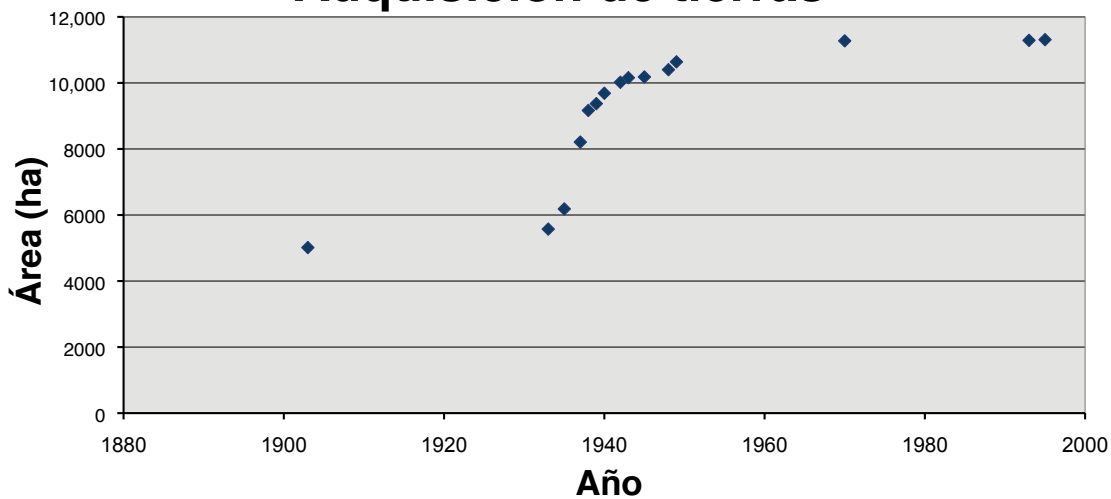


Figura 4: Adquisición de propiedades (extensiones) en el Bosque Experimental de Luquillo.

senderos angostos que se dirigían hacia El Yunque, sitios a través de las montañas al sur y dentro de las cuencas Espíritu Santo y Jiménez. En 1910, un funcionario del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, en una visita, encontró que los registros de posesión de propiedades en las montañas eran un caos. Entre 1912 y 1916, se hicieron sondeos y mapas del bosque nacional, y se marcaron los límites. Aquellos que practicaban la agricultura dentro de los límites fueron autorizados a continuar haciéndolo mediante un permiso.

Entre 1912 y 1926, el agua se desvió desde los límites del bosque para satisfacer las necesidades de las comunidades y los poblados alrededor de la sierra de Luquillo. En 1928, comenzó la construcción de la planta hidroeléctrica Río Blanco con tomas en los ríos Cubuy, Icacos, Prieto y Sabana. Durante la década de 1970, el mismo sistema suministró agua a la Estación Naval Roosevelt Roads cerca de Ceiba y la isla de Vieques. En 1950, San Juan comenzó a recibir agua a través de la reserva en la cuenca de Río Grande de Loíza. Hoy, se planifican dos nuevas reservas: una en Río Blanco al sur del bosque y otra cerca de la población de Juncos.

Desde 1919 a 1926, hubo aproximadamente 60 km de caminos de herradura distribuidos para patrullar los límites del bosque. Varios proyectos de construcción comenzaron en la sierra en la década de 1920, y su desarrollo continúa aún hoy, con los principales esfuerzos realizados en la década de 1930. Entre 1926 y 1929, se construyó la primera parte de la ruta PR 191 entre Palmer y Catalina (Fig. 1). En 1933, el Programa de Conservación de Emergencia comenzó un amplio proceso de reforestación, construcción de caminos y mejoras recreativas dentro de la sierra. Además, en 1928, se construyó un teleférico de vía estrecha en la cuenca del



*La construcción de la ruta PR 191 desde Palmer hasta Naguabo comenzó en 1926 y se completó en 1942. La ruta atravesaba la sierra de Luquillo y luego brindó acceso, mediante rutas secundarias, a las cumbres de El Yunque, Pico del Este y Pico del Oeste. (Fotografía de archivo del IITF)*

Río Blanco, justo debajo del límite sur del bosque, para desarrollar estructuras de control del agua sobre el Río Icacos y los arroyos cercanos que nacen en la sierra de Luquillo.

La participación militar de los Estados Unidos en la sierra de Luquillo comenzó en 1933 cuando los oficiales en la reserva del ejército de EE. UU. supervisaron por corto tiempo el Programa de Conservación de Emergencia de Puerto Rico; luego, la colaboración continuó con el Servicio Forestal en los proyectos del Cuerpo Civil de Conservación (CCC). En 1942, se iniciaron las preparaciones para la Segunda Guerra Mundial en la base caribeña a cargo de los ingenieros del ejército que construyeron una ruta y tendieron una línea telefónica hacia el pico El Yunque donde el Cuerpo de Señales del Ejército de los Estados Unidos operaba un sistema de radar de detección precoz que detectaba las aeronaves enemigas. En la década de 1960, con el permiso del Servicio Forestal, la Comisión de Energía Atómica, como parte del programa “Átomos para la paz”, inició el proyecto de radiación gama cerca de El Verde para determinar las ramificaciones del uso de dispositivos nucleares para excavar un canal propuesto a nivel del mar en Panamá. En 1963, el ejército de EE. UU. llevó a cabo un experimento de defoliación en 0.4 ha para probar el herbicida Agente blanco (Agent White) (2, 4-D y Picloram sin dioxina). En el mismo año, la marina estadounidense utilizó el emplazamiento electrónico en Pico del Este para rastrear misiles en un rango objetivo cerca de Vieques. Más adelante en la década de 1960, se instaló un radar de vigilancia para varias agencias, entre ellas, la Administración Federal de Aviación (FAA), que monitoreaba los vuelos que se acercaban al aeropuerto de San Juan. En 2003, la marina de EE. UU. salió de la Estación Naval Roosevelt Roads y discontinuó el uso del emplazamiento electrónico de Pico del Este.

Desde 1935 hasta 1943, el CCC implementó su programa de trabajo en cooperación con el Servicio Forestal construyendo 100 km de rutas y 80 km de senderos con el fin de abrir el bosque para el uso humano. En La Mina, los trabajadores del CCC construyeron dos áreas para picnic, 18 cabinas de piedra que luego se convirtieron en cabañas para picnic, dos piscinas para baño (Baño de Oro y Baño Grande), un criadero de peces y el pabellón El Yunque, que luego se convirtió en el restaurante Rain Forest. En las cumbres cercanas también se construyeron la torre Mt. Britton y el puesto de radar El Yunque; y en elevaciones menores, cuarteles y refugios para la noche en los senderos de El Toro y El Yunque. Abierta al público en 1934, el área de recreación La Mina se hizo inmediatamente popular entre los isleños. El área de recreación y las mejoras posteriores permanecen hoy. Sin embargo, falló el intento de introducir la trucha arcoíris en los ríos del LEF. En 1935, se aceptaron postulaciones para la construcción de ocho cabañas de verano cerca de La Mina. Poco tiempo después, se construyeron dos carreteras, las rutas PR 930 y PR 9938, para alojar aproximadamente 20 cabañas adicionales. Más tarde, se retiraron todas las cabañas, excepto tres.

En 1937, la Administración de Reconstrucción de Puerto Rico construyó la estación de campo El Verde, que representa el principal sitio de investigación desde principios de los



ARRIBA, IZQUIERDA: Finalizado en 1982, el Centro de Servicios de Catalina alberga las oficinas administrativas del Servicio Forestal para los especialistas en vida silvestre, recursos hídricos y gestión del bosque. (Fotografía de Peter L. Weaver) abajo izquierda: Durante mediados de la década de 1930, se introdujeron huevos de truchas arcoiris importados desde los Estados Unidos en esta piscina circular a lo largo de uno de los senderos dentro del Bosque Experimental de Luquillo. (Fotografía de Iván Vicéns) arriba derecha: La torre Mt. Britton se construyó en 1938 para conmemorar a Nathaniel Britton, un botánico del Jardín Botánico de Nueva York que juntó plantas durante las expediciones a El Yunque desde 1913 a 1917. (Fotografía de Iván Vicéns) abajo derecha: La torre de observación El Yunque y los edificios para almacenamiento se construyeron en 1938 como medidas defensivas. (Fotografía de Peter L. Weaver)

años 60. En 1949, comenzó la construcción del Centro de Comunicación Electrónica del pico El Yunque y las instalaciones se consolidaron entre 1974 y 1995. En 1950, se estableció el campamento para niñas exploradoras Eliza Colberg cerca de El Verde. En 1963, se inauguraron las instalaciones de radar en Pico del Este y en la torre Yokahú a lo largo de la ruta PR 191. En 1976, comenzó a funcionar el programa del Cuerpo de Conservación Juvenil (YCC) y, en 1982, el Centro de Servicios de Catalina abrió como el nuevo complejo de oficinas del Servicio Forestal.

La ruta PR 191, la principal ruta forestal, se completó en 1942 y sirvió al público hasta 1970, cuando se cubrió con importantes desprendimientos en la cuenta del Río Icacos. Se intentaron reparaciones a mediados de la década del 70, pero los planes de reconstrucción se abandonaron en 1992. Otras 16 rutas presentes hoy se construyeron dentro de los bosques y a lo largo de sus límites en distintos momentos (Fig. 5) (Tabla 3). A los fines prácticos, se las puede dividir en tres grupos principales:

1. Las rutas de acceso a la ruta PR 191 (ruta Mameyes-Río Blanco), que incluyen la ruta PR 930 (ruta Molindero), la ruta PR 9938 (ruta Mt. Britton) y la ruta FS-10 (ruta El Yunque),

se construyeron a fines de la década de 1930. La ruta FS-27 (ruta Pico del Este) se construyó entre 1958 y 1962. Estas rutas sirven de acceso a áreas de recreación o a los puntos de observación del gobierno federal.

2. La ruta PR 186 (ruta El Verde) se construyó en etapas entre 1945-1948 y 1955-1957. Sus principales rutas de acceso, la ruta PR 946 (ruta Cubuy), la ruta PR 956 (ruta Guzmán Arriba) y la ruta PR 9948 (sin nombre local), se construyeron entre 1935 y la década del 70 para servir a asentamientos dentro de las áreas correspondientes. Las conexiones de las rutas PR 911 (ruta Sonadora), PR 903 (enlace de estación El Verde) y PR 963 (enlace Eliza Colberg) con la ruta PR 186 se construyeron entre fines de la década de 1930 y fines de la década de 1940 para acceder a instalaciones del Servicio Forestal a lo largo del límite oeste del LEF. El enlace del Cuerpo de Conservación Juvenil se construyó en 1973.

3. El último grupo de rutas se ubicó dentro o cerca del límite norte del LEF. Las rutas PR 966 (ruta Jiménez), PR 983 (ruta Sabana-Pitahaya) y PR 988 (ruta Sabana-Catalina) conectaban carreteras y asentamientos principales. Estas rutas también podían servir para la extracción de madera que se estaba considerando a lo largo del límite norte del

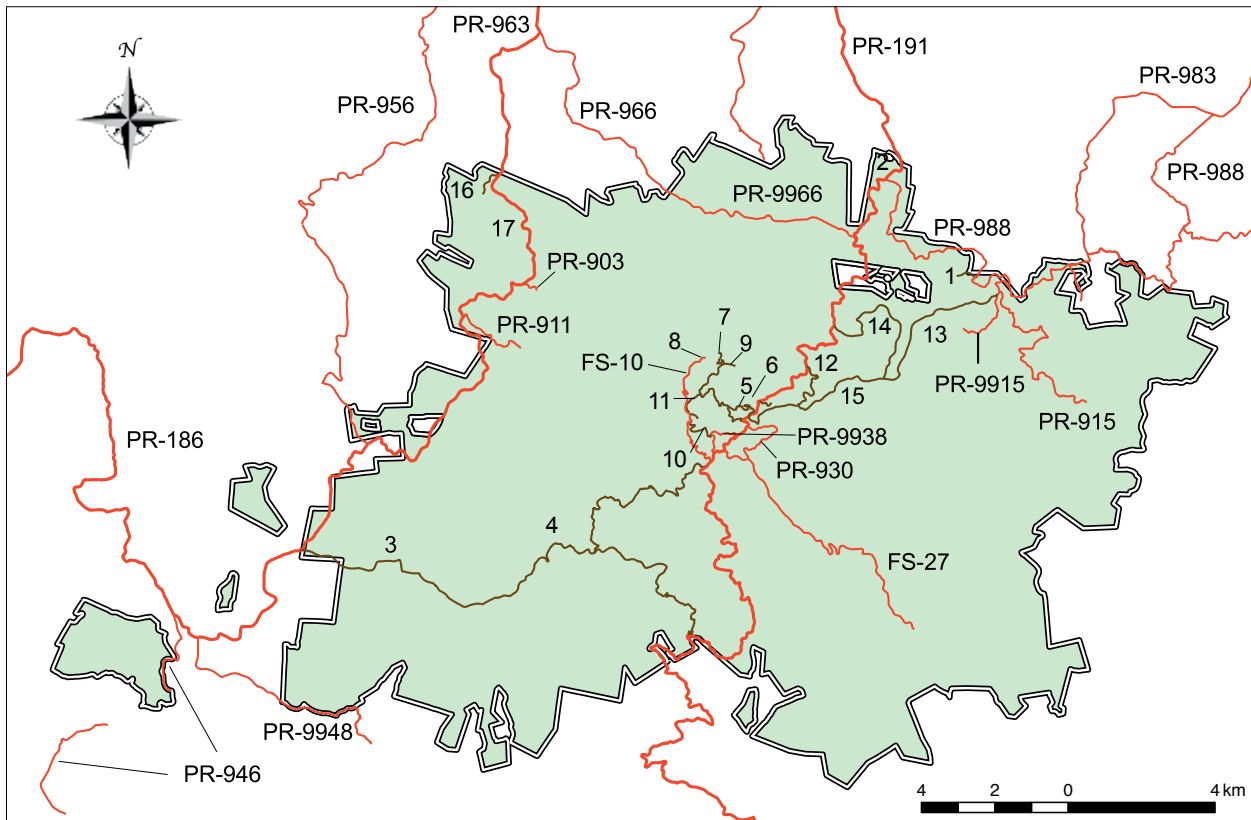
**Tabla 3: Principales rutas y vías de conexión dentro del Bosque Experimental de Luquillo y en sus límites**

| Fecha(s) <sup>a</sup>  | N.º de ruta longitud (km) <sup>a</sup> | Nombre de la ruta                    | Comentario breve: propósito de la ruta y notas   |
|--|--|--------------------------------------|--|
| <b>Ruta PR 191 y rutas de acceso</b>                                       |  |                                      |  |
| 1926-1942  | PR 191 (18.6)                          | Mameyes-Río Blanco                   | La carretera del bosque diseccionó el LEF hasta que en 1970 un desprendimiento bloqueó el camino en el km 13 <sup>p</sup> .  |
| finés de los años 30   | PR 930 (1.3)                           | Molindero                            | Cabañas de veraneo cerca del Área de Recreación La Mina.   |
| finés de los años 30   | PR 9938 (0.8)                          | Mt. Britton                          | Cabañas de veraneo; también sirve de acceso al sendero Mt. Britton.  |
| finés de los años 30   | FS 10 (2.0)                            | El Yunque                            | Poste de observación militar antes y durante la Primera Guerra Mundial; pavimentado en 1943.   |
| 1958-1962  | FS 27 (5.0)                            | Pico del Este                        | Acceso al domo del radar de Pico del Este usado por la Administración Federal de Aviación; también para las maniobras de la marina estadounidense en Roosevelt Roads y Vieques hasta 2003. |
| <b>Ruta PR 186 y rutas de acceso</b>                                       |  |                                      |  |
| 1943-1957  | PR 186 (8.0)                           | El Verde                             | Construida en etapas para servir al público y dar acceso a la parte oeste del bosque; superficie rocosa hasta 1943; construcción posterior realizada en 1945-1948 y 1955-1957.             |
| 1934-1947  | PR 956 (0.6)                           | Guzmán Arriba                        | Construida en etapas para servir la zona de Guzmán Arriba.   |
| finés de los años 30   | PR 911 (0.1)                           | Enlace Sonadora                      | Acceso a la estación hídrica en terrenos del LEF.  |
| ~1938  | PR 903 (0.3)                           | Enlace El Verde                      | Acceso a la Estación de Campo El Verde; mejorada más adelante.   |
| ~1948  | PR 963 (0.5)                           | Enlace al campamento de exploradores | Acceso al campamento de niñas exploradoras Eliza Colberg.  |
| ~1955  | PR 946 (0.7)                           | Cubuy                                | Para servir al público cerca de la aislada propiedad atípica del LEF llamada La Condesa.   |
| ~1973  | PR 9948 (1.0)                          | Ninguno                              | Para servir al público que vive cerca del bordo suroeste aislado del LEF.  |
| ~1973  | Enlace (0.2)                           | Enlace a Job Corps                   | Acceso al campamento del Cuerpo de Conservación Juvenil.   |
| <b>Rutas a lo largo del límite norte o noroeste del bosque, o cercanas</b> |  |                                      |  |
| finés de 1960  | PR 966 (3.4)                           | Jiménez                              | Originalmente, para exportar madera desde el área de trabajo propuesta Jiménez.  |
| finés de 1960  | PR 9966                                | Jiménez (extensión)                  | Conecta PR 186 y PR 191.   |
| ~1962  | PR 983 (0.5)                           | Sabana-Pitahaya                      | Sirve a Sabana y al área vecina; más tarde, se extiende al sur hacia el borde forestal noreste.  |
| 1965-1972  | PR 988 (4.5)                           | Sabana-Catalina                      | Conecta las carreteras PR 191 y PR 983 cerca de Sabana.  |
| 1942   | PR 915 (1.0)                           | Cristal                              | Acceso a la madera en el valle superior Cristal; nunca se completó; hoy es sendero para excursiones.   |
| 1943   | PR 9915 (1.3)                          | Bisley                               | Originalmente, para exportar madera; desde 1985, para realizar investigaciones de la LTERc.  |

<sup>a</sup>Las fechas y las longitudes (km) de las rutas son las mejores estimaciones que se basan en planes aprobados o presuntos datos de construcción (El Yunque Forest, 2009; ver referencias).

<sup>b</sup>LEF = Bosque Experimental de Luquillo; Fuente: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU. (2009); ver referencias.

<sup>c</sup>LTER = Investigación Ecológica a largo plazo.



|                     |   |                      |  |
|---------------------|---|----------------------|--|
| <b>Referencias</b>  | <b>Senderos forestales (los asteriscos indican senderos con entradas)</b> |                      |  |
| — Senderos          | 1 Angelito*   | 7 El Yunque          | 13 Carillo   |
| — Rutas principales | 2 El Portal   | 8 Roca El Yunque     | 14 La Coca*  |
| — Rutas secundarias | 3 El Toro   | 9 Los Picachos       | 15 La Mina   |
| — Límite del LEF    | 4 Tradewinds*   | 10 Mt. Britton*      | 16 Enlace al campamento Eliza Colberg                      |
|                     | 5 Baño de Oro   | 11 Torre Mt. Britton | 17 Enlace al campamento del Cuerpo de Conservación Juvenil |
|                     | 6 Caimitillo  | 12 Big tree*         |  |

Figura 5: Rutas y senderos para excursiones en el Bosque Experimental de Luquillo.

LEF. Dos rutas más pequeñas, la PR 9915 (ruta Bisley) y la PR 915 (ruta Cristal), que servían a comunidades vecinas, se mejoraron en anticipación a la explotación forestal planificada para fines de la década de 1950.

En 1996, el Centro Forestal Tropical El Portal abrió al público. Han transcurrido más de 60 años desde que abrió la primera área de recreación en La Mina y aproximadamente 35 años desde que el primer y pequeño centro de información al turista atendió al público en ese sitio.

## Gestión del bosque

Durante casi un siglo, los silvicultores de la isla participaron de la planificación y la gestión del bosque. En la década de 1920, comenzaron a operar aserraderos a elevaciones menores cerca del límite del bosque. Las maderas más valiosas para la construcción de muebles eran *Dacryodes excelsa*, *Magnolia splendens*, *Manilkara bidentata* y *Ocotea moschata*. En 1931, se establecieron las primeras plantaciones de caoba dentro del bosque y, en el año 1949, todas las plantaciones de árboles sumaban un total de más de 1500 ha (Fig. 6).

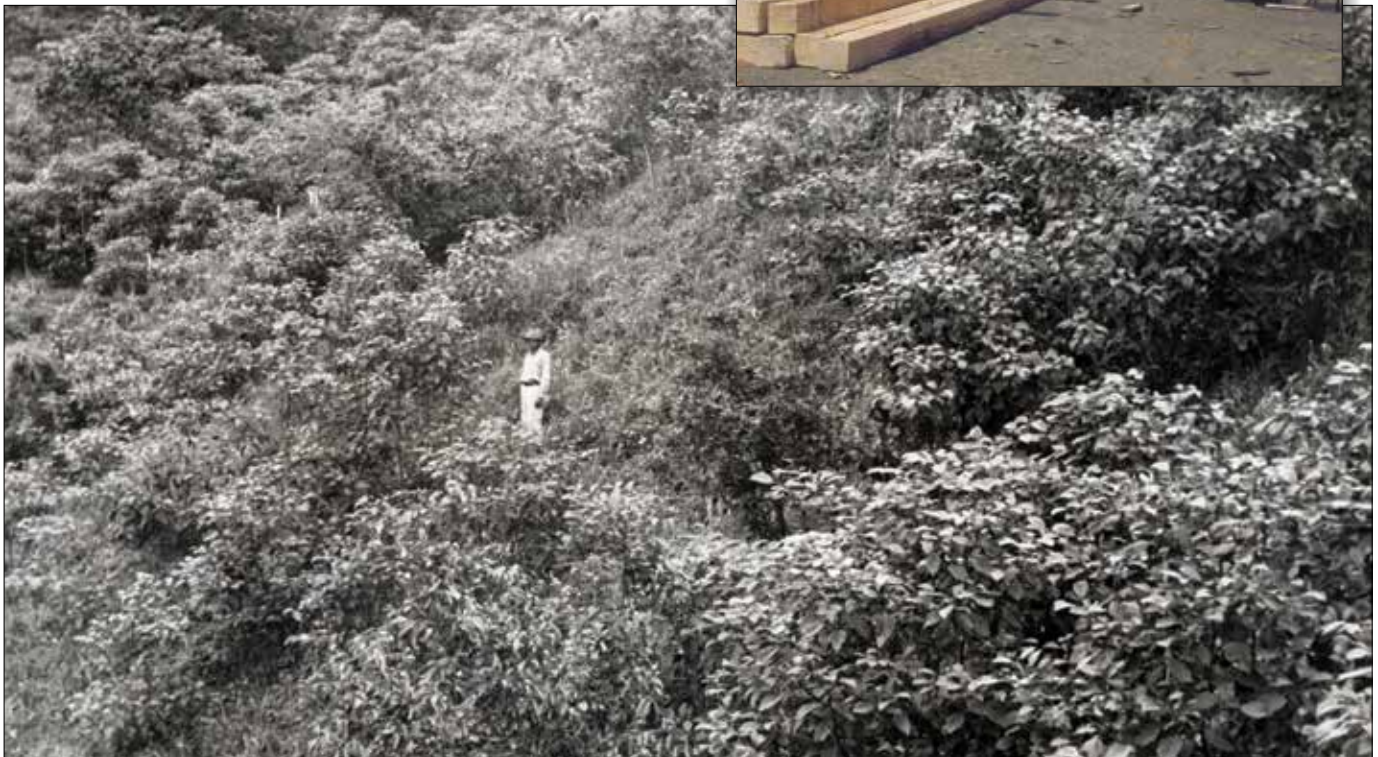
En 1932, el supervisor forestal (Apéndice B) completó una declaración de política que describía la protección del bosque y la producción de madera. Antes de 1932, no se había vendido madera en el bosque nacional, pero el Servicio Forestal permitió la remoción de árboles dañados por el huracán San Felipe en 1928. Entre 1932 y 1962, se implementaron cuatro estudios forestales sistemáticos, que incluyeron una estimación del volumen de madera en árboles sobre 6900 ha a fin de determinar la carga, la madera para aserrío y la regeneración. Además, entre 1932 y 1949, se realizaron ventas de madera sobre 2150 ha que produjeron más de 293,000 m<sup>3</sup>, incluidas madera para aserrío (11 %), postes (6 %) y leña (83 %). Desde 1937 hasta 1943, un aserradero ubicado en Sabana cortaba madera para el uso de residentes temporales (los parceleros) que vivían dentro del bosque. La cantidad de parceleros aumentó de una persona en 1919 a aproximadamente 220 familias hacia el año 1940; en 1953, todos los parceleros habían salido del bosque. Los parceleros tenían una casa, una cisterna y acceso a tierras durante un período de tiempo. Ocupaban extensiones donde tenían permitido cultivar alimentos junto con árboles (es decir, un sistema llamado taungya o agrosilvicultura), por lo que gradualmente se reforestaron las tierras federales.

En 1945, se llevaron a cabo mejoras en los árboles en pie para aliviar la crisis de energía de posguerra y crear puestos de trabajo. También en 1945, se introdujo por primera vez el bambú exótico para ayudar a estabilizar los suelos. En 1949, las estufas a keroseno eliminaron el mercado del carbón, pero la explotación de *Magnolia splendens* para la fabricación de muebles de calidad continuó entrada la década de 1950, llegando a las elevaciones menores del bosque montano en algunas áreas.

En 1950, el Departamento de Agricultura del Puerto Rico estableció un vivero forestal a lo largo del límite norte en Catalina donde operó hasta 1974 (Fig. 6). A principios de la década de 1950, se diseñó un plan de gestión de la madera y usos múltiple para el bosque. Entre los temas considerados estaban la producción de madera, la conservación de las cuencas, la investigación, la protección de los bosques de alta elevación y el hábitat de los loros. Las zonas de producción de madera se dividieron en áreas de trabajo (es decir, aproximadamente el 20 % del bosque) según los inventarios anteriores (Tabla 4). Las especies arbóreas se clasificaron según su valor conforme a las propiedades de la madera, el tamaño, la resistencia a patógenos y la disponibilidad (Tabla 5). En 1955, la explotación dentro del bosque cesó finalmente cuando la caoba importada deprimió la demanda de madera local. Sin embargo, en 1956, el Servicio Forestal comenzó a construir rutas de acceso a la madera hacia las zonas de trabajo Bisley, Espíritu Santo, Jiménez y Sabana a lo largo de los límites norte y oeste del LEF (Fig. 5) (Tabla 4). Las

rutas se anticipaban a la futura explotación forestal en áreas designadas para la gestión de la madera (Fig. 7).

Entre 1956 y 1978, se inició la gestión forestal piloto sobre más de 2800 ha de terrenos designados para la producción de madera. Las actividades de campo incluyeron la liberación de árboles de cultivo y el establecimiento de plantaciones. En 1961, se estableció un arboreto en Caracoles a lo largo de la ruta PR 186 en la zona más seca del bosque. La plantación en línea de caoba comenzó en 1963 sobre las laderas bajas del norte cerca de Sabana y, para mediados de la década de 1970, las plantaciones cubrían aproximadamente 1275 ha. En 1965, el Servicio Forestal diseñó un plan de gestión de la madera. El plan se basó en información del inventario anterior y los datos de crecimiento que permitieron estimaciones de los volúmenes de madera para una explotación sostenible. En 1986, la Agencia desarrolló un plan más elaborado para el uso del suelo y la gestión de los recursos, esta vez con



ARRIBA: Una plantación de *Cordia alliodora* a principios de los años 30 en Del Valle que promediaba unos 3 m de altura luego de 1.3 años. arriba derecha: Desde los años 20 hasta los años 40, tres aserraderos operaban en las cuencas bajas de Espíritu Santo y Sabana, proveyendo de madera del bosque tropical montano bajo. (Fotografía de archivo del IITF)

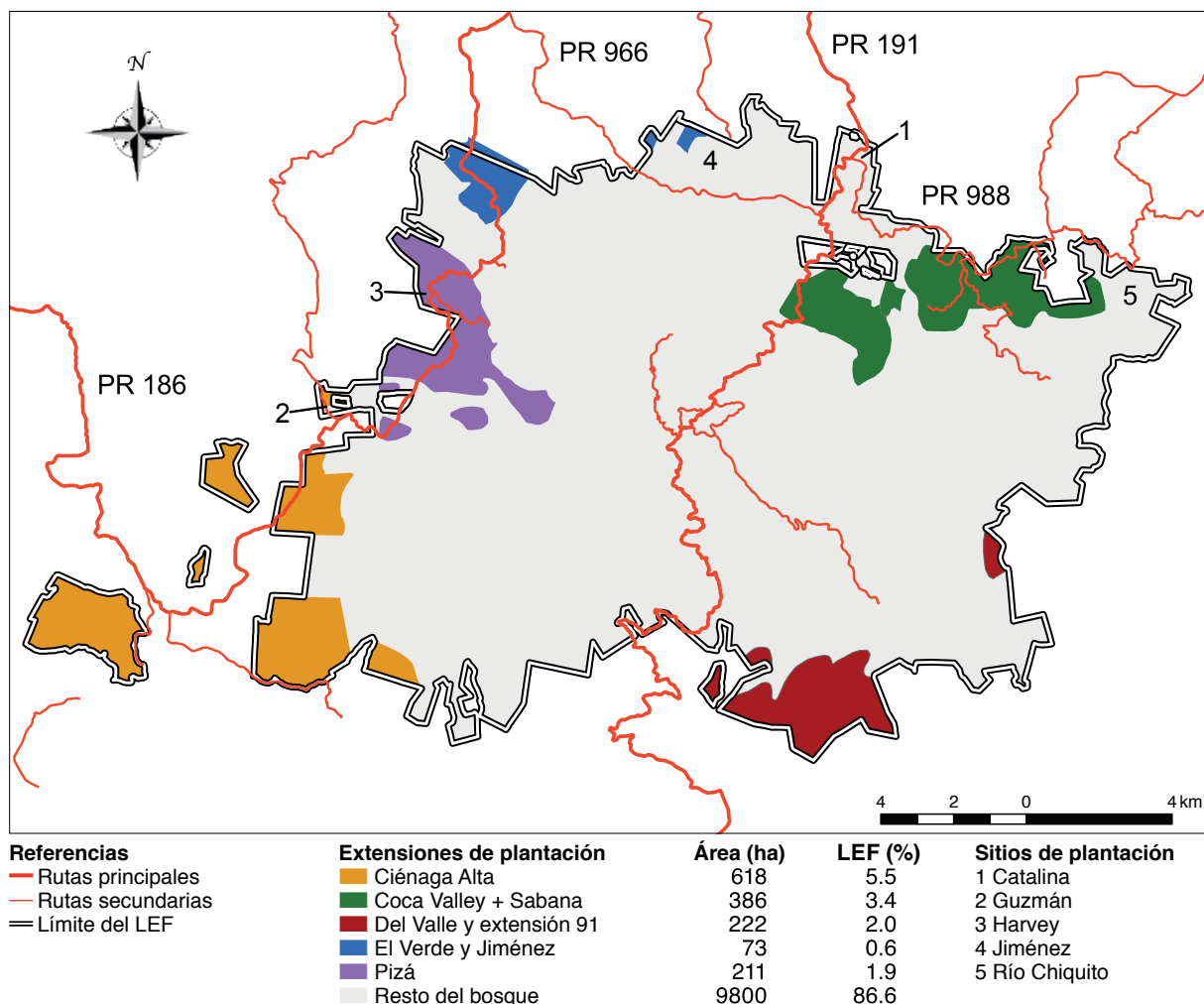


Figura 6: Sitios de plantaciones en el Bosque Experimental de Luquillo en 1947.

comentarios invitados del público. El plan de 1986 estuvo acompañado de varias alternativas de gestión, incluida la producción de madera. También hubo un registro de la decisión y una declaración de impacto ambiental. Sin embargo, a fines de la década de 1980, el público ya no consideraba que la tala sea adecuada en el LEF. El plan se revisó y se adoptó en 1997 sin gestión de la madera.

En 1992, se completó el primer plan interpretativo para la educación pública para el bosque. El plan se revisó y se actualizó más adelante para ser un plan maestro de educación interpretativa integral y sobre la conservación. En 1999, se desarrolló un programa de educación ambiental para maestros para complementar recorridos en el bosque; además, en 2002, se publicaron guías interpretativas en inglés y español. Una grave sequía a mediados de la década de 1990 y el mayor uso del bosque nacional generaron preocupaciones adicionales. En 1994, se diseñó un plan de emergencia para suministrar agua de los ríos del bosque durante períodos de sequía prolongada. Además, se completó en 2002 un estudio de transporte forestal en el que se concluyó que se debía implementar un sistema de tránsito masivo para la ruta PR 191 a fin de aliviar la congestión durante la época festiva y otros períodos de uso intenso.

Todo el LEF se proclamó Reserva Biosférica en 1976 (Tabla 2). Otras designaciones separadas dentro del bosque incluyen: Área Natural Baño de Oro en 1949, un emplazamiento de investigación ecológica a largo plazo (LTER) en 1985 y un emplazamiento de red ecológica a largo plazo (es decir, la Parcela Dinámica Forestal de Luquillo o LFDP) en 1990. También se designaron tres estrechos como río paisajísticos y un estrecho como río salvaje en 2002, y el Área silvestre El Toro en 2005. Todas las áreas designadas por separado representan aproximadamente el 70 % del bosque total.

## Investigación y capacitación en el bosque

La investigación comenzó con los primeros biólogos de campo y continúa hoy con varios proyectos en marcha. En 1797, Pierre Ledru exploró el noreste de Puerto Rico y recolectó especímenes de plantas. Durante los siglos XIX y XX, varios botánicos, entre los que se incluyen el suizo Heinrich Wydler (1797-98), el danés Henrick F.A. von Eggers (1883), el alemán Paul Ernst Emil Sintenis (1885) y el puertorriqueño



*ARRIBA, IZQUIERDA: Casa típica del bosque. Entre 1919 y 1953, los residentes del bosque (parceleros) ocupaban extensiones donde tenían permitido cultivar alimentos junto con árboles (es decir, un sistema llamado taungya o agrosilvicultura), por lo que gradualmente se reforestaron partes del Bosque Experimental de Luquillo. ARRIBA DERECHA: La producción de carbón, común en varias áreas dentro de la sierra de Luquillo, se permitió después de los huracanes y durante las operaciones silviculturales. La práctica sobrevivió hasta la introducción de las estufas a keroseno en 1949. ARRIBA: Ubicado a lo largo del borde del Bosque Experimental de Luquillo, el vivero de Catalina produjo plantas para los proyectos de reforestación entre 1950 y 1974. (Fotografía de archivo del IITF)*

Rican Augustín Stahl (1898), visitaron la sierra de Luquillo y recolectaron plantas. Los norteamericanos Percy Wilson (1902) y W.A. Evans (1902) también recolectaron plantas en la sierra, subiendo hacia El Yunque. Aunque el alemán Ignatz Urban (1903-11) nunca visitó la isla, recolectó plantas de las Antillas, incluido Puerto Rico, y luego publicó *Flora Portoricensis*. Entre los años 1913 y 1917, Nathaniel Britton y los colegas Henry A. Gleason y Melville T. Cook del Jardín Botánico de Nueva York contribuyeron al estudio científico de Puerto Rico y las Islas Vírgenes de Estados Unidos, y publicaron sus observaciones detalladas entre 1923 y 1930. Entre 1905 y 1932, varios otros científicos estadounidenses que visitaron el lugar proporcionaron información sobre la sierra, entre los que se encuentran: John C. Gifford, Louis Murphy y E. Murray Bruner sobre recursos forestales; Alexander Wetmore sobre pájaros; H.E. Anthony sobre murciélagos nativos; y W.P. Kramer sobre política forestal. En 1933, Leslie R. Holdridge comenzó un herbario del Servicio Forestal y contribuyó con varios especímenes recolectados de la sierra de Luquillo. También en 1933, Howard Augustus Meyerhoff describió los recursos geológicos de la isla, incluidos los de la sierra de Luquillo. La historia de la minería y los prospectos minerales dentro de la sierra se resumirían 50 años después. Otros botánicos y silvicultores de renombre que trabajaron en el campo desde principios de la década de 1940 hasta los años 1990 incluyeron Elbert L. Little, Jr., Frank H. Wadsworth y Roy O. Woodbury. Publicaron textos y varios artículos de investigación sobre recursos forestales, incluidos los árboles de Puerto Rico. Henri A. Liogier, Luis F. Martorell y Richard A. Howard, todos notables taxónomos activos al mismo tiempo, publicaron textos sobre la flora de Puerto Rico y las Antillas.

Entre 1935 y 1939, se llevó a cabo una pequeña mejora en la explotación de madera de escala en los bosques de los valles Espíritu Santo y Mameyes. En 1938, se establecieron parcelas de estudio sobre 55 ha para evaluar los resultados. En 1939, la Estación Experimental de Dasonomía Tropical, ahora el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IITF), se estableció conforme a la Ley McSweeney- McNary para implementar la investigación forestal en Puerto Rico. Antes de 1939, la experiencia en campo guiaba las prácticas forestales. Durante los 70 años del instituto, el personal publicó una revista forestal desde 1939 hasta 1964, llevó a cabo aproximadamente 2600 estudios de investigación, evaluó más de 100 especies nativas e introdujo 350 especies de árboles, y estableció una de las mejores bibliotecas sobre dasonomía tropical en el hemisferio. Muchos de los documentos de investigación y artículos de divulgación tenían como base el trabajo en la sierra de Luquillo.

En 1943, la investigación a largo plazo comenzó sobre una parcela permanente de 0.72 ha ubicada en El Verde y, al final de la década, los científicos locales resumieron las investigaciones sobre los recursos y las plantaciones forestales a fin de producir un mapa del tipo de bosques. Para el año 1956, más de 400 parcelas permanentes, incluso el estudio de gestión piloto, se habían establecido en tres tipos de bosques diferentes para determinar la composición de las especies, las características del grupo y el potencial para la producción de madera.

Tabla 4: Áreas de trabajo propuestas para la producción de madera en el Bosque Experimental de Luquillo

| Áreas de trabajo <sup>a</sup> | Ha del área |
|-------------------------------|-------------|
| Cacique                       | 502         |
| Ciénega Alta                  | 808         |
| Cristal                       | 499         |
| Cubuy                         | 289         |
| Espíritu Santo                | 789         |
| Fajardo                       | 665         |
| Gurabo                        | 510         |
| Icaco                         | 1173        |
| Jiménez                       | 763         |
| La Mina                       | 732         |
| <b>Total</b>                  | <b>6730</b> |

<sup>a</sup>Fuente: Wadsworth (1949).

A lo largo de los años, se llevaron a cabo además otros estudios sobre los recursos. En 1942, las secciones de aforo de los ríos se monitorearon por primera vez en los ríos Espíritu Santo e Icacos. En 1943, se desarrollaron mapas topográficos para las montañas y en 1952, estos se revisaron. A principios de la década de 1960, la Universidad de Puerto Rico comenzó estudios biológicos en el bosque montano bajo cerca de El Verde y en 1990 se estableció cerca la red ecológica a largo plazo. La investigación en el bosque enano comenzó en Pico del Este y Pico del Oeste durante mediados de los años 60 y la investigación ecológica a largo plazo comenzó en Bisley en 1986. Después de mediados de la década de 1960, aumentaron significativamente las publicaciones científicas, como artículos de divulgación, libros e informes técnicos del Servicio Forestal. La mayoría de estas publicaciones se refería a trabajos llevados a cabo en los sitios mencionados.

Después de 1960, las continuas investigaciones sobre la vida silvestre en la sierra de Luquillo documentaron ganancias, pérdidas y cambios en algunas poblaciones animales. En 1963, se descubrió el *Eleuthrodactylus hedricki* (coquí de Hedrick) y el *Corvus leucognaphallus* (cuervo de cuello blanco) fue registrado por última vez. En 1968, se llevó a cabo el estudio de *Amazona vittata* (cotorra puertorriqueña), especie rara y en peligro de extinción. Su población disminuyó de 200 a solo 13 pájaros entre mediados de los años 50 y principios de los años 70. En 1968, se implementó el programa de recuperación de la cotorra a través de la cooperación de las agencias gubernamentales federales y del Estado Libre Asociado de Puerto Rico. En 1975, ocho pájaros cautivos fueron colocados en los cuarteles de La Mina, que se convirtió en un aviario de cotorras. En 1971, cuando se creía que se conocían todas las especies de pájaros de la isla, se descubrió la *Dendroica angelae* (reinita de Ángela) en el bosque enano del LEF.

**Tabla 5: La clasificación de las especies de madera en el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>**

| Tipo de bosque<br>Nombre científico <sup>b</sup>    | Calificación <sup>c</sup> | Usos <sup>d</sup> | Madera <sup>e</sup> | Termitas <sup>f</sup> | Incremento anual medio      |                             |
|---|---------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|   |                           |                   |                     |                       | cm año-1 (no.) <sup>g</sup> | cm año-1 (no.) <sup>h</sup> |
| <b>Bosque tropical montano bajo</b>                 |                           |                   |                     |                       |                             |                             |
| <i>Alchornea latifolia</i> Sw.                      | 37                        | P                 | L                   | 21                    | 0.21 (6)                    | 0.38 (225)                  |
| <i>Alchorneopsis portoricensis</i> Urban            | 41                        | P                 |                     |                       | 0.45 (4)                    |                             |
| <i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC.               | 24                        | P                 | L                   | 46                    |                             |                             |
| <i>Beilschmiedia pendula</i> (Sw.) Hemsl.           | 17                        | C                 | L                   |                       |                             |                             |
| <i>Buchanania tetraphylla</i> (Aubl.) R. Howard     | 4                         | M                 | L                   | 69                    | 0.19 (7)                    | 0.69 (41)                   |
| <i>Byrsonima spicata</i> (Cav.) HBK                 | 26                        | P                 | L                   | 39                    | 0.17 (9)                    | 0.48 (61)                   |
| <i>Chrysophyllum oliviforme</i> L.                  | 18                        | C                 |                     |                       |                             |                             |
| <i>Cinnamomum elongatum</i> (Nees) Kostermans       | 16                        | C                 |                     |                       |                             |                             |
| <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Oken          | 7                         | M                 | L                   | 60                    |                             |                             |
| <i>Cupania americana</i> L.                         | 31                        | P                 |                     |                       |                             |                             |
| <i>Dacryodes excelsa</i> Vahl                       | 2                         | M                 | L                   | 31                    | 0.16 (167)                  | 0.36 (207)                  |
| <i>Genipa americana</i> L.                          | 21                        | C                 | L                   | 34                    |                             |                             |
| <i>Guarea guidonia</i> (L.) Slumer                  | 1                         | M                 | L                   | 70                    |                             | 0.81 (18)                   |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.                       | 36                        | P                 |                     | 33                    |                             |                             |
| <i>Hernandia sonora</i> L.                          | 23                        | C                 | L                   |                       |                             |                             |
| <i>Homalium racemosum</i> Jacq.                     | 9                         | C                 | L                   | 71                    | 0.19 (4)                    | 0.50 (36)                   |
| <i>Hymenaea courbaril</i> L.                        | 13                        | C                 | L                   | 88                    |                             |                             |
| <i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.                    | 29                        | P                 | L                   |                       | 0.14 (6)                    | 0.46 (150)                  |
| <i>Laetia procera</i> (Poeppig) Eichler             | 38                        | P                 |                     |                       |                             |                             |
| <i>Laplacea portoricensis</i> (Krug and Urban) Dyer | 28                        | P                 |                     |                       | 0.11 (5)                    |                             |
| <i>Linociera domingensis</i> Lam.                   | 27                        | P                 |                     | 46                    |                             | 0.37 (20)                   |
| <i>Mammea americana</i> L.                          | 15                        | C                 | L                   | 30                    |                             |                             |
| <i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) Chev.           | 8                         | C                 | L                   | 58                    | 0.12 (15)                   | 0.55 (49)                   |
| <i>Matayba domingensis</i> (DC.) Radlk.             | 30                        | P                 | L                   |                       | 0.26 (33)                   | 0.44 (96)                   |
| <i>Meliosma herbertii</i> Rolfe                     | 20                        | C                 | L                   |                       | 0.07 (11)                   |                             |
| <i>Ocotea coriacea</i> (Sw.) Britton                | 40                        | P                 | L                   | 53?                   |                             |                             |
| <i>Ocotea globosa</i> (Aubl.) Schlect & Cham.       | 19                        | C                 |                     | 53?                   |                             |                             |
| <i>Ocotea leucoxydon</i> (Sw.) Mez.                 | 25                        | P                 | L                   | 48                    |                             | 0.35 (128)                  |
| <i>Ocotea membranaceae</i> (Sw.) Howard             | 34                        | P                 | L                   | 53?                   |                             |                             |
| <i>Ocotea moschata</i> (Meisn.) Mez.                | 5                         | M                 | L                   | 36                    | 0.07 (23)                   |                             |
| <i>Ocotea nemodaphne</i> Mez.                       | 22                        | C                 |                     |                       |                             |                             |
| <i>Ocotea patens</i> (Sw.) Nees.                    | 39                        | P                 |                     |                       |                             |                             |
| <i>Ormosia krugii</i> Urban                         | 32                        | P                 | L                   |                       | 0.37 (21)                   | 0.48 (77)                   |
| <i>Petitia domingensis</i> Jacq.                    | 6                         | M                 | L                   | 51                    |                             |                             |
| <i>Phoebe elongata</i> (Vahl) Nees                  | 33                        | P                 |                     |                       |                             |                             |
| <i>Pouteria multiflora</i> (A. DC.) Eyma            | 10                        | C                 | L                   |                       |                             |                             |
| <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Mcguire        | 42                        | P                 | L                   |                       | 0.23 (36)                   | 0.35 (193)                  |
| <i>Sloanea berteriana</i> Choisy                    | 11                        | C                 | L                   | 53                    | 0.09 (31)                   | 0.46 (66)                   |
| <i>Tabebuia heterophylla</i> (DC.) Britton          | 14                        | C                 | L                   | 34                    | 0.19 (10)                   | 0.29 (514)                  |
| <i>Tetragastris balsamifera</i> (Sw.) Kuntze        | 3                         | M                 | L                   | 45                    |                             |                             |
| <i>Vitex divaricata</i> Sw.                         | 12                        | C                 | L                   | 42                    |                             |                             |
| <i>Zanthoxylum martinicense</i> (Lam.) DC.          | 35                        | P                 | L                   |                       |                             | 0.39 (5)                    |
| <b>Medias</b>                                       |                           |                   |                     |                       | <b>0.18 (388)</b>           | <b>0.46 (1559)</b>          |

(la tabla continúa en la página siguiente)

**Tabla 5 (continuación): La clasificación de las especies de madera en el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>**

| Tipo de bosque                                 | Calificación <sup>c</sup> | Usos <sup>d</sup> | Madera <sup>e</sup> | Termitas <sup>f</sup> | Incremento anual medio      |                             |
|--|---------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Nombre científico <sup>b</sup>                 |                           |                   |                     |                       | cm año-1 (no.) <sup>g</sup> | cm año-1 (no.) <sup>h</sup> |
| <b>Bosque tropical montano</b>                 |                           |                   |                     |                       |                             |                             |
| <i>Clusia clusioides</i> (Griseb.) D'Arcy      | 8                         | P                 |                     |                       | 0.35 (5)                    | 0.96 (2)                    |
| <i>Eugenia stahlia</i> (Kiaersk.) Krug & Urban | 6                         | P                 | L                   |                       |                             |                             |
| <i>Henriettea squamulosa</i> (Cogn.) Judd.     | 10                        | P                 | L                   |                       | 0.08 (74)                   | 0.09 (19)                   |
| <i>Homalium racemosum</i> Jacq.                | 2                         | C                 | L                   | 71                    |                             |                             |
| <i>Magnolia splendens</i> Urban                | 1                         | M                 | L                   | 40                    | 0.09 (32)                   | 0.24 (1)                    |
| <i>Matayba domingensis</i> (DC.) Radlk.        | 9                         | P                 | L                   |                       |                             |                             |
| <i>Micropholis garciniifolia</i> Pierre        | 4                         | C                 | L                   |                       | 0.07 (144)                  | 0.07 (226)                  |
| <i>Micropholis guyanensis</i> (A. DC.) Pierre  | 3                         | C                 | L                   | 48                    | 0.12 (170)                  | 0.10 (12)                   |
| <i>Ocotea spathulata</i> Mez.                  | 7                         | P                 | L                   |                       | 0.06 (45)                   | 0.06 (7)                    |
| <i>Ternstroemia luquillensis</i> Krug y Urban  | 5                         | C                 |                     |                       |                             |                             |
| <i>Weinmannia pinnata</i> L.                   | 11                        | P                 |                     |                       |                             |                             |
| <b>Medias</b>                                  |                           |                   |                     |                       | <b>0.09 (470)</b>           | <b>0.08 (267)</b>           |

<sup>a</sup>Fuente: Wadsworth (1952b).

<sup>b</sup>Nomenclatura: Liogier (1985-1997).

<sup>c</sup>Calificación tentativa según el tipo de bosque: Bosque tropical montano bajo, 1 = mejor y 42 = peor (es decir, 1 a 7, madera para muebles de mayor a menor valor; 8 a 23, madera para construcción de mayor a menor valor; y 24 a 42, madera para postes de mayor a menor valor). Bosque tropical montano, 1 = mejor y 11 = peor (1, madera para muebles; 2 a 5, madera para construcción de mayor a menor valor; y 6 a 11, madera para postes de mayor a menor valor).

<sup>d</sup>Uso: M = muebles; C = construcción; P = poste grande. Usos determinados, en cierta medida, por la disponibilidad de especímenes de amplio diámetro (Wadsworth 1952b). Ver además: Little y Wadsworth, 1964; Little et al, 1974.

<sup>e</sup>L= descripción disponible de las características de la madera (Longwood, 1955, 1961).

<sup>f</sup>Índice de resistencia a las termitas: bajo = 20, alto = 100; *Nectandra* (*Ocotea*) spp. = 53? clasificadas como un grupo (Wolcott, 1946, 1950).

<sup>g</sup>Fuente: Weaver, 1983 (es decir, puente de Tabonuco [TR-1], pendiente de Tabonuco [TS-3], valle Colorado [CV-1], pendiente Colorado [CS-2]). Tabonuco es Bosque tropical montano bajo y Colorado es Bosque tropical montano.

<sup>h</sup>Fuente: Crow y Weaver (1977). Parcelas del bosque tropical montano bajo (es decir, Río Grande, Sabana 4, Sabana 8). Parcela del bosque tropical montano (es decir, Cutover colorado [CCU]).

Las actividades de capacitación en la sierra de Luquillo formaron parte del programa del Servicio Forestal durante casi 60 años. En 1953, el Instituto organizó los primeros 16 cursos cortos internacionales sobre dasonomía tropical que incluyeron excursiones a la sierra de Luquillo. Aquellos primeros programas estaban diseñados para guardabosques visitantes de países tropicales de todo el mundo e incluían instrucción y capacitación en campo en dendrología, ecología, topografía, inventariado, interpretación de fotografías aéreas, silvicultura, y gestión, protección y utilización de los bosques. Además, se brindó exposición a problemas ambientales y de conservación a través de actividades en el campamento de niñas exploradoras Eliza Colberg a partir de 1950 y el campamento del Cuerpo de Conservación Juvenil desde 1976.

A principios de la década de 1960, estudiantes de universidades estadounidenses se iniciaron en la dasonomía tropical y la silvicultura a través de programas patrocinados por la Fundación Nacional para la Ciencia que organizaron actividades en el LEF. Desde mediados de los años 80, estudiantes de universidades de Puerto Rico y de otros lugares participaron de programas de pregrado y grado sobre estudios ecológicos llevados a cabo en el bosque. Varias publicaciones principales, algunas que datan de casi un siglo, contienen información valiosa sobre la flora, la fauna, los recursos relacionados y la gestión de la sierra de Luquillo, entre las que se incluyen:

- The scientific survey of Porto Rico and the Virgin Islands (Estudio científico de Puerto Rico y las Islas Vírgenes) (Anthony, 1925, 1926; Britton y Wilson, 1923, 1930; Gleason y Cook, 1927). Estos documentos, junto con otros de las expediciones del Jardín Botánico de Nueva York en Puerto Rico, ofrecen algunas de las primeras observaciones sobre la flora, la fauna, la geología, la paleobotánica y la arqueología. Esta serie de estudios consta de 18 volúmenes publicados entre 1919 y 1953.
- Los 24 volúmenes de *The Caribbean Forester*. Esta revista, publicada entre 1939 y 1963, contiene gran información sobre especies arbóreas, tipos de bosques, las condiciones de los rodales, la investigación silvicultural, las prácticas de viveros, la reforestación y las plantaciones forestales, herbicidas, política forestal y legislación, insectos del bosque, resistencia de la madera a las termitas, preservación y utilización de la madera, clima e impacto de huracanes, suelos, cursos de capacitación y resúmenes anuales de obras. También se incluyeron contribuciones de otras partes de los trópicos, sobre todo del Caribe y de Latinoamérica. El inglés y el español eran los principales idiomas, pero también aparecieron artículos en francés y portugués.
- *The Caribbean Forest atlas* (Atlas del Bosque del Caribe) (Upson, 1949; ver referencias). El atlas contiene una cronología de legislaciones y eventos relacionados con la creación, la ampliación, la mejora y la gestión del bosque nacional entre el 10 de diciembre de 1899 y el 30 de junio de 1949.

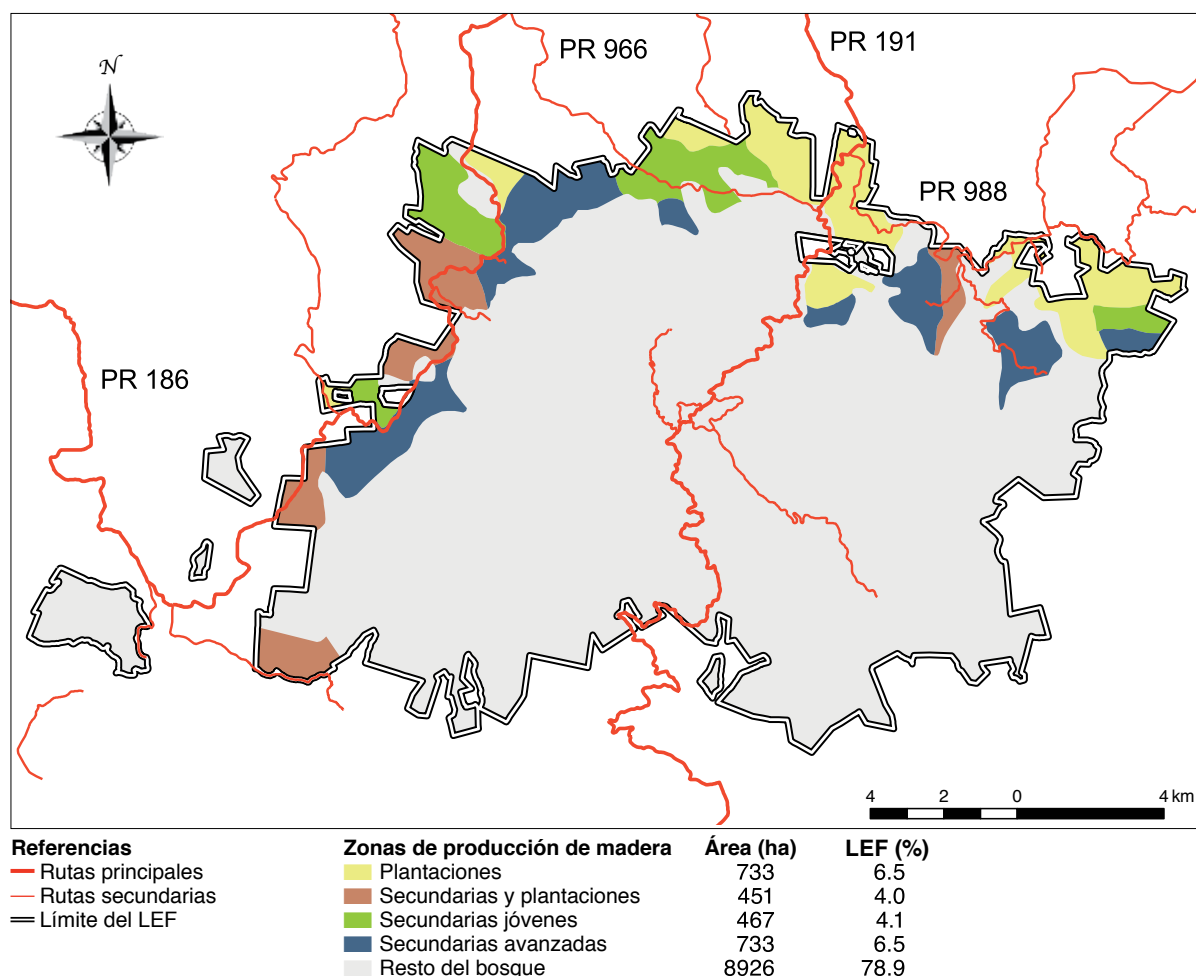


Figura 7: Zonas propuestas para la producción de madera dentro del Bosque Experimental de Luquillo en 1950.

- Puerto Rican woods: their machining, seasoning and related characteristics of Puerto Rican woods (Bosques de Puerto Rico: maquinado, estacionamiento y características relacionadas de los bosques puertorriqueños) (Longwood, 1961). En esta publicación, se describen las propiedades de la madera de 60 especies arbóreas nativas e introducidas.
- Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands, Volumes I and II (Árboles de Puerto Rico y las Islas Vírgenes, volúmenes I y II) (Little y Wadsworth, 1964; Little et al., 1974). Estos dos tomos sobre dendrología describen las 547 especies arbóreas nativas conocidas y las 200 especies introducidas de la isla.
- A tropical rain forest: a study of irradiation and ecology at El Verde (Bosque pluvial tropical: estudio de la radiación y ecología de El Verde, Puerto Rico) (Odum y Pigeon, 1970). Este compendio de 1600 páginas consta de 9 capítulos y 111 trabajos de investigación sobre flora, fauna y ecología tropical.
- A descriptive flora of Puerto Rico, Volumes I-V (Una descripción de la flora de Puerto Rico, volúmenes I al V) (Liogier, 1985, 1997), Los bejucos de Puerto Rico, Volumen 1 (Acevedo-Rodríguez y Woodbury, 1985) y Vines and climbing plants of Puerto Rico and the Virgin Islands (Bejucos y plantas trepadoras de Puerto Rico e Islas Vírgenes) (Acevedo-Rodríguez, 2005). Estos documentos contienen actualizaciones taxonómicas relativamente recientes de la flora de la isla.
- History and conservation of the Puerto Rican Parrot (Historia y conservación de la cotorra de Puerto Rico) (Snyder et al., 1987). El libro resume 20 años de trabajo e incluye la historia, la ecología y los esfuerzos actuales para salvar a la cotorra puertorriqueña, especie rara y en peligro de extinción.
- Biotropica special issues: (1) Ecosystem, plant, and animal responses to hurricanes in the Caribbean; and (2) Long term responses of Caribbean ecosystems to disturbance (Temas especiales de biotrópica: (1) Respuestas del ecosistema, las plantas y los animales a los huracanes del Caribe; y (2) Respuestas a largo plazo de los ecosistemas caribeños a las alteraciones) (Walker et al. 1991, 1996). La mayoría de los estudios posteriores a los huracanes descriptos se llevaron a cabo dentro del bosque.
- Tropical forests: management and ecology (Bosques tropicales: gestión y ecología) (Lugo y Lowe, 1995). El libro conmemora el 50 aniversario del IITF y contiene varios capítulos de revisión sobre investigación ecológica.
- The food web of a tropical rain forest (Red alimentaria de un bosque pluvial tropical) (Reagan y Waide, 1996).

- El libro resume estudios anteriores de fauna, incluida información sobre su abundancia, hábitos alimenticios y funciones ecológicas del ecosistema.
- The revised land and resource management plan for the Luquillo Forest and the final environmental impact statement (El plan revisado de gestión del suelo y de recursos para el bosque de Luquillo y la declaración final del impacto ambiental) (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997a, 1997b). Estos documentos consideran los recursos forestales, la recreación, el acceso y la investigación en un plan de gestión propuesto a 10 años.
  - Forest biodiversity in North, Central and South America, and the Caribbean: research and monitoring (Biodiversidad forestal en América del Norte, Central y del Sur y el Caribe: investigación y monitoreo) (Dallmeier y Comiskey, 1998). Este tomo sobre el Neotrópico consta de cinco capítulos sobre la flora y la fauna del LEF.
  - Producción forestal para América Tropical (Wadsworth, 2000). Esta gran obra contiene más de 600 páginas que describen las prácticas de gestión forestal en los trópicos con algunas experiencias derivadas de años de investigación dentro del LEF.
  - The bioecology of native and exotic tree species in Puerto Rico (La bioecología de las especies arbóreas nativas y exóticas en Puerto Rico) (Francis y Lowe, 2000). Este resumen de las historias de la vida de los árboles contiene información sobre 102 especies, incluidos muchos árboles nativos e introducidos.
  - Geology, geochemistry, geophysics, mineral occurrences and mineral resource assessment for the Commonwealth of Puerto Rico (Geología, geoquímica, geofísica, ocurrencias minerales y evaluación de recursos minerales para el Estado Libre Asociado de Puerto Rico) (Bawiec, 2001). Este compendio incluye información sobre todo Puerto Rico, con nueve formaciones geológicas encontradas en el LEF.
  - The soil survey of the Luquillo Experimental Forest (El estudio del suelo del Bosque Experimental de Luquillo) (Departamento de Agricultura de los EE. UU, Servicio de Conservación de Recursos Naturales, 2002). Este volumen actualiza cinco unidades de mapa del suelo generales y 20 detalladas dentro del LEF, y describe la clasificación del suelo, el uso potencial y la gestión.
  - Distribution, ecology, and life history of *Margarops fuscatus* (Distribución, ecología e historia vital del *Margarops fuscatus* o azotador de ojos perlados) (Arendt, 2006). Este libro resume observaciones sobre el dispersor aviar y mayor competidor de la cotorra puertorriqueña, una especie bien adaptada al LEF, donde se realizaron la mayoría de las observaciones.

## Capítulo 2. ENTORNO AMBIENTAL

Puerto Rico sufrió una gran deforestación en los últimos tres siglos, y quedaron solo 3500 ha (es decir, aproximadamente el 0.4 %) de la isla completamente intactas sin alteraciones por actividades humanas (Wadsworth, 1949, 1950). Hoy, los bosques del LEF sobreviven como un gran parque central rodeados por San Juan, Fajardo, Naguabo, Humacao, Caguas y otras ciudades del noreste donde reside aproximadamente el 40 % de la población de la isla (CEEPUR, 2009; Watlington, 2008) (Fig. 1). El LEF representa aproximadamente el 1.3 % de Puerto Rico y casi el 15 % de las áreas protegidas de la isla a cargo del Estado Libre Asociado y agencias federales y no gubernamentales (Gould et al., 2008).

### Geología

Las cadenas de islas se pueden formar mediante compresión, la subducción de una placa de corteza oceánica debajo de otra, lo que provoca generación de magma debajo de la placa superior y volcanismo en la superficie de esa placa (Donnelly, 1996). Antes del Cretácico (un período de hace 145 a 65 millones de años), el emplazamiento geográfico que Puerto Rico ocupa actualmente era un profundo océano (Meyerhoff, 1933; Picó, 1974). En el Cretácico temprano, el lugar se caracterizó por erupciones volcánicas submarinas y la aparición gradual de islas transitorias. En el Cretácico tardío, apareció una cadena de islas que crecieron y se convirtieron en una gran isla volcánica que se extendía desde la República Dominicana hasta las Islas Vírgenes. Puerto Rico, ubicado en el borde norte de la placa del Caribe, es parte de este complejo de islas (Bawiec, 2001).

La sierra de Luquillo se describió inicialmente como cerro testigo (es decir, picos o montañas aisladas residuales), no debido a sus resistencia estructural ni a la falta de erosión pluvial, sino más bien por el arqueado hacia arriba y las fallas (Beinroth, 1969; Mitchell, 1954). Las montañas son parte de una cuenca volcánico plutónica con cimientos de rocas que varían en edad desde el Cretácico temprano hasta mediados del Eoceno (es decir, aproximadamente hace 45 millones de años). Las rocas volcanoclásticas marinas (por ej., brechas, conglomerados, lutolitas y areniscas) sirven de base de aproximadamente el 80 % del LEF y las rocas intrusivas (por ej., reservas de cuarzo diorita de Río Blanco) a la mayoría del resto (Cox y Briggs, 1973; Seiders, 1971). Una zona metamórfica de contacto rodea las reservas del Río Blanco.

Un resumen geológico reciente para Puerto Rico describió las siguientes secuencias, cuatro de las cuales suman el 96 % del LEF (Bawiec, 2001; Seiders, 1971) (Fig. 8).

- Pórfido andesítico de augita (TKap): rocas intrusivas del Cretácico tardío.
- Formación de Daguao (Kd): brecha andesítica masiva, brecha hialoclastita y rocas volcanoclásticas de grano fino. El daguao, la secuencia cartografiada más antigua, se asume perteneciente al Cretácico temprano.
- Figuera lava (Kf): flujos de lava andesítica acojinada. La figuera también se asume perteneciente al Cretácico temprano.
- Formación de Fajardo (Kfa): limolita arenisca tobácea y brecha de toba de Albiano (es decir, Cretácico, hace aproximadamente 100 a 110 millones).
- Formación de Hato Puerco (Kh): arenisca volcánica andesítica a basáltica, brecha, conglomerado y flujo de lava basáltica de mediados de la era Cenomaniano (es decir, Cretácico tardío, hace aproximadamente 85 a 100 millones de años).
- Formación de Lomas (Klo): lava basáltica a andesítica, brecha volcánica y arenisca. No se ha establecido la era.
- Aluvión cuaternario (Qa): depósitos de arena y aluvión cuaternario. El aluvión se encuentra en los valles de ríos montañosos y en los terrenos bajos circundantes.
- Unidad de Río Blanco (TKh): un plutonio altamente magnético que data de hace 46 millones de años. La cuenca se inmiscuye en las formaciones de Fajardo, Hato Puerco, Lomas y Tabonuco.
- Formación de Tabonuco (Kta): limolita arenisca calcárea y tobácea, y brecha volcánica de Albiano.

Los materiales originales como la arenisca tobácea, la limolita, la brecha, el conglomerado y el cuarzo diorito subyacen los bosques montano y montano bajo en el LEF (Bogart et al., 1964). Estudios llevados a cabo por investigadores forestales indican que la composición de las especies arbóreas no cambió a lo largo de la línea que separa los materiales originales dentro del bosque montano (Wadsworth y Bonnet, 1951).

Dentro de la sierra de Luquillo, se encuentran dos zonas con presencia mineral: una zona norte con depósitos de oro y una zona sur con cobre y óxidos de hierro relacionados, azufre y rastros de mercurio. Una revisión de los documentos antiguos españoles sobre minería indica que se establecieron al menos 23 emplazamientos asociados principalmente con la minería de placeres de oro a lo largo de los ríos prominentes de la sierra de Luquillo (Cardona, 1984). Hoy, los apellidos de antiguos mineros como Guzmán, Jiménez y Toro sobreviven en los mapas cuadrangulares del Servicio Geológico de EE. UU. como parte de legado de los bosques (Fig. 5 y 6). El oro también jugó un papel en la nomenclatura de los ríos, como Río de la Mina y Quebrada Baño de Oro.

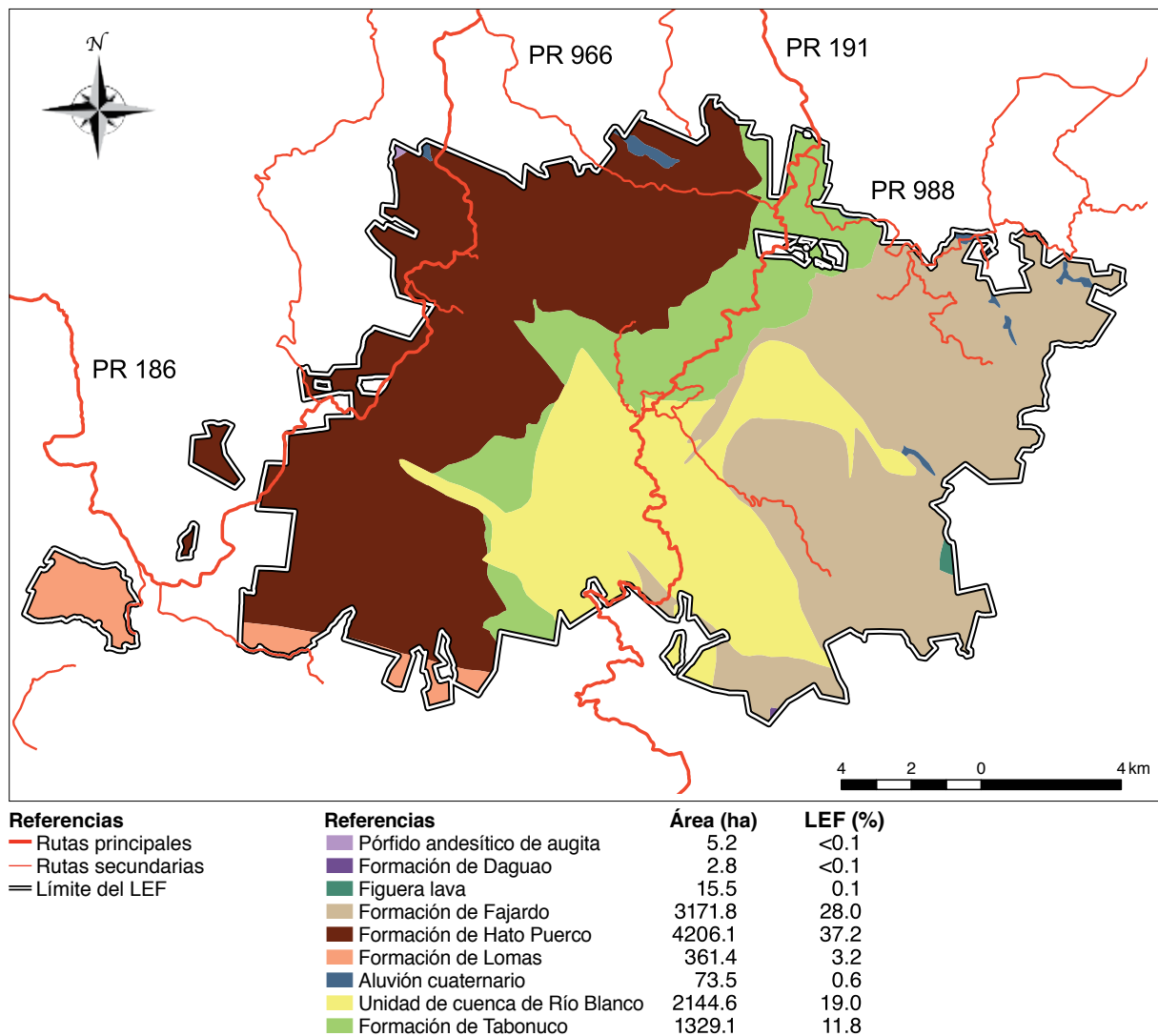
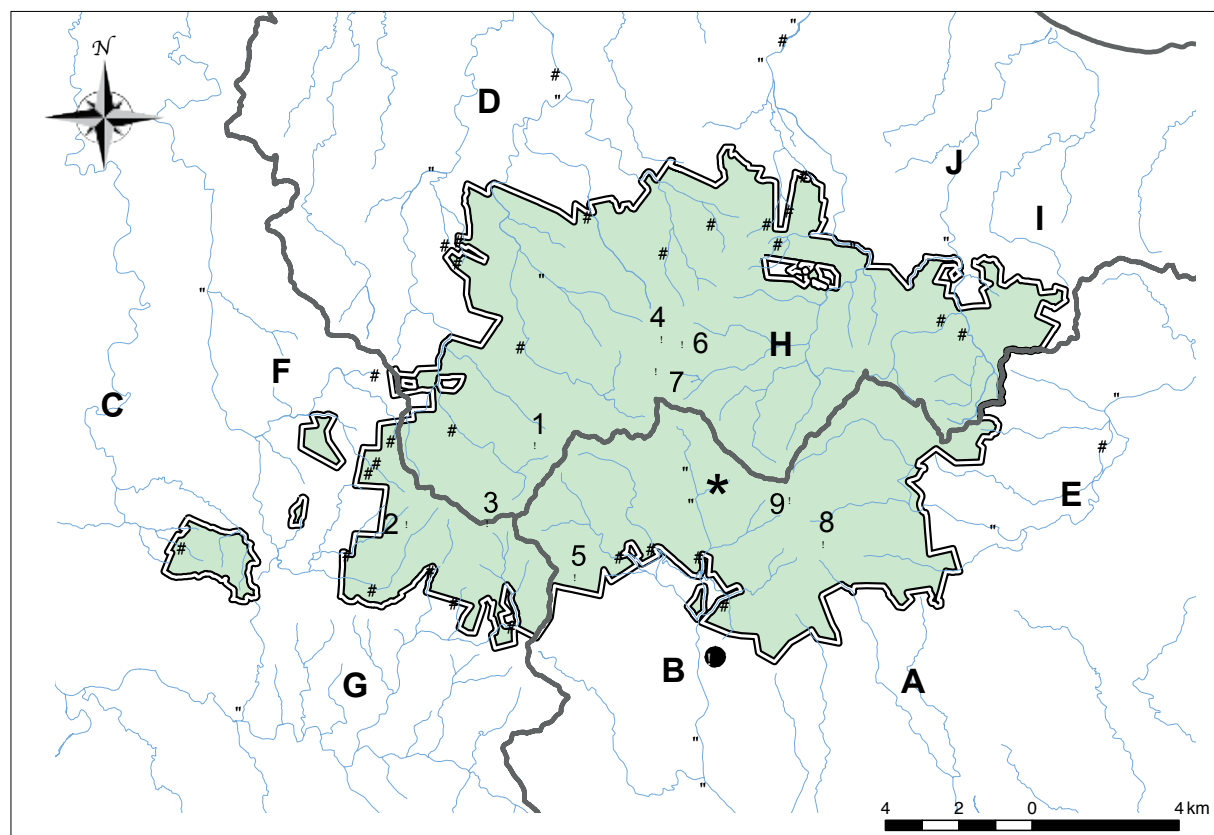


Figura 8: Geología del Bosque Experimental de Luquillo.



No demasiado lejos del Área de Recreación La Mina, algunos rocas de cuarzo y varios fragmentos se exponen sobre la superficie del suelo. (Fotografía de Peter L. Weaver)



| Referencias             | Cuencas                          | Área (ha) | LEF (%) | Picos montañosos | Elevación (m) |
|-------------------------|----------------------------------|-----------|---------|------------------|---------------|
| ▲ Tomas                 | A Quebrada Grande (Río Santiago) | 219.6     | 1.9     | 1 Cacique        | 1020          |
| ■ Medidores de caudales | B Río Blanco                     | 2079.2    | 18.4    | 2 El Negro       | ~750          |
| ● Planta hidroeléctrica | C Río Canovanillas               | 209.6     | 1.8     | 3 El Toro        | 1074          |
| — Ríos                  | D Río Espíritu Santo             | 3476.5    | 30.7    | 4 El Yunque      | 1065          |
| — Límite del LEF        | E Río Fajardo                    | 1125.9    | 10.0    | 5 La Mina        | 931           |
| — Cuencas               | F Río Grande de Loíza            | 622.4     | 5.5     | 6 Los Picachos   | 968           |
| ★ Valle de Los Gigantes | G Río Gurabo                     | 535.6     | 4.7     | 7 Mt. Britton    | 941           |
|                         | H Río Mameyes                    | 2088.3    | 18.5    | 8 Pico del Este  | 1051          |
|                         | I Río Pitahaya                   | 175.6     | 1.6     | 9 Pico el Oeste  | 1025          |
|                         | J Río Sabana                     | 777.3     | 6.9     |                  |               |

Figura 9: Principales picos, ríos, cuencas, medidores de caudales e ingresos de agua cercanos al Bosque Experimental de Luquillo.

## Fisiografía e hidrología

La topografía de la sierra de Luquillo es agreste con acantilados y rocas expuestas a gran altura (Wadsworth, 1951). Un cuarto del LEF yace entre 120 m y 400 m de altura; casi la mitad, entre 400 m y 600 m; otro cuarto entre 600 m y 900 m; y aproximadamente un 3 % yace a 900 m de altura (Wadsworth, 1951). El punto más bajo se encuentra en el borde noreste, cerca de la ciudad de Sabana. Cinco picos en el LEF superan los 1000 m de altura: El Toro (1074), El Yunque (1065), Pico del Este (1051), Pico del Oeste (1025) y El Cacique (1020). Durante muchos años, se pensó que El Yunque era el pico más alto, pero estudios posteriores confirmaron lo contrario (Wadsworth, 1970).

Diez ríos, algunos con varios afluentes dentro del bosque, surgen en algún punto del LEF. Cuatro de ellos, los ríos

Blanco, Espíritu Santo, Grande de Loíza (con sus afluentes) y Mameyes, drenan casi el 80 % del bosque (Fig. 9).

- **Quebrada Grande:** corre hacia el sureste desde el bosque y desemboca en el río Santiago, en Naguabo.
- **Río Blanco:** corre hacia el sur con los afluentes Cubuy, Quebrada Maizales, río Icosos, río Prieto y río Sabana en el LEF.
- **Río Canovanillas:** corre hacia el noroeste desde la alejada propiedad La Condesa y se convierte en un afluente del río Grande de Loíza fuera del LEF.
- **Río Espíritu Santo:** corre hacia el noroeste con los afluentes Quebrada Grande, Quebrada Jiménez y Quebrada Sonadora en el LEF.
- **Río Fajardo:** corre hacia el este con los afluentes Quebrada Grande y Quebrada Sonadora en el LEF.

- **Río Grande de Loíza:** corre hacia el oeste con los afluentes río Cubuy, río Gurabo, Quebrada Grande y río Canovanillas (confinado al tramo La Condesa) en el LEF.
- **Río Gurabo:** corre inicialmente hacia el sur fuera del bosque y se convierte en un afluente del río Grande de Loíza fuera del LEF.
- **Río Mameyes:** corre hacia el norte con los afluentes Quebrada La Coca y Quebrada Juan Diego, Quebrada La Máquina, Quebrada Linguete, Quebrada Tabonuco y río de la Mina en el LEF.
- **Río Pitahaya:** corre hacia el norte sin afluentes en el LEF.
- **Río Sabana:** corre hacia el norte con los afluentes río Camándulas y río del Cristal en el LEF.

En la ladera norte, los ríos descienden rápidamente a gran altura y de manera más gradual abajo (Wadsworth, 1951). Lo contrario sucede en la exposición sur, donde los valles tipo cuenca existen a relativamente gran altura. Varios de los arroyos y ríos tienen saltos y cascadas.

Un estudio sobre el balance hídrico del LEF muestra que las lluvias promedian unos 3600 mm año<sup>-1</sup>, de lo cual el 63 % es escorrentía y el resto es evapotranspiración (Crook 2005, Crook et al. 2007). Un estudio anterior llegó a las mismas estimaciones: un 60 % para escorrentía y 40 % para evapotranspiración (Naumann, 1994). El volumen promedio de agua extraída de los ríos forestales es de aproximadamente 250 mm año<sup>-1</sup>, lo que equivale al 7 % de la lluvia anual y 11 % de la escorrentía anual. Aunque existe poca agua subterránea a gran altura en las cuencas, puede ser importante a niveles más bajos (Larsen, 1997).

Los datos hidrográficos muestran que las lluvias fuertes causan una rápida escorrentía del paisaje del LEF (Bogart et al., 1964, Larsen y Torres Sánchez, 1992). El agua se infiltra verticalmente, pero la permeabilidad relativamente baja del suelo limita la cantidad de agua que se filtra a grandes profundidades (Jordan, 1970). Cuando encuentra suelo más denso, el agua fluye lateralmente hacia abajo por la ladera. Los hidrogramas de los ríos muestran picos rápidos en pocos minutos hasta horas después de lluvias que duran menos de 24 horas. El regreso al caudal base demora entre 5 y 10 horas (Larsen y Torres Sánchez, 1992).

El caudal de agua en el LEF (por ej., en el río Icacos) varía considerablemente debido a los aguaceros esporádicos de diferente intensidad (Bogart et al., 1964). Los niveles de sedimento en los ríos posiblemente sean mínimos durante períodos de caudal bajo, pero mucho mayores durante las inundaciones. El caudal bajo, derivado del agua subterránea, produce una mayor proporción de materiales disueltos. Sin embargo, las concentraciones químicas varían y pueden permanecer bajas si el caudal es producto principalmente de escorrentía de tormenta. Además, el pH, el color, la temperatura, el olor y el gusto del agua pueden cambiar con el volumen del caudal.

Los registros de mediciones dentro de la cuenta del río Icacos “muestran más escorrentía producida que lluvias” (Crook et al., 2007). Este fenómeno se observó por primera vez durante la década de 1940, luego de la instalación de un dique en

el río Icacos (Wadsworth, 2009). La anomalía se explicó como una posible relación no lineal entre el tamaño de la cuenca y la escorrentía (Crook et al., 2007). Sin embargo, otros factores pueden ser importantes. Los tramos superiores de la cuenca del río Icacos contienen bosque enano entre Pico del Este y Pico del Oeste. El monitoreo anterior de la intercepción entre lluvia y humedad de las nubes, tanto en Pico del Este como en Pico del Oeste, mostró que la niebla interceptada aumentaba la cantidad de agua recibida a nivel del suelo en un 10 % (Baynton, 1969; Weaver, 1972), un hecho que puede explicar parte de la entrada faltante de lluvias. Además, los registros pluviales de Pico del Este mostraron que la cantidad de lluvia solamente a sotavento del pico superó la cantidad medida a barlovento, un fenómeno orográfico denominado efecto de desbordamiento. La cuenca del Icacos yace a sotavento del collado que mira hacia el noreste (a menos de 750 m de altura), que se sitúa entre Pico del Este y una cadena de picos al oeste, entre los que se incluyen El Yunque, El Toro y La Mina (Fig. 9). La cresta que se extiende desde Pico del Oeste hasta la entrada a la ruta PR 930 o el borde superior de la cuenca del Mameyes está ocupada por bosque montano y es la zona más húmeda dentro del LEF (Ewel y Whitmore, 1973). El desbordamiento se pudo canalizar a través del paso de montaña agregando lluvias a la cuenca del Icacos, particularmente en períodos de vientos fuertes y nubosidad intensa.

## Suelo

El clima cálido y las fuertes lluvias en el LEF generan una erosión profunda y producen un saprolito (es decir, zona de suelo residual con peñascos de roca madre) que promedian 11 m de profundidad sobre laderas. Esta zona tiene cimientos rocosos desgastados, que a su vez están sobre otros cimientos rocosos más bajos en el perfil (Simon et al., 1990). La remoción de masa (es decir, el movimiento de inclinación de suelo y rocas inducido por la gravedad) parece ser el principal proceso responsable de la erosión en la sierra de Luquillo.

Los suelos del LEF son inceptisoles y ultisoles muy lixiviados, compuestos de margas arcillosas limosas, arcillas limosas y arcillas en diferentes horizontes. Durante los primeros estudios, se reconocieron doce tipos de suelo: arcilla Los Guineos, terreno pedregoso Rough, arcilla pedregosa Catalina, arcilla Catalina, arcilla Catalina (fase empinada), marga arcillosa limosa Lares, marga arcillosa limosa Múcara (fase empinada), marga arcillosa arenosa Pandura, marga arcillosa pedregosa Picacho, marga limosa Sabana, marga arcillosa limosa Sabana y arcilla limosa Via (fase quebrada) (Roberts, 1942). Se estima que los primeros tres tipos cubren aproximadamente el 60 % de las montañas, principalmente en el interior (Wadsworth, 1951). Más tarde, se describieron las asociaciones de terrenos Los Guineos-Guayabota Rock y Los Guineos-Humatas-Lirios (Boccheciamp, 1977).

Recientemente, se estudiaron nuevamente los suelos de los bosques. Se ubicaron y describieron cinco unidades de mapa general (o asociaciones) y 18 unidades de mapas detallados (Departamento de Agricultura de los EE. UU, Servicio de

Conservación de Recursos Naturales, 2002). Tres de las unidades cubren casi el 50 % del terreno (Fig. 10). Las unidades de mapas generales y detalladas son las siguientes:

**Asociación Zarzal-Cristal-Humatas:** Esta asociación contiene suelos arcillosos muy profundos, bien drenados y poco drenados que se forman del residuo del desgaste de la arenisca y la lodolita volcánica de las formaciones Fajardo, Hato Puerco y Tabonuco.

- Complejo Cristal Zarzal (5 % a 50 % de las laderas): suelo Cristal muy profundo, poco drenado, y suelo Zarzal muy profundo, bien drenado, que se encuentra en las laderas de la montaña a menos de 600 m de altura. La profundidad de los cimientos rocosos es mayor de 150 cm. Los suelos tienen contenido de materia orgánica media, baja permeabilidad y fertilidad natural media.
- Complejo Humatas Zarzal (5 % a 30 % de las laderas): suelo Humatas muy profundo, bien drenado, y suelo Zarzal muy profundo, bien drenado. Se encuentran en las cimas de colinas, puntas de cresta y laderas montañosas a menos de 450 m de altura. La profundidad de los cimientos rocosos es mayor de 150 cm. Los suelos tienen contenido de materia orgánica media, permeabilidad moderadamente baja y fertilidad natural media.
- Complejo Zarzal Cristal (20 % a 60 % de las laderas): suelo Zarzal muy profundo, bien drenado, y suelo Cristal muy profundo, poco drenado. Se encuentran en las laderas montañosas a menos de 600 m de altura. La profundidad de los cimientos rocosos es mayor de 150 cm. Los suelos tienen contenido de materia orgánica media, permeabilidad moderadamente baja y fertilidad natural media.
- Arcilla Zarzal muy empedrada (40 % a 60 % de las laderas): suelo muy profundo, bien drenado, que se encuentra principalmente en las laderas convexas de la montaña a menos de 550 m de altura. La profundidad de los cimientos rocosos es mayor de 150 cm. El suelo tiene contenido de materia orgánica media, permeabilidad moderadamente baja y fertilidad natural media.

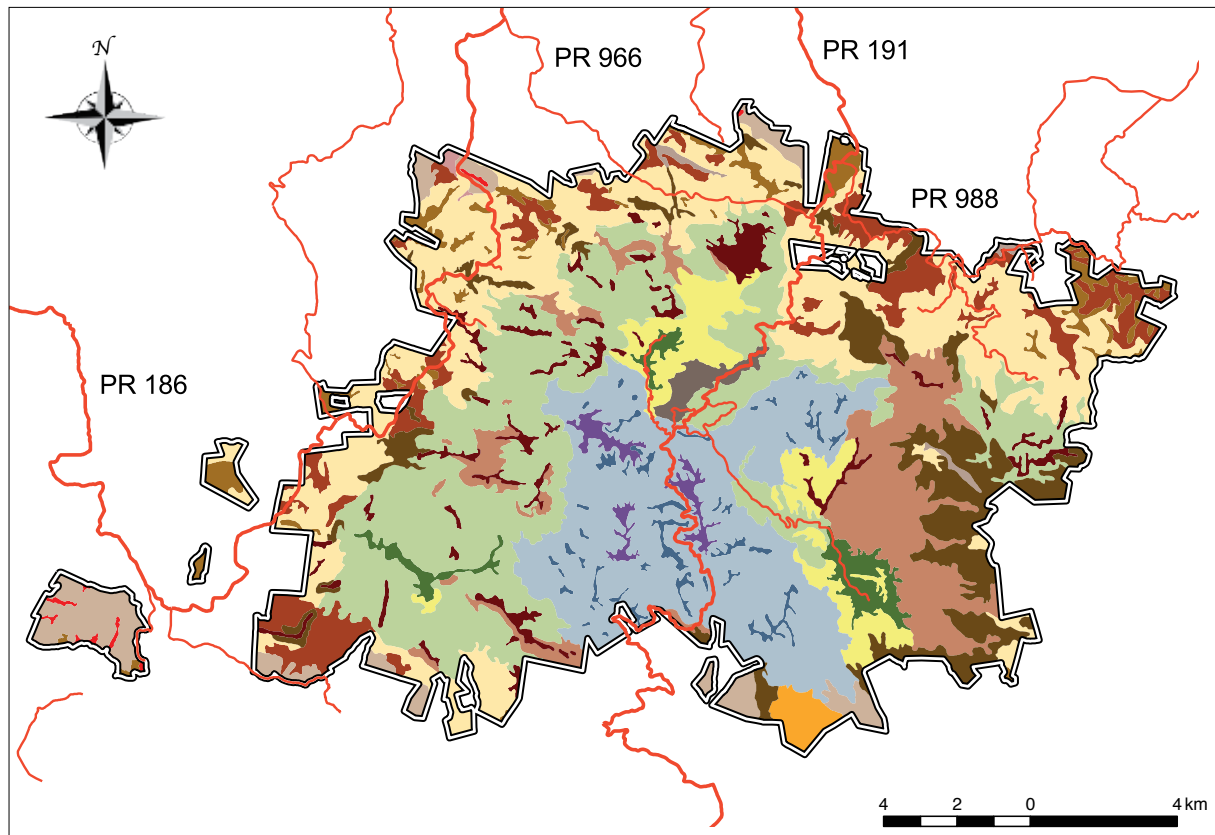
**Asociación Sonadora-Caguabo-Prieto:** Esta asociación está compuesta por suelos arcillosos moderadamente profundos y poco drenados que se forman del residuo del desgaste de la lodolita y los conglomerados volcánicos de las formaciones Fajardo, Hato Puerco y Tabonuco.

- Marga arcillosa cascajosa Caguabo (8.5 a 15 % de las laderas): suelo poco profundo, bien drenado, a menos de 550 m de altura sobre laderas de colinas bajas y sobre terrenos altos altamente diseccionados. La profundidad de los cimientos rocosos es de entre 25 cm y 50 cm. El suelo tiene contenido de materia orgánica baja, permeabilidad moderada, fertilidad natural baja y es uno de los suelos menos productivos en la zona del bosque montano bajo.
- Marga arcillosa limosa Coloso (ocasionalmente inundado): suelo muy profundo, poco drenado, a menos de 400 m de altura sobre llanuras inundables y terrazas bajas a lo largo de los ríos de la montaña. La profundidad de los cimientos rocosos es mayor de 150 cm. El suelo tiene contenido de materia orgánica media, permeabilidad baja y fertilidad natural media.

- Marga arcillosa pedregosa Luquillo (ocasionalmente inundado): suelo muy profundo, bien drenado sobre llanuras inundables y terrazas bajas de ríos a menos de 400 m de altura. La profundidad de los cimientos rocosos es mayor de 150 cm. El suelo tiene contenido de materia orgánica media, permeabilidad moderadamente baja y fertilidad natural media.
- Marga arcillosa muy empedrada Prieto (25 % a 50 % de las laderas): suelo moderadamente profundo, poco drenado, en posiciones cóncavas sobre laderas y en drenajes a menos de 600 m de altura. La profundidad de los cimientos rocosos es de 50 cm a 100 cm. El suelo tiene contenido de materia orgánica media, permeabilidad moderadamente baja y fertilidad natural media.
- Complejo Sonadora Caguabo (25 % a 40 % de las laderas): suelo Sonadora moderadamente profundo, bien drenado, y suelo Caguabo poco profundo, bien drenado, que se encuentra principalmente en las laderas de la montaña a menos de 500 m de altura. La profundidad de los cimientos rocosos es de 50 cm a 100 cm. Los suelos tienen contenido de materia orgánica media, permeabilidad muy baja y fertilidad natural media.

**Asociación Yunque-Los Guineos-Moteado:** Esta asociación contiene suelos arcillosos muy profundos y profundos, moderadamente drenados y poco drenados, que se forman del residuo del desgaste de la arenisca y la lodolita volcánica de las formaciones Fajardo, Hato Puerco y Tabonuco.

- Complejo Palm Yunque (35 % a 85 % de las laderas, extremadamente pedregoso): suelo Palm muy profundo, poco drenado, y suelo Yunque muy profundo, moderadamente drenado, que se encuentra en las laderas de la montaña a alturas más altas (750 m a 900 m). La profundidad de los cimientos rocosos es mayor de 150 cm. Los suelos tienen contenido de materia orgánica alta, permeabilidad moderadamente baja y fertilidad natural alta.
- Arcilla Yunque empedrada (40 % a 80 % de las laderas, extremadamente pedregoso): suelo muy profundo, moderadamente drenado, que se encuentra en cañones y en laderas a alturas de entre 600 m y 900 m. La profundidad de los cimientos rocosos superiores es mayor a 150 cm. El suelo tiene contenido de materia orgánica alta, permeabilidad moderada y fertilidad natural media.
- Complejo Yunque-Los Guineos-Moteado (5 % a 30 % de las laderas): suelo Yunque muy profundo, moderadamente drenado, y suelo Los Guineos muy profundo, bien drenado, y suelo Moteado profundo, poco drenado. Los suelos se ubican en cimas, puntas de cresta y laderas de montaña a alturas de entre 600 m y 900 m. La profundidad de los cimientos rocosos es mayor de 150 cm. Tiene contenido de materia orgánica alta, permeabilidad moderada y fertilidad natural media.
- Complejo Yunque-Moteado (20 % a 65 % de las laderas): suelo Yunque muy profundo, moderadamente drenado, y suelo Moteado profundo, poco drenado. Se encuentran en las laderas montañosas a alturas de entre 600 m y 900 m. La profundidad de los cimientos rocosos es mayor de 150 cm. Los suelos tienen contenido de materia orgánica media, permeabilidad moderada y fertilidad natural media.



| Referencias         | Suelo                                | Área (ha) | LEF (%) |
|---------------------|--------------------------------------|-----------|---------|
| — Rutas principales | Marga arcillosa cascajosa Caguabo    | 33.6      | 0.3     |
| — Rutas secundarias | Marga arcillosa limosa Coloso        | 12.0      | 0.1     |
| ≡ Límite del LEF    | Complejo Cristal Zarzal              | 734.8     | 6.5     |
|                     | Mantillo enano azotado por el viento | 191.3     | 1.7     |
|                     | Complejo Guayabota Yunque            | 82.2      | 0.7     |
|                     | Complejo Humatus Zarzal              | 376.4     | 3.3     |
|                     | Marca Icacos                         | 95.7      | 0.8     |
|                     | Marca arcillosa pedregosa Luquillo   | 39.5      | 0.3     |
|                     | Complejo Palm Yunque                 | 478.4     | 4.2     |
|                     | Complejo Picacho Ciales              | 134.8     | 1.2     |
|                     | Complejo Picacho Utuado              | 1842.2    | 16.3    |
|                     | Marga arcillosa muy empedrada Prieto | 88.8      | 0.8     |
|                     | Complejo Sonadora Caguabo            | 470.5     | 4.2     |
|                     | Arcillosa empedrada Yunque           | 912.6     | 8.1     |
|                     | Yunque-Los Guineos-Moteado           | 340.4     | 3.0     |
|                     | Complejo Yunque Moteado              | 2391.0    | 21.1    |
|                     | Complejo Zarzal Cristal              | 2296.4    | 20.3    |
|                     | Arcilla muy empedrada Zarzal         | 789.4     | 7.0     |

Figura 10: Tipos de suelo del Bosque Experimental de Luquillo.

**Asociación Picacho-Utuado-Ciales:** Esta asociación está compuesta de suelos muy profundos, poco drenados, y margoso poco drenado con cimientos de saprolita granítica y formados del residuo del desgaste de las rocas intrusivas de la formación Río Blanco en las tierras altas plutónicas.

- Complejo Guayabota Yunque (30 % a 60 % de las laderas): suelo Guayabota llano poco drenado y suelo Yunque muy profundo, moderadamente drenado, que se encuentra en las laderas de la montaña a alturas de entre 600 m y 750 m. La profundidad de los cimientos rocosos es de 25 cm a 50 cm. Los suelos tienen contenido de materia orgánica media, baja permeabilidad y fertilidad natural baja.
- Marga Icacos (ocasionalmente inundado): suelo muy profundo, poco drenado, sobre llanuras inundables y terrazas bajas a lo largo de los valles perennes a alturas de entre 600 m y 750 m. La profundidad de los cimientos rocosos es mayor de 150 cm. El suelo tiene contenido de materia orgánica alta, permeabilidad moderada y fertilidad natural alta.
- Complejo Picacho Ciales (5 % a 30 % de las laderas): suelo Picacho muy profundo, poco drenado, y suelo Ciales muy profundo, poco drenado, que se encuentra en puntas de cresta y en las laderas de la montaña a alturas de entre 600 m y 800 m. La profundidad de los cimientos rocosos es mayor de 150 cm. Los suelos tienen contenido de materia orgánica baja, permeabilidad moderada y fertilidad natural baja.
- Complejo Picacho Utuado (5 % a 35 % de las laderas): suelo Picacho muy profundo, poco drenado, y suelos Utuado que se encuentran en colinas y laderas en valles de montaña a alturas de entre 600 m y 850 m. La profundidad de los cimientos rocosos es mayor de 150 cm. Los suelos tienen contenido de materia orgánica baja, permeabilidad moderada y fertilidad natural baja.

**Enano:** Esta es una asociación de suelos arcillosos muy profundos y poco drenados que tienen una capa de superficie orgánica, se encuentran en cimas y crestas de montañas, y se formaron del residuo del desgaste de andesita metamorfozada hasta arenisca basáltica, volcánica de depósitos marinos de las formaciones Hato Puerco, Fajardo y Tabonuco.

- Mantillo enano (10 % a 65 % de las laderas, azotado por el viento): suelo muy profundo, poco drenado, en laderas convexas y cóncavas a más de 800 m. La profundidad de los cimientos rocosos es mayor de 150 cm. El suelo tiene contenido de materia orgánica alta, permeabilidad moderadamente baja y fertilidad natural alta.

Las propiedades medias de los suelos de superficie dentro del LEF varían significativamente según el tipo de bosque, la posición topográfica y la estación (Cox et al., 2002). Entre las diferencias de suelo según el tipo de bosque, se incluyen las relacionadas a los procesos biológicos y las entradas de agua, como densidad aparente, humedad del suelo y los nutrientes Na, P, C y S. Por el contrario, las diferencias entre las posiciones topográficas se relacionan por lo general con los procesos geoquímicos e implican Ca, Mg, K y Al.

La erosión del suelo varía según la posición topográfica (Basnet, 1992a). Las laderas tienen las tasas más altas de erosión debido a su inclinación. En contraste, las crestas son más estables porque están densamente cubiertas con árboles y tienen cimientos de sustratos geológicos estables. La sedimentación es más alta en las quebradas, que reciben la escorrentía de otras posiciones topográficas y tienen menor densidad de árboles. Además, las quebradas suelen descender a ángulos menos inclinados.

El estado de los suelos también se ve afectado por las actividades agrícolas y los eventos climáticos pasados. El cultivo comenzó en las laderas más bajas de las montañas en el siglo XVI y la mayoría de las concesiones continuaron hasta el siglo XIX (Wadsworth, 1951). En 1899, el huracán San Ciriaco tuvo un fuerte impacto en el bosque y provocó el consecuente deterioro de las plantaciones de café. Otras tormentas afectaron el bosque de manera similar provocando desprendimientos (Larson y Torres-Sánchez, 1992). Hacia el año 1943, los terrenos usados para cultivo y pastoreo disminuyeron a solo 160 ha. La erosión y la degradación del suelo a partir de estos eventos no solo influyó en la recuperación del bosque y en la sucesión natural, sino también en los esfuerzos posteriores para restaurar el paisaje mediante la plantación de árboles (Marrero, 1948).

## Clima

Puerto Rico, que yace sobre la ruta de los vientos alisios del este, tiene un clima marítimo tropical con influencia del océano que lo rodea. Durante el año, la isla se ve afectada por olas tropicales, depresiones, tormentas y huracanes que habitualmente ocurren entre mayo y octubre, además de frentes fríos del norte durante los meses de invierno (Calvesbert, 1970; Daly et al., 2003; Larsen, 2000; Larsen y Torres-Sánchez, 1998; Scatena, 1998a). La gradiente de elevación dentro del LEF produce diferencias en las lluvias, la humedad relativa, la velocidad del viento, la nubosidad, la temperatura, el déficit de saturación atmosférica y la radiación solar. Los primeros cuatro parámetros aumentan a medida que se asciende y los últimos tres, disminuyen. Durante el año, se hacen evidentes las diferencias estacionales en el clima. Por ejemplo, la estacionalidad en El Verde en las laderas más bajas del noroeste se generalizó de la siguiente manera (Odum et al., 1970): “La temporada de invierno, de diciembre a marzo, se puede diferenciar del resto del año por pequeñas variaciones del promedio: temperatura: 2 °C menos; humedad relativa: 5 % a 10 % menos; 5 % a 18 % de los días con vientos del oeste y noroeste; 66 % de lluvias por mes (enero a marzo); 25 % menos insolación (noviembre a febrero); y una mayor frecuencia de días casi despejados (15 %)”.

Precipitaciones: Se han llevado a cabo varios estudios sobre las lluvias (Lugo, 1986; Odum et al., 1970; Wadsworth, 1970) y cada uno varía levemente en sus estimaciones. Según un estudio, todo el LEF recibe en promedio 3860 mm año<sup>-1</sup> durante un año típico (García-Martinó et al., 1996). Las

estimaciones de lluvias según el tipo de bosque promedian los 3540 mm año<sup>-1</sup> en el bosque montano bajo, 4190 en el bosque montano, 4170 en el matorral de palmeras y 4850 mm año<sup>-1</sup> en el bosque enano. La cantidad promedio de días con lluvia y la cantidad de escorrentía de los ríos aumenta con la altura. Las lluvias más fuertes se produjeron durante los 8 últimos meses del año, principalmente en mayo y de septiembre a noviembre (Fig. 11).

La lluvia caída media anual promedió entre 2475 mm año<sup>-1</sup> y 4650 mm año<sup>-1</sup> en seis sitios diferentes de las laderas nortes del LEF, a alturas de entre 150 m y 1065 m (Briscoe, 1966; Heartsill Scalley, 2006; Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2002; Ramírez et al., 2005; Scatena, 1998a; Wadsworth, 1948) (Fig. 11). Debido a que los registros representan períodos diferentes y varían considerablemente en duración, es imposible llevar a cabo comparaciones válidas entre los sitios. La lluvia caída media anual promedió más de 4000 mm año<sup>-1</sup> en El Yunque, La Mina, Pico del Este y Pico del Oeste, sitios que se encuentran a alturas de entre 715 m y 1065 m (Baynton, 1968; Briscoe, 1966; Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2002; Wadsworth, 1948). El mayor volumen de lluvia caída diaria fue de 485 mm y se registró el 20 de mayo de 1969 en Pico del Este (Weaver, 1972).

De especial interés es el período de 9 años de observaciones de lluvias que se llevó a cabo en La Mina desde 1935. La media de 4650 mm año<sup>-1</sup>, con un rango anual de valores de entre 3725 mm año<sup>-1</sup> y 6450 mm año<sup>-1</sup> (Wadsworth, 1948), es el mayor registro plurianual para las montañas. Se detectaron lluvias en casi el 75 % de los días y promediaron 19 minutos de duración. La intensidad de las lluvias fue de casi 8 mm hora<sup>-1</sup> para los 1625 aguaceros registrados anualmente.

La lluvia que llega al dosel arbóreo del bosque se distribuye en el suelo mediante trascolación (agua que cae de las superficies de las hojas a través del dosel hasta el suelo) o escurrimiento (agua que se traslada por las ramas y los troncos de los árboles hasta el suelo). Las estimaciones de trascolaciones para el bosque montano bajo promedian un 60 % de la lluvia anual (Odum et al., 1970; Scatena, 1998a). Estas estimaciones son, por lo general, 20 % a 30 % más bajas que para muchos otros bosques tropicales montanos y montanos bajos (Scatena, 1990). Las diferencias se deben al régimen de lluvias de alta frecuencia y baja intensidad más que a las características del bosque en sí.

A pesar de las fuertes lluvias asociadas al LEF, suelen producirse sequías, y sus consecuencias son notorias. Puerto Rico experimentó sequías regionales de 1966 a 1968, de 1971 a 1974, de 1976 a 1978 y de 1993 a 1995. Todas tuvieron un profundo impacto en el caudal y en el depósito de almacenamiento de las cuencas que proveen a las principales ciudades de la isla (Larsen, 2000), y todas generaron pérdidas agrícolas y racionamiento de agua en áreas metropolitanas.

Otro fenómeno climático que merece ser mencionado. Durante enero de 1969, cayó granizo en proximidades de Pico del Este, y posiblemente en algún otro lugar del bosque,

durante unos 10 minutos a aproximadamente las 10 a. m.<sup>1</sup> El granizo es raro en el LEF y no se ha tenido conocimiento de otras oportunidades.

**Temperatura:** La temperatura varía entre aproximadamente 24 °C a 27 °C en la base del LEF a entre 17 °C y 20 °C en las cimas (Baynton, 1968; Briscoe, 1966; Brown et al., 1983) (Fig. 11). La variación de la temperatura diurna y el rango de temperatura en un mes en particular son mayores a elevaciones más bajas que en terrenos de mayor altura. Las temperaturas mínima y máxima informadas fueron 11 °C y 32 °C, respectivamente. La temperatura del punto de rocío varía poco en Puerto Rico, lo que indica que la masa de aire suprayacente es relativamente constante con respecto al contenido de humedad durante el año (Calvesbert, 1970).

Sería incorrecto mencionar el viento helado respecto del LEF. Sin embargo, se siente una notable brisa fría en las cimas, especialmente durante los meses fríos del invierno cuando la niebla desplazada por el viento se deposita en las superficies, incluidos los humanos. Una experiencia memorable fue el frío penetrante que los investigadores sintieron mientras retiraban epífitas de los árboles cerca de Pico del Este durante enero y febrero de 1991 y 1997.

**Humedad relativa y evapotranspiración:** La humedad relativa en El Verde, aproximadamente 350 m de altura orientado hacia el noroeste, fue superior al 95 %, excepto durante unas pocas horas en días soleados o cuando la trayectoria del aire es inusual (Odum et al., 1970). En Catalina, ubicada a 150 m, promedió el 88 %, con descensos regulares para llegar a 60 % y 70 % al mediodía (Briscoe, 1996). En las cimas de Pico del Este, Pico del Oeste y El Yunque, la humedad relativa fue del 100 % o cerca la mayor parte del tiempo, con los registros más bajos entre las 12:00 p. m. y las 2:00 p. m. (Baynton, 1968; Briscoe, 1966; Weaver, 1972). Las condiciones climáticas predominantes reducen las tasas de transpiración, pero los ocasionales días despejados permite que los estomas regulen las pérdidas de agua de las especies arbóreas (Gates, 1969; Medina et al., 1981; Weaver et al., 1986).

En las cuencas de Bisley a 350 m de altura, la evapotranspiración estimada mediante técnicas hidrológicas y micrometeorológicas varió entre 2180 mm año<sup>-1</sup> y 2420 mm año<sup>-1</sup> durante 1996 y 1997 (Schellekens et al., 2000). Los valores se consideraron altos para las áreas tropicales bajas y se atribuyeron parcialmente a las tormentas frecuentes de baja intensidad. También se sugirieron otros posibles factores de influencia. Estos fueron un transporte ascendente de red eficaz de la humedad evaporada, cerca de las aguas cálidas del Atlántico con energía advectada: un dosel arbóreo irregular debido al reciente paso del huracán Hugo y la ubicación de la cuenca para diseccionar el terreno.

<sup>1</sup> Observación personal. 1969; P.L. Weaver, guardia forestal de investigación, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., International Institute of Tropical Forestry (Instituto Internacional de Dasonomía Tropical U.S. Department of Agriculture Forest Service) Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, PR 00926-1119.

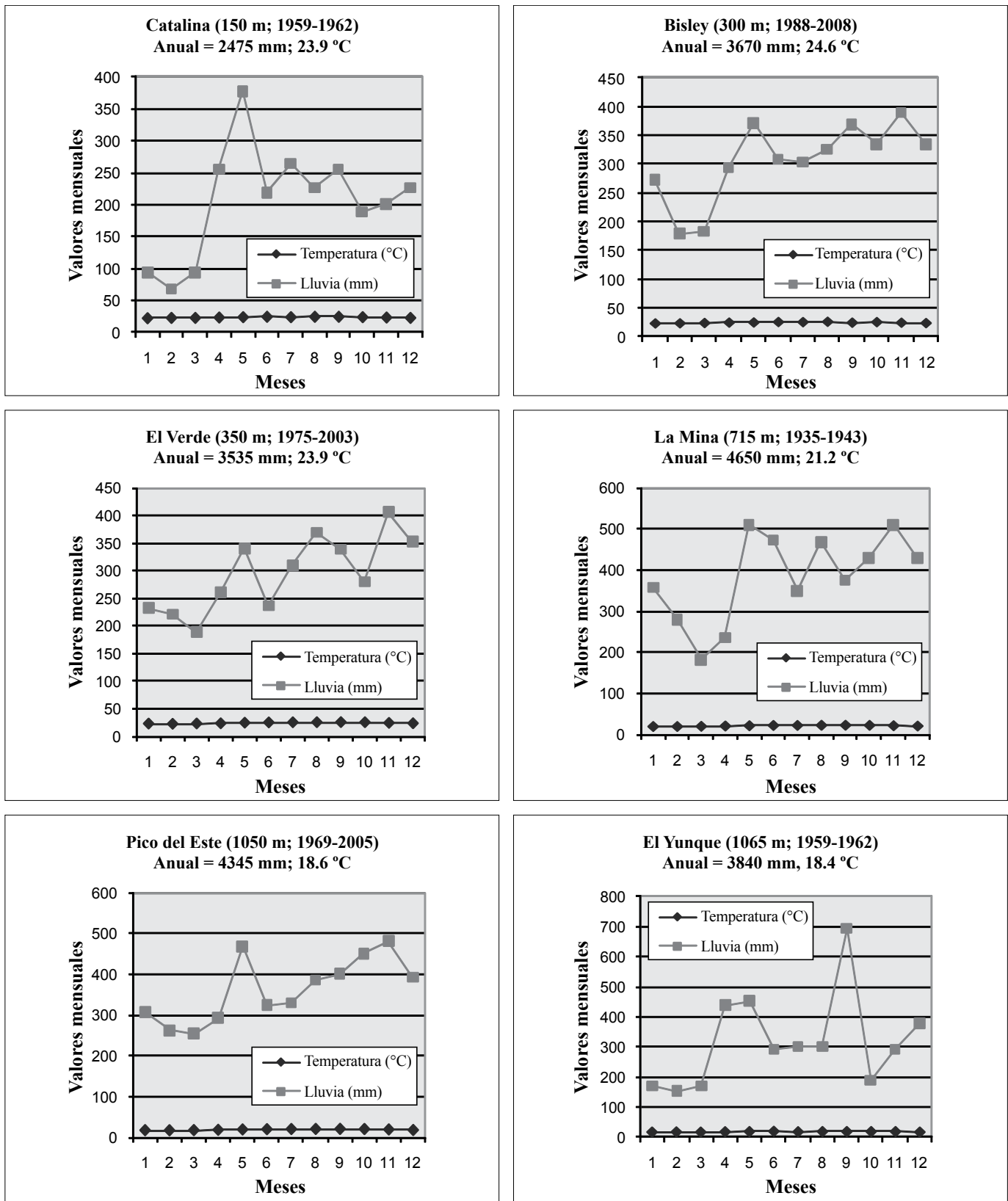


Figura 11: Diagramas climáticos para sitios dentro del Bosque Experimental de Luquillo.

**Velocidad y dirección del viento:** Los vientos alisios constantes, que soplan principalmente en una dirección este, son la característica sobresaliente del clima en Puerto Rico (Calvesbert, 1970). La velocidad del viento en El Verde promedió unos 2 km hora<sup>-1</sup> a 6 km hora<sup>-1</sup> justo arriba del bosque y disminuye hacia abajo en el dosel arbóreo (Odum et al., 1970); se registraron estimaciones similares de velocidad en Catalina (Brown et al., 1983). La velocidad del viento en las cimas, más fuertes a la noche y más débiles durante la tarde, promedian entre 8 km año<sup>-1</sup> y 18 km año<sup>-1</sup> en cualquier mes (Baynton, 1968; Briscoe, 1966), pero se registraron ráfagas de 100 km año<sup>-1</sup> durante períodos de vientos normales en otros lugares (Wadsworth, 1948).

Los vientos pueden estar sujetos a presencias atípicas de insectos dentro del bosque. Un incidente que involucró a *Polistes americanus* (avispa de papel) se describió de la siguiente manera: “se observaron enormes cantidades de estas avispas en la roca El Yunque (5 de abril de 1939), tan abundante que uno no se podía acercar por seguridad” (Wolcott, 1948). Se sugirieron corrientes ascendentes para el fenómeno. Durante octubre de 1968, se observó un enjambre similar de avispas no identificadas en las copas de los árboles del bosque enano (ver nota al pie 1). El enjambre rodeó completamente la torre Mt. Britton, que yace 1 km al sur de El Yunque (Fig. 9). De hecho, estos fenómenos pueden ser más comunes de lo que se sabe si no se reportan. En ambos casos, los observadores pudieron mirar hacia abajo y ver los enjambres. Sin embargo, las avispas pueden haber pasado desapercibidas para las personas que caminan los senderos debajo del dosel arbóreo.

**Nubosidad e iluminación solar:** La nubosidad aumenta con la altura en el LEF, donde las cimas suelen estar cubiertas de nubes mientras que los terrenos bajos circundantes permanecen despejados. A más de 600 m de altura, la base de los cúmulos de los vientos alisios atraviesa el bosque y deposita humedad de nubes condensada sobre la superficie vegetal. La sedimentación de la humedad de las nubes agrega 10 % más de agua al balance de humedad anual que lo que se generaría solo con lluvias (Baynton, 1969; Weaver, 1972). Se estima que la escorrentía de las cimas del bosque enano sea prácticamente toda de aprox. 5000 mm de lluvia combinada y humedad de nubes interceptada recibida por la superficie del suelo durante el año.

Febrero y marzo son los meses en que los picos tienen más posibilidades de estar libres de nubes. La nubosidad también afecta la radiación solar. La radiación solar anual media en El Yunque y en Pico del Oeste promedia aproximadamente el 60 % de la recibida en la costa noreste de Puerto Rico (Baynton, 1968; Briscoe, 1966).

**Huracanes:** Los huracanes que atraviesan Puerto Rico suelen originarse en la costa de África y llegan por el sudeste; a veces, otras tormentas se originan en el Golfo de México y se pueden desplazar al noreste hacia las Bahamas y la Florida. Según los datos existentes, se puede esperar que los huracanes pasen directamente sobre el LEF una vez cada 62 años y dentro de 60 km una vez cada 22 años (Scatena,

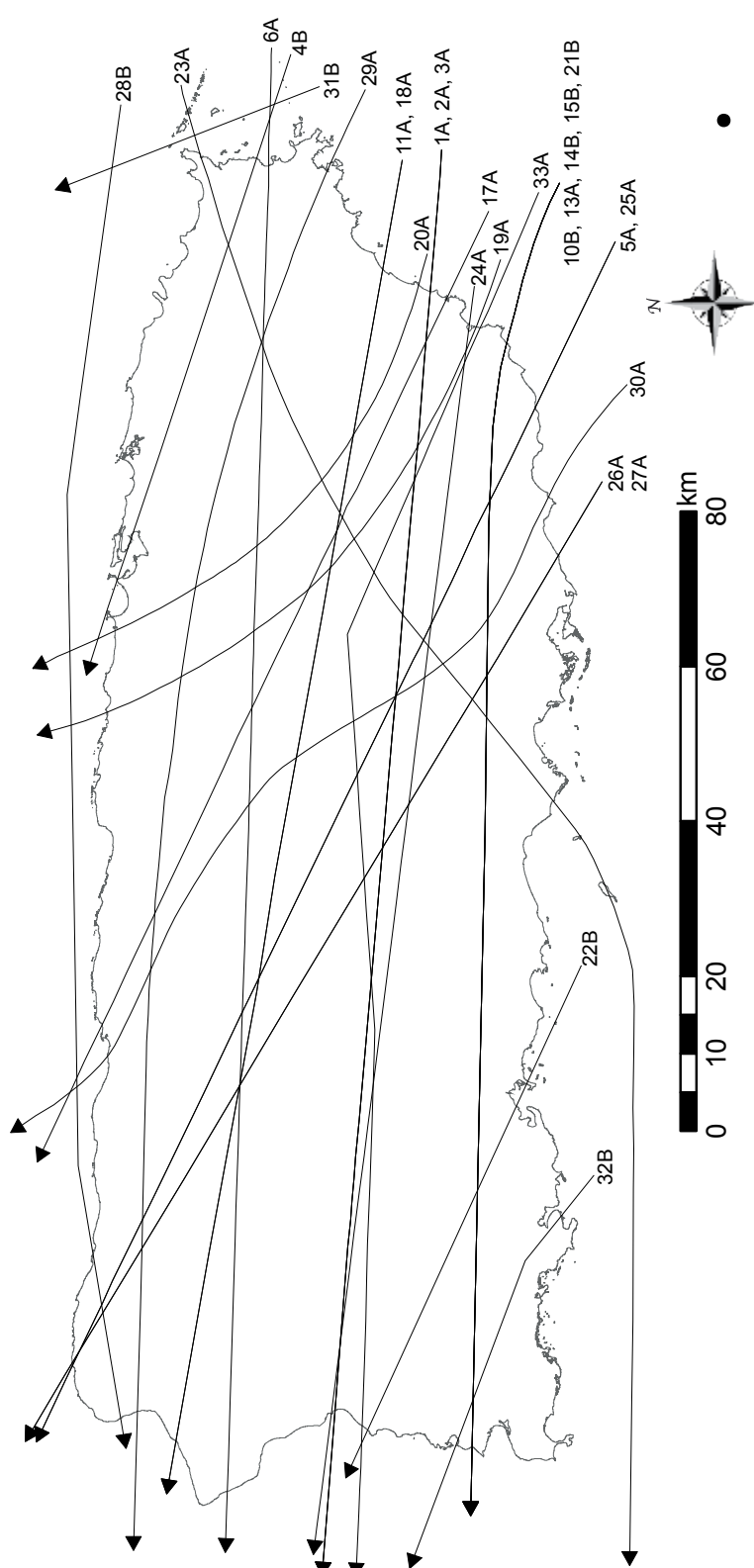
1989). Desde 1738, al menos 33 huracanes de variada intensidad pasaron sobre Puerto Rico o cerca; prácticamente todos ellos con trayectorias lo suficientemente cercanas a la sierra de Luquillo como para provocar algún impacto dentro del LEF (Neumann et al., 1988; Salivia, 1972; Weaver, 1986a, 1989b) (Fig. 12).

La nomenclatura de los huracanes en Puerto Rico, a partir de tradiciones diferentes, ha variado con el tiempo. Los exploradores españoles y los primeros habitantes nombraron a los huracanes según los días de los santos del calendario religioso (Salivia, 1972). En 1941, el ficticio “pequeño espiral incipiente” (un viento llamado “Maria” en la novela “Storm” [Tormenta]) generó una revolución en la nomenclatura de los huracanes (Stewart, 1941, página 18). Aparentemente, los meteorólogos de la Marina de los EE. UU. adoptaron la innovación de Stewart durante la Segunda Guerra Mundial, para recordar a sus novias que habían quedado en sus hogares, y les ponían sus nombres a los ciclones tropicales. Definitivamente, era más fácil personalizar las tormentas que intentar recordar sus grados de latitud y longitud. A principios de la década de 1950, los ciclones del Atlántico se etiquetaron según el alfabeto fonético, pero en 1953, el Servicio Meteorológico de los EE. UU. lo cambió por nombres femeninos. Esa tradición continuó hasta 1979, cuando nombres femeninos y masculinos se alternaron durante el año. Es interesante destacar que el huracán de 1956 denominado Betsy por el Servicio Meteorológico de los EE. UU. se llamó “Santa Clara” cuando atravesó Puerto Rico (Fig. 12). Hoy, la Organización Meteorológica Mundial tiene un procedimiento para designar los nombres de tormentas tropicales y huracanes en diferentes regiones del mundo.

San Janero (1766) y San Agustín (1772) fueron los únicos huracanes registrados del siglo XVIII que atravesaron la sierra de Luquillo. San Jacinto I (1807), una tormenta de paso lento, pasó justo al sur de la sierra de Luquillo y estuvo 50 horas sobre alguna parte de Puerto Rico (Salivia, 1972). Santa Ana (1825), San Jacinto II (1827) y Nuestra Señora de los Ángeles (1837), todos pasaron a corta distancia del sur de la sierra de Luquillo. En 1867, la isla experimentó el huracán Narciso, que atravesó directamente la sierra de Luquillo; además, solo 3 semanas después, un importante terremoto sacudió la isla (Salivia, 1972).

Al menos seis huracanes durante el siglo XX pasaron sobre Puerto Rico y tuvieron varias consecuencias sobre los bosques del LEF (Tabla 6):

- San Felipe (1928), con vientos máximos de 240 km hora<sup>-1</sup> y 735 mm de lluvia, “el más grande, más violento y más destructor” de los huracanes (Salivia, 1972), o la tormenta legendaria de la isla, pasó al oeste de la sierra de Luquillo y estuvo 36 horas sobre la isla.
- San Nicolás (1931), con vientos de 145 km hora<sup>-1</sup> y 125 mm de lluvia, atravesó la costa norte de la isla durante 40 horas (Salivia, 1972).
- San Cipriano (1932), con vientos de 200 km hora<sup>-1</sup> y 430 mm de lluvia, pasó directamente sobre el LEF y estuvo 18 horas sobre la isla (Crow, 1980).



Referencias para los principales huracanes en Puerto Rico desde 17001.2

| Clave | Año  | Nombre          | Clave  | Año  | Nombre                | Clave | Año  | Nombre              | Clave | Año  | Nombre              |
|-------|------|-----------------|--------|------|-----------------------|-------|------|---------------------|-------|------|---------------------|
| 1-A   | 1738 | Santa Rosa II   | 10-B   | 1805 | San Vicente II        | 18-A  | 1827 | San Jacinto II      | 26-A  | 1899 | San Ciriaco         |
| 2-A   | 1738 | San Leoncio III | 11-A   | 1807 | San Jacinto           | 19-A  | 1835 | San Hipólito        | 27-A  | 1928 | San Felipe II       |
| 3-A   | 1751 | San Agapito     | 12-B/? | 1809 | San Esteban III       | 20-A  | 1837 | N.S. de los Angeles | 28-B  | 1931 | San Nicolás         |
| 4-B   | 1766 | San Jenaro      | 13-A   | 1813 | San Liborio II        | 21-B  | 1851 | San Agapito II      | 29-A  | 1932 | San Cipriano II     |
| 5-A   | 1766 | San Marcus      | 14-B   | 1814 | San Liborio III       | 22-B  | 1852 | San Lorenzo         | 30-A  | 1956 | Santa Clara (Betsy) |
| 6-A   | 1772 | San Agustín     | 15-B   | 1816 | San José de Cupertino | 23-A  | 1867 | San Narciso         | 31-B  | 1989 | Hugo                |
| 7-B/? | 1772 | San Ramón II    | 16-A/? | 1819 | San Mateo III         | 24-A  | 1876 | San Felipe I        | 32-B  | 1996 | Hortense            |
| 8-B/? | 1780 | San Antonio     | 17-A   | 1825 | Santa Ana             | 25-A  | 1893 | San Roque III       | 33-A  | 1998 | Georges             |
| 9-B/? | 1785 | San Lupo        |        |      |                       |       |      |                     |       |      |                     |

<sup>1</sup>Clave: A = el vórtice del huracán pasó sobre la isla con vientos huracanados; B = el vórtice del huracán pasó sobre parte de la isla o la costa con vientos huracanados sobre parte de la isla; A/? y B/? = trayectoria incierta (por ej., San Ramón II en 1772 pasó al norte de la isla). Las trayectorias de 1899 y posteriores son conocidas;

<sup>2</sup>Fuentes: Neumann et al., 1988; Salvia, 1972.

Figura 12: Trayectoria de huracanes sobre Puerto Rico desde 1700

**Tabla 6: Impacto de los huracanes del siglo XX sobre la vegetación de la sierra de Luquillo, principalmente en el Bosque Experimental de Luquillo**

### Nombres y datos de huracanes

Tipo de bosque o área y breve resumen de las consecuencias de la tormenta y la recuperación en el LEF (fuente)

#### San Felipe (9/13/28)

**Distrito de Luquillo:** Los estudios de campo mostraron defoliación, además de quebradura de ramas y desarraigo de troncos. La producción de semillas después de la tormenta fue anormalmente alta para algunas especies. El tiempo transcurrido hasta la recuperación varió según la especie, principalmente entre 4 y 6 meses (Bates, 1929).

#### San Felipe (9/13/28), San Nicolás (9/10/31) y San Cipriano (9/26/32)<sup>a</sup>

**Bosque tropical montano bajo:** El registro de 1943-1976 para la parcela El Verde III mostró dos fases distintas en la estructura forestal y la composición de las especies después del huracán. A principios de la década de 1940, las especies secundarias eran comunes y la cantidad de tallos y biomasa aumentó rápidamente; a mediados de los años 70, había menos tallos y especies, y disminuyó la acumulación de biomasa. El porcentaje de pérdida de especies arbóreas secundarias fue mayor que para las especies primarias (Crow, 1980). Además, un registro de 1946-1988 para la parcela permanente TR-1 mostró la densidad de tallos, la cantidad de especies y la tasa de acumulación de biomasa a un máximo de 14 años después del último huracán. Las especies secundarias disminuyeron en cantidad con el tiempo y la *Dacryodes excelsa* dominó en tallos y biomasa a lo largo del período de recuperación posterior al huracán (Weaver, 2002b).

**Bosque tropical montano:** El registro combinado de 1946-1981 para siete rodales mostró cambios positivos en las distribuciones de clase de diámetro y altura. Las especies secundarias presentes disminuyeron en un principio más rápidamente que las primarias. La gravedad específica media del bosque (es decir, medida por tres volúmenes) aumentó durante 30 años un 1.9 %, incluidas las palmeras, y 3.9 % para especies de hoja ancha solamente. Tanto las tasas de crecimiento del diámetro del árbol y la densidad de las especies (es decir, una mezcla de especies secundarias y primarias) fue mayor unos pocos años después del huracán y disminuyó con el tiempo. Los volúmenes de rodales y la biomasa aumentaron durante el período de recuperación (Weaver, 1989b).

#### Santa Clara o Betsy (8/13/56)

**LEF:** La defoliación, la quebradura y el desarraigo no parecieron aumentar con la altura. El impacto sobre las crestas se limitó a la defoliación, mientras que el temporal dentro del valle Mameyes fue localmente severo. Se produjo más defoliación en las laderas del este que las del oeste. La quebradura fue más común en suelos llanos, mientras que el desarraigo fue más pronunciado en suelos profundos. Los árboles dominantes en rodales sufrieron más daño que los árboles subordinados. Las plantaciones forestales sufrieron grandes pérdidas en determinadas zonas. Las plantaciones más jóvenes sobrevivieron mejor que las anteriores (es decir, los árboles más grandes). Algunas especies arbóreas fueron más susceptibles a la quebradura o el desarraigo que otras (Wadsworth y Englerth, 1959).

#### Hugo (9/18/89)

**Bosque tropical montano bajo:** En Bisley, Sabana 4 y Río Grande, los árboles grandes sufrieron daños mayores cuanto más cerca se estaba de la trayectoria (Parresol y Alemñy, 1998). Más árboles fueron gravemente defoliados en Bisley (más cerca de la trayectoria del huracán Hugo) que en El Verde. La proporción de tallos arrancados o fracturados entre los sitios no fue demasiado diferente. El lechado no evitó el desarraigo. La gravedad específica de los árboles fracturados estuvo significativa y negativamente relacionada con el daño en Bisley, pero no en El Verde (Walker et al., 1992). Se produjo una gran defoliación sobre el 56 % de los árboles, con un 11 % de árboles quebrados, 9 % de árboles desarraigados y 7 % muertos. La mayoría del daño se produjo en los sitios del norte. Los árboles altos de gran diámetro fueron los más propensos a ser desarraigados (Walker, 1991). En Bisley, todos los árboles se defoliaron y el 35 % tenían ramas quebradas, el 5 % tenía troncos quebrados y el 48 % sufrió fracturas o fue arrancado de raíz. La tasa de recuperación (rebrote, regeneración y crecimiento) fue alta. La *Dacryodes excelsa* mostró la mayor resistencia al daño por el huracán y se recuperó rápidamente de sus lesiones. El impacto más grave se produjo en los valles, más que en las crestas o pendientes. La mayoría de las especies arbóreas introducidas, plantadas en quebradas, se vio gravemente afectada. Todas las palmeras se defoliaron, pero el 46 % permaneció en pie. Los árboles grandes fueron altamente susceptibles al daño. No hubo un patrón de daño evidente para las clases de tamaño de árbol menores a 50 cm de diámetro (Basnet, 1993a; Basnet et al., 1992). La medición continuada del rodal de la parcela permanente TR-1 mostró un deterioro inmediato posterior al huracán en la cantidad de especies y biomasa con una explosión de crecimiento interno de *Cecropia schreberiana* (Weaver, 2002b). En la parcela de biodiversidad de Bisley, la composición de las especies fue relativamente constante antes y después del paso de Hugo, excepto que la *Cecropia schreberiana* reemplazó a *Prestoea montana* como la especie más común. Los árboles vivos en pie disminuyeron un 61 % y el área basal, un 64 % 5 meses después de la tormenta (Dallmeier et al., 1998). En las cuencas de Bisley, la biomasa vegetativa total disminuyó un 62 %, de 301 t ha<sup>-1</sup> a 113 t ha<sup>-1</sup>, lo que redujo el contenido de nutrientes en la superficie del bosque entre un 45 % y un 48 % (Scatena et al., 1993). La deposición de la hojarasca buena (hojas y polvo de madera y varios) varió de 420 a 450 veces el ingreso diario medio anterior a la tormenta (Lodge et al., 1991). La acumulación inhibió el establecimiento de plántones, con variaciones en la respuesta de las especies que posiblemente cambian la composición arbórea del bosque (Guzmán-Grajales y Walker, 1991). En El Verde, aproximadamente un 25 % de los árboles sufrió el impacto, y un 9 % murió. Las especies pioneras sufrieron quebraduras y mortalidad altas, y tuvieron baja capacidad de brotar, mientras que las no pioneras sufrieron daños moderados y rebrotaron. La fractura de tallos se relacionó con la densidad de la madera y el daño de las ramas aumentó con el tamaño del árbol (Zimmerman et al., 1994). La luz aumentó en el sotobosque después del huracán (Fernández y Fetcher, 1991). Los pozos provocados por la caída de los árboles posterior al paso del huracán alteraron la recuperación y la mortalidad de especies del sotobosque, pero no cambió la riqueza de las especies. Además, los tamaños de los pozos no afectaron la densidad de los retoños o plántones de las especies (Walker, 2000).

(la tabla continúa en la página siguiente)

**Tabla 6 (continuación): Impacto de los huracanes del siglo XX sobre la vegetación de la sierra de Luquillo, principalmente en el Bosque Experimental de Luquillo**

### Nombres y datos de huracanes

#### Tipo de bosque o área y breve resumen de las consecuencias de la tormenta y la recuperación en el LEF (fuente)

Las tasas de crecimiento de los plántones de *Manilkara bidentata* aumentaron en respuesta a la luz disponible en el piso del bosque (You y Petty, 1991). La lluvia de semillas posterior al huracán, que coincide con períodos de alta producción de semillas, estuvo dominada por arbustos que colonizaron las laderas (Walker y Neris, 1993). Las raíces vivas finas de 10 cm o menos de profundidad desaparecieron 3 meses después de la tormenta (Parrotta y Lodge, 1991). La cubierta de hierbas estuvo al 55 % un año después de la tormenta, cuando la cubierta de vid estaba al máximo. La cobertura y la riqueza de las especies de hierbas y vides, pero no helechos, se redujeron significativamente después de 4 años (Chinea, 1999). En El Verde, ocho especies arbóreas de sotobosque mostraron un aumento en la cantidad de hojas y una producción aún más estacional de hojas que en las condiciones previas al huracán; además, los niveles de herbívoros disminuyeron del 16 % al 2 % (Angulo-Sandoval, 2004). La reorganización de la biomasa en superficie se caracterizó por un período de inicial de recuperación del follaje y el dosel arbóreo, seguido de un pico de productividad en superficie a medida que las especies sucesorias crecieron como retoños y tallos del tamaño de un poste. Dentro de los rodales, la eficiencia en el uso de nutrientes y la productividad en superficie (por ej., 21.6 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) fue muy alta (Scatena *et al.*, 1995). Un resumen de la recuperación en Bislely mostró una pérdida inmediata posterior al huracán del 50 % de biomasa y una pérdida en la densidad de tallos y en riqueza de especies. A esto, le siguió un período de 15 años hasta que la biomasa recuperó los niveles anteriores al huracán, y la cantidad de árboles y la riqueza de especies superó los niveles anteriores al huracán (Heartsill *et al.*, 2010).

**Bosque tropical montano:** La deposición de hojarasca fina fue de 680 veces el ingreso diario medio anterior a la tormenta (Lodge *et al.*, 1991). La lluvia provocó más de 400 laderas que varían en tamaño desde los 18 m<sup>2</sup> hasta los 4500 m<sup>2</sup> en un área de 6475 ha o 0.11 % de la muestra de área forestal (Larsen y Torres-Sánchez, 1992).

**Matorral de palmeras:** El 30 % de los árboles sufrieron impactos notables; el 84 % del daño fue en el dosel arbóreo. La mortalidad de árboles fue solo del 1 % en los tallos. La recuperación se caracterizó por una rápida refoliación, un crecimiento de ramas epicórmicas, la producción accidental de raíces, el rebrote y la regeneración de las semillas en áreas abiertas (Frangi y Lugo, 1991). Cinco años después del huracán, la densidad de los tallos, el área basal y la biomasa superaron los valores anteriores al huracán con un 76 % de la acumulación de biomasa entre 1990 y 1995 por las palmeras. La hojarasca del suelo del bosque disminuyó inmediatamente después del huracán a los valores previos para 1995. La mortalidad retrasada de los árboles entre 1990 y 1995 fue el doble de la mortalidad de árboles instantánea inmediatamente después del huracán. La regeneración de las palmeras, los árboles y los helechos dependió de una combinación de factores, entre los que se incluyen el período hídrico, la luz y el espacio (Frangi y Lugo, 1998).

**Bosque enano:** El registro de 1990-1995 para seis parcelas pequeñas mostró que la mortalidad posterior al huracán (es decir, la mortalidad retrasada) representó una pérdida del 20 % de los tallos, notablemente en los de diámetro más pequeño y mayor altura. Las tasas de mortalidad variaron considerablemente según la especie de árbol. La caída total de hojarasca anterior y posterior al huracán era prácticamente la misma, pero la fracción de hoja disminuyó y la fracción de madera aumentó. La productividad primaria posterior al huracán (1991) superó los valores anteriores al huracán (1981) cuando se incluyeron los restos gruesos de madera (Weaver, 1999b; Weaver y Murphy, 1990). La remoción de epífitas de los árboles fue generalizada y varió según la topografía (es decir, la exposición al viento) (Weaver, obs. pers.). Aproximadamente un tercio de la biomasa se recuperó en 16 meses y más del 40 % en 8 años (Weaver, 1999).

**Bosques del LEF:** Los perfiles del porcentaje de follaje a diferentes alturas sobre el suelo cambiaron dramáticamente; los niveles superiores disminuyeron y los niveles del suelo aumentaron después de la tormenta (Brokaw y Gear, 1991). El establecimiento de especies de madera mediante semillas es más importante para la regeneración posterior al huracán en el bosque montano bajo que en el bosque enano. La recuperación de la productividad forestal tuvo menos respuesta a la disponibilidad de nutrientes en el bosque enano que en el bosque montano bajo. Las respuestas oportunistas y rápidas a los agregados de nutrientes (*Cecropia schreberiana* y graminoideas en el bosque montano bajo, y graminoideas en el bosque enano) contrastan con las respuestas lentas de los árboles maduros (Walker *et al.*, 1996).

### Georges (9/21/98)

**Bosque tropical montano bajo:** La medición continuada del rodal de la parcela permanente TR-1 reveló un deterioro constante en la cantidad de especies junto con una dominancia proporcionalmente mayor de *Dacryodes excelsa* tanto en tallos residuales como en biomasa (Weaver, 2002b). El área basal explica el 61 % del volumen de montículos de árboles arrancados de raíz después del huracán; además, las tasas de regeneración del suelo basadas en los árboles arrancados de raíz durante los huracanes es de entre 1600 y 4800 años, y supera las tasas de regeneración provocadas por la caída de árboles por otras causas o desprendimientos (Lenart and others 2010).

**Bosque enano:** La medición continuada de seis parcelas permanentes pequeñas en Pico del Este mostró que la cantidad de tallos y la biomasa disminuyó ligeramente (Weaver, 2008).

**Bosques del LEF:** Los depósitos de hojarasca posteriores al huracán para seis bosques diferentes variaron entre 0.55 y 0.93 veces las tasas anuales, y sus tasas de descomposición variaron de entre 0.74 y 1.09 años. La descomposición subsiguiente regresó a la normalidad los niveles de hojarasca: dentro de 1.1 años o menos en todos los sitios (Ostertag *et al.*, 2003).

<sup>a</sup>Los análisis de datos a largo plazo incluyeron los efectos combinados de los tres huracanes (Crow, 1980; Weaver, 1989b).

- Santa Clara (1956), con un máximo de 145 km hora<sup>-1</sup> y 230 mm de lluvia, cruzó el centro de la isla y provocó daño localizado en la sierra de Luquillo (Wadsworth y Englerth, 1959).
- Hugo (1989), con vientos máximos sostenidos de 165 km hora<sup>-1</sup> y ráfagas de 194 km hora<sup>-1</sup>, y más de 200 mm de lluvia, pasó 15 km al noreste del LEF pero duró solo 4 horas (Brennan, 1991; Scatena y Larsen, 1991).
- Georges (1998), con vientos máximos sostenidos de 185 km hora<sup>-1</sup> (ráfagas de 240 km hora<sup>-1</sup>) y lluvia de entre 125 mm y 150 mm, pasó aproximadamente 15 km al sur del LEF y estuvo 6 horas sobre la isla (Ostertag et al., 2003; Servicio Geológico de EE. UU, 1999).

Una clasificación mensual de 102 huracanes que pasaron entre 1500 y 1970 reveló lo siguiente: julio con 12; agosto con 35; septiembre con 41; y junio, octubre y noviembre juntos con 14 (Salivia, 1972). Una rima bastante repetida de origen incierto generaliza oportunamente estos resultados: “June, too soon; July, stand by; August, don’t trust; September, to remember; October, it’s over” (Junio, demasiado pronto; julio, se mantiene; agosto, no confíes; septiembre, para recordar; octubre, se terminó).

Algunas veces, se hacen consultas sobre cuál fue el huracán más dañino o la ubicación que más veces sufrió el impacto de los huracanes en la isla. Los impactos de los huracanes en cualquier sitio dependen de varios factores, por ejemplo:

- Trayectoria: Veinte de los 33 huracanes que cruzaron la totalidad o parte de Puerto Rico ingresaron por el borde sureste de la isla y salieron por el oeste o noroeste (Fig. 12). Desde la perspectiva de la sierra de Luquillo, San Janero, San Agustín, San Narciso y San Cipriano fueron tormentas poderosas cuyas trayectorias realmente cruzaron las montañas.
- Intensidad: San Felipe II (1928) llegó con vientos violentos y una trayectoria que atravesó el medio de la isla, lo que provocó importantes daños a viviendas, cultivos y bosques (Salivia, 1970).
- Duración: San Jacinto I (1807), una tormenta de paso lento, golpeó diferentes partes de Puerto Rico durante 50 horas (Salivia, 1970).
- Eventos simultáneos: Al huracán San Narciso (1867) lo siguió un importante terremoto que sacudió Puerto Rico y las Islas Vírgenes, 20 días después, y provocó maremotos (Lewisohn, 1964).
- Vidas humanas: Si bien sus vientos sobre Puerto Rico apenas tenían fuerza de huracán y su trayectoria fue bastante al sur de la isla, las fuertes lluvias que acompañaron a Hortense (1996) mataron a unas 20 personas (Bennett, 1996). Hortense causó, además, varios desprendimientos dentro del LEF y cerró la ruta PR 191 durante aproximadamente 1 mes.

- Economía: Georges (1998), el más reciente, atravesó toda la isla y provocó \$1900 millones en daños a un moderno Puerto Rico (Servicio Geológico de EE. UU, 1999).

Además, los huracanes tuvieron otros efectos. Después de la defoliación, las fracturas y los temporales provocados por el huracán Hugo, las nubes parecieron colocarse por sobre las montañas o más arriba, en ocasiones dejando despejadas las cimas por largos períodos. También se notó una disminución en la cantidad de episodios breves de lluvia orográfica a menor altura. Muchos factores pudieron contribuir en dicho fenómeno. Las aperturas de los bosques y la pérdida de hojas a alturas más bajas pudo derivar en un aumento temporal del calor a nivel del suelo (Van der Molen et al., 2006) y una reducción de las tasas de transpiración. Además, la escorrentía pudo aumentar temporalmente porque llegaba más lluvia al suelo ante la ausencia de superficies de hojas que la interceptaran. En comparación, una pérdida temporal de hojas y epífitas sobre las cimas pudo reducir la cantidad de intercepción de la humedad de las nubes (Weaver, 1999).

Los efectos extendidos sobre la vegetación también tuvieron influencia sobre la población silvestre del LEF: aves, reptiles, anfibios, murciélagos e invertebrados. Algunas aves mueren y otras son obligadas a adaptarse a las nuevas condiciones ambientales o migrar temporalmente a nuevos entornos (Wiley y Wunderle, 1993; Wunderle, 1995). Las poblaciones adultas de *Eleutherodactylus coqui*, la rana más conocida de la isla, aumentaron seis veces como resultado de la deposición de las ramas de dosel arbóreo sobre el suelo (Woolbright, 1996). Las ranas juveniles también aumentaron 1 año después. Tanto los huracanes como las sequías ejercieron influencia sobre la abundancia y la distribución de los camarones de agua fresca en los nacimientos de ríos al modificar canales y sustratos, o al secar temporalmente las vías de agua (Covich et al., 1996, 2006).

Se intentó asociar eventos climáticos distantes o de corto plazo (por ej., seis huracanes y cinco sequías de intensidad variada entre 1989 y 1998) con observaciones de campo en el LEF (Beard et al., 2005). Los principales huracanes de 1989 y 1998 (Tabla 6) tuvieron un fuerte impacto sobre la hojarasca y la sequía prolongada de 1994-1995, sobre la biomasa de raíz fina. El resto de los fenómenos provocó respuestas forestales estructurales y funcionales menores, y se pueden considerar como una variación de trasfondo.

## Capítulo 3. DISTRIBUCIONES DE ÁRBOLES Y PRINCIPALES TIPOS DE BOSQUES

Las distribuciones de árboles y los principales tipos de bosques son producto del clima, las alteraciones recurrentes y la actividad humana. En referencia al LEF, algunos notaron que “la actividad humana extendida sobre este paisaje montañoso exige que todas las investigaciones, las decisiones de gestión y las interpretaciones geológicas incorporen la toma de conciencia sobre la historia del uso del suelo”. También advirtieron que, “A pesar de la contundente evidencia de campo e histórica del uso del suelo, hubo una tendencia a interpretar la estructura y la dinámica del bosque principalmente en términos naturales” (Foster et al., 1999).

### Relaciones entre especies arbóreas y distribución geográfica

La sierra de Luquillo tiene al menos 830 especies nativas de plantas, entre las que se incluyen más de 250 especies de árboles, y es uno de los centros con gran riqueza de especies y endemismo en Puerto Rico (Figueroa Colón, 1996). El LEF, que ocupa el 58 % de la sierra de Luquillo (Tabla 2), tenía al menos 225 especies de árboles nativos en 144 géneros y 59 familias de plantas con las siguientes distribuciones regionales: el 41 % también se encontró en áreas continentales (es decir, América del Sur y Central, México y la Florida); el 28 % crecía en otro lugar de las Indias Occidentales, pero no el continente; y el 31 % es endémica de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (Little, 1970; Little y Woodbury, 1976, 1980). De las 88 especies clasificadas como endémicas o raras en el LEF, 16 se clasificaron como endémicas solo para el LEF, 52 como endémicas para Puerto Rico y que también se encuentran en el LEF; y 20 especies como raras en Puerto Rico pero también nativas de áreas fuera de la isla. Las recientes obras redujeron la cantidad de endémicas al LEF a 8, lo que significa que 60 especies actualmente están clasificadas como endémicas para Puerto Rico y también se encuentran en el LEF (Axelrod, 2011).

Los resultados de varios estudios e investigaciones ofrecen otras estimaciones de especies arbóreas según el tipo de bosque (Tablas 7 y 8):

- **Montano bajo**, 73 registradas sobre 4 ha y 168 observadas durante excursiones a varios sitios (Little, 1970); además, 69 registradas sobre 0.9 ha durante el muestreo de los gradientes (Weaver, 2010a).
- **Montano**, 51 registradas sobre 4 ha (Little, 1970) y 73 registradas sobre 3.75 ha durante el muestreo anterior (Weaver, 1989b).
- **Matorral de palmeras**, 63 registradas sobre 4 ha (Little, 1970) y 36 registradas sobre 0.6 ha en el muestreo de los gradientes (Weaver, 2012).
- **Enano**: se observaron 54 en 0.82 ha durante el muestreo de los gradientes (Weaver 2008, 2010b).

Aunque nunca se han tomado muestras de algunas áreas dentro del bosque experimental de Luquillo, parece

improbable que una investigación adicional pueda agregar algo más al bosque que unas pocas especies raras de árboles.

### Muestreo del campo y supervisión permanente de la parcela

El Servicio Forestal y los colaboradores han realizado investigaciones en las Montañas de Luquillo durante casi un siglo y han supervisado parcelas forestales primarias y secundarias por casi 70 años. Desde 1943, se establecieron por lo menos 618 parcelas demarcadas con más de 134.000 árboles en 66.75 ha ubicadas entre 210 y 1025 m de altura (Lugo and Brown 1981, Wadsworth 1970) (Fig. 13) (Tabla 7). Aunque recibe menos atención que otros sitios de investigación más conocidos, la supervisión de parcelas ha contribuido con información de contexto sobre especies de árboles y tipos de bosques, y continúa siendo una parte integral del programa de investigación del Instituto. Idealmente, el muestreo hubiera incluido más parcelas cercanas al límite del bosque. Sin embargo, la mayoría de estas áreas recibieron un fuerte impacto de actividades humanas, tales como la agricultura, la deforestación, la producción de carbón vegetal, la construcción de caminos y senderos, la plantación forestal y la mejora de árboles en pie (Crow 1980, García-Montiel and Scatena 1994, Scatena 1989, Thompson et al 2002, Wadsworth 1950, Weaver and Bauer 1986).

Los resultados de los estudios y supervisión de parcelas reflejan los objetivos del estudio, el diseño y la replicación del muestreo y el plazo en que se realizaron las mediciones, especialmente con respecto a huracanes o el uso de la tierra previos. Muchos de los estudios hicieron hincapié en especies de árboles, volúmenes de madera u otros aspectos de la vegetación, a saber:

- **Investigación de la madera.** Se utilizaron parcelas temporarias para lo siguiente: investigar la cantidad en existencias de especies de madera aserrada en el bosque montano en 1905; calcular el volumen de troncos de pie en 1918; realizar investigaciones por franjas de las existencias del bosque en 1930 y realizar investigaciones de la madera por franjas lineales en las áreas programadas para cosecha en 1937 y 1948.
- **Parcelas permanentes aisladas.** Se etiquetaron y midieron, de forma permanente, árboles en 24 parcelas de tamaños variables ubicadas dentro de un vuelo forestal representativo (Fig. 13) (Tabla 7): en 1943, una parcela montana baja cerca de El Verde; en 1946 y 1951, cinco parcelas de un bosque montano bajo, nueve en bosque montano y dos en matorrales de palmeras; en 1980, otra parcela de palmeras; en 1990, seis parcelas pequeñas de bosque enano. Se identificaron y midieron todos los árboles por encima de un diámetro especificado a la altura del pecho (DAP), y las alturas se omitieron, se midieron o se calcularon. Se hizo un conteo del crecimiento hacia adentro (es decir, reclutamiento de árboles que llegaban al tamaño mínimo del DAP) y de la mortalidad.

**Tabla 7: Parcelas con supervisión de árboles permanentes y temporarias establecidas en el Bosque Experimental de Luquillo**

| Ubicación<br>Nombre de la parcela                                    | Fechas<br>establecidas | N.º de<br>parcela | Área total<br>ha | Elevación<br>m  | N.º de<br>tallos | N.º de<br>especies |
|--|------------------------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| <b>Parcelas con supervisión de especies de árboles a largo plazo</b> |                        |                   |                  |                 |                  |                    |
| Bosque tropical montano bajo <sup>b</sup>                            |                        |                   |                  |                 |                  |                    |
| El Verde III   | 1943                   | 1                 | 0.72             | 380             | 955              | 46                 |
| Cresta Tabonuco 1 (TR-1)   | 1946                   | 1                 | 0.40             | 400             | 713              | 48                 |
| Ladera Tabonuco 2 (TS-2)   | 1946                   | 1                 | 0.40             | 500             | 827              | 46                 |
| Ladera Tabonuco 3 (TS-3) <sup>c</sup>                                | 1946                   | 1                 | 0.40             | 570             | 949              | 48                 |
| Tierra cosechada Tabonuco 1 (TCU-1)                                  | 1947                   | 1                 | 0.20             | 470             | 402              | 47                 |
| Tierra cosechada Tabonuco 2 (TCU-2)                                  | 1947                   | 1                 | 0.20             | 470             | 493              | 42                 |
| Bosque tropical montano <sup>d</sup>                                 |                        |                   |                  |                 |                  |                    |
| Ladera Colorado 1 (CS-1)   | 1946                   | 1                 | 0.40             | 700             | 905              | 35                 |
| Ladera Colorado 2 (CS-2)   | 1946                   | 1                 | 0.40             | 700             | 725              | 47                 |
| Ladera Colorado 3 (CS-3) <sup>c</sup>                                | 1946                   | 1                 | 0.40             | 880             | 676              | 40                 |
| Ladera Colorado 4 (CS-4) <sup>c</sup>                                | 1946                   | 1                 | 0.40             | 880             | 733              | 33                 |
| Valle Colorado 1 (CV-1) <sup>c</sup>                                 | 1946                   | 1                 | 0.40             | 750             | 662              | 37                 |
| Valle Colorado 2 (CV-2) <sup>c</sup>                                 | 1946                   | 1                 | 0.40             | 740             | 588              | 27                 |
| Valle Colorado 3 (CV-3) <sup>c</sup>                                 | 1946                   | 1                 | 0.40             | 650             | 785              | 58                 |
| Valle Colorado 4 (CV-4) <sup>c</sup>                                 | 1946                   | 1                 | 0.40             | 650             | 805              | 49                 |
| Tierra cosechada Colorado (CCU)                                      | 1947                   | 1                 | 0.40             | 670             | 794              | 24                 |
| Matorral de palmeras <sup>e</sup>                                    |                        |                   |                  |                 |                  |                    |
| Ladera de palmeras 1 <sup>c</sup>                                    | 1946                   | 1                 | 0.40             | 500             | 705              | 26                 |
| Ladera de palmeras 2   | 1946                   | 1                 | 0.40             | 570             | 703              | 33                 |
| Matorral de palmeras ribereño  | 1980                   | 1                 | 0.25             | 750             | 765              | 27                 |
| Bosque enano   |                        |                   |                  |                 |                  |                    |
| Pico Este (cercano al camino)  |                        |                   |                  |                 |                  |                    |
| Cresta   | 1990                   | 1                 | 0.025            | 1000            | 101              | 6                  |
| Ladera   | 1990                   | 1                 | 0.025            | 970             | 48               | 6                  |
| Quebrada   | 1990                   | 1                 | 0.025            | 970             | 49               | 7                  |
| Pico Este (cercano a los restos)                                     |                        |                   |                  |                 |                  |                    |
| Cresta   | 1990                   | 1                 | 0.025            | 900             | 78               | 9                  |
| Ladera   | 1990                   | 1                 | 0.025            | 900             | 89               | 7                  |
| Quebrada   | 1990                   | 1                 | 0.025            | 900             | 81               | 7                  |
| <b>Subtotal (parcelas a largo plazo)</b>                             | <b>1943 - 1990</b>     | <b>24</b>         | <b>7.12</b>      | <b>380-1000</b> | <b>13,631</b>    | <b>N/D</b>         |

*(la tabla continúa en la página siguiente)*

**Tabla 7 (continuación): parcelas con supervisión de árboles permanentes y temporarias establecidas en el Bosque Experimental de Luquilloa**

| Ubicación<br>Nombre de la parcela                                  | Fechas<br>establecidas | N.º de<br>parcela | Área total<br>ha | Elevación<br>m  | N.º de<br>tallos | N.º de<br>especies |
|--|------------------------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| <b>Parcelas con supervisión de investigación especial</b>          |                        |                   |                  |                 |                  |                    |
| Bosque tropical montano bajo                                       |                        |                   |                  |                 |                  |                    |
| Parcelas de administración piloto <sup>g</sup>                     |                        |                   |                  |                 |                  |                    |
| Cubuy  | 1957                   | 100               | 8.00             | 350-550         | 799              | 29                 |
| Río Grande   | 1957                   | 104               | 8.32             | 420-600         | 404              | 14                 |
| Sabana 4   | 1957                   | 106               | 8.48             | 210-600         | 273              | 8                  |
| Sabana 8   | 1957                   | 107               | 8.56             | 180-360         | 1332             | 17                 |
| Parcela dinámica del bosque Luquillo <sup>h</sup>                  | 1990                   | 1                 | 16.00            | 333-428         | 86,788           | 145                |
| Bosque tropical montano  |                        |                   |                  |                 |                  |                    |
| Parcelas del inventario FIA <sup>i</sup>                           | 2000                   | 6                 | 0.40             | 608-808         | 229              | 27                 |
| <b>Subtotal (parcelas especiales)</b>                              | <b>1957-2000</b>       | <b>424</b>        | <b>49.76</b>     | <b>210-808</b>  | <b>89,825</b>    | <b>N/D</b>         |
| <b>Parcelas de gradiente de muestreo</b>                           |                        |                   |                  |                 |                  |                    |
| Bosque tropical montano bajo <sup>j</sup>                          | 2000-02                | 18                | 0.90             | 380-550         | 3619             | 42                 |
| Bosque tropical montano <sup>k</sup>                               | 1980-81                | 69                | 3.75             | 600-900         | 8183             | 87                 |
| Matorral de palmeras <sup>l</sup>                                  | 2000-02                | 12                | 0.60             | 550-850         | 1122             | 35                 |
| Bosque enano <sup>m</sup>  | 2000-02                | 33                | 0.82             | 900-1025        | 3621             | 42                 |
| Gradiente de la isla noresten Estudio metacomunitario <sup>n</sup> | 2001-02                | 12                | 1.20             | 380-1000        | 1764             | 71                 |
| Tierra cosechada Colorado (CCU) <sup>o</sup>                       | 2001-02                | 26                | 2.60             | 300-1000        | 12,361           | 99                 |
| <b>Subtotal (parcelas con gradientes)</b>                          | <b>1980-2002</b>       | <b>170</b>        | <b>9.87</b>      | <b>300-1025</b> | <b>30,670</b>    | <b>N/D</b>         |
| <b>Total</b>   | <b>1943-2002</b>       | <b>168</b>        | <b>66.75</b>     | <b>210-1025</b> | <b>134,126</b>   | <b>N/D</b>         |

<sup>a</sup>Otras parcelas pequeñas se establecieron antes en el LEF pero no se mantuvieron. El DAP mínimo para todas las parcelas es mayor de 4 cm, a menos que se indique lo contrario. Los números de tallos y especies derivan de los primeros conteos realizados en cada parcela. N/D = No disponible

<sup>b</sup>Fuentes: Crow (1980); Drew et al (2009); Johnston (1990); Weaver (1983, 1998, 2002b).

<sup>c</sup>Parcelas permanentes dentro del área silvestre El Toro.

<sup>d</sup>Fuentes: Weaver (1983, 1986, 1987a, 1987b, 1989b, 2000a).

<sup>e</sup>Fuentes: Frangi y Lugo (1985, 1991, 1998); Lugo y Frangi (1993); Weaver (1983).

<sup>f</sup>Fuentes: Weaver (1999, 2008).

<sup>g</sup>Fuentes: Anónimo (1958); Crow y Grigal (1980); Crow y Weaver (1977). Cada área contenía árboles seleccionados cultivados mayores de 10 cm.

<sup>h</sup>Fuente: Thompson et al (2002). El DAP mínimo es mayor o igual a 1 cm.

<sup>i</sup>Fuente: Brandeis et al (2007). El DAP mínimo es menor o igual a 12.5 cm.

<sup>j</sup>Fuente: Weaver (2010a) (18 parcelas de un tamaño de 50 x 10 m).

<sup>k</sup>Fuente: Weaver (1991, 2000, 2001). También, estudio de gradiente (69 parcelas de un tamaño de 50 x 10 m).

<sup>l</sup>Fuente: Weaver (XXX) (12 parcelas de un tamaño de 50 x 10 m).

<sup>m</sup>Fuente: Weaver (2010b) (33 parcelas de un tamaño de 25 x 10 m).

<sup>n</sup>Fuente: Gould et al. (2006) (12 parcelas de un tamaño de 10 x 10 m). El DAP mínimo es mayor de 2 cm.

<sup>o</sup>Fuente: Barone et al. (2008) (26 parcelas de un tamaño de 50 x 20 m). El DAP mínimo es mayor de 1 cm.

**Tabla 8: Comparación de datos de dinámicas y estructura de bosques para la gradiente del bosque experimental de Luquillo**

| Característica  | Tipo de bosque               |                         |                      |              |
|---|------------------------------|-------------------------|----------------------|--------------|
|   | Bosque tropical montano bajo | Bosque tropical montano | Matorral de palmeras | Bosque enano |
| Límites de tipo forestal, elevación (m)   | 120-600                      | 600-900                 | >450                 | >900         |
| Total de especies de árbol por tipo <sup>a</sup>                                  | 168                          | 88                      | 63                   | 54           |
| Especies de árbol (N.º ha <sup>-1</sup> ) <sup>b</sup>                            | 40-50                        | 35-40                   | 25-30                | 15-20        |
| Especies en la muestra de gradiente (N.º) <sup>c</sup>                            | 69                           | 84                      | 36                   | 42           |
| Especie única más abundante (%) <sup>d</sup>                                      | 20                           | 19                      | 57                   | 23           |
| Las cinco especies más abundantes (%) <sup>d</sup>                                | 47                           | 52                      | 84                   | 72           |
| Las diez especies más abundantes (%) <sup>d</sup>                                 | 65                           | 71                      | 90                   | 91           |
| <b>Características estructurales<sup>c</sup></b>                                  |                              |                         |                      |              |
| Densidad media (árboles ha <sup>-1</sup> )  | 1557 ± 100                   | 2059 ± 72               | 1892 ± 93            | 3328 ± 242   |
| Topografía de cresta  | 1677 ± 144                   | 2385 ± 130              | 2165 ± 50            | 3878 ± 386   |
| Topografía de ladera  | 1623 ± 200                   | 2164 ± 98               | 1820 ± 225           | 3843 ± 460   |
| Topografía de quebrada  | 1370 ± 174                   | 1627 ± 84               | 1690 ± 31            | 2263 ± 173   |
| Rango total de valores de densidad  | 680-2380                     | 1060-3840               | 1160-2300            | 1320-4660    |
| Altura media del dosel arbóreo (m)  | 19.4 ± 0.1                   | 13.0 ± 0.3              | 12.5 ± 0.5           | 8.8 ± 0.4    |
| Topografía de cresta  | 21.1 ± 1.9                   | 12.4 ± 0.5              | 11.2 ± 0.6           | 7.4 ± 0.7    |
| Topografía de ladera  | 19.3 ± 1.2                   | 12.5 ± 0.4              | 13.5 ± 0.8           | 8.3 ± 0.7    |
| Topografía de quebrada  | 17.9 ± 1.2                   | 14.1 ± 0.5              | 12.8 ± 0.9           | 10.7 ± 0.5   |
| Rango total de valores de altura de árboles                                       | 14.2-25.9                    | 7.3-17.9                | 9.9-15.3             | 4.0-13.5     |
| Biomasa boscosa media sobre el nivel del suelo (t ha <sup>-1</sup> )              | 244 ± 28                     | 190 ± 11                | 105 ± 14             | 172 ± 12     |
| Topografía de cresta  | 361 ± 38                     | 243 ± 23                | 146 ± 36             | 181 ± 25     |
| Topografía de ladera  | 229 ± 29                     | 198 ± 13                | 90 ± 5               | 178 ± 17     |
| Topografía de quebrada  | 142 ± 20                     | 129 ± 11                | 78 ± 10              | 148 ± 17     |
| Rango total de valores de biomasa   | 95-512                       | 77-519                  | 59-249               | 76-356       |
| <b>Características estructurales adicionales<sup>b</sup></b>                      |                              |                         |                      |              |
| Rango de DAP típico, DAP máximo (cm) <sup>b</sup>                                 | 4-50; 120                    | 4-30; 250               | 4-30; 50             | 4-15; 40     |
| Rango de área basal típica (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ) <sup>b</sup>        | 35-45                        | 35-45                   | 30-35                | 30-45        |
| Gravedad específica de la parcela media típica (g cm <sup>-3</sup> ) <sup>a</sup> | 0.49 (0.60)                  | 0.56 (0.66)             | 0.35 (0.52)          | 0.63 (0.64)  |
| Biomasa de hojas (t ha <sup>-1</sup> ) <sup>b</sup>                               | 7.9                          | 5.8                     | 25.1                 | 2.9          |
| Índice de área de hojas (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> ) <sup>b</sup>            | 67                           | 35                      | 3.3                  | 33.5         |
| Área de hojas específica media (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> ) <sup>b</sup>    | 127                          | 91                      | N/Df                 | 47           |
| Materia orgánica del suelo (t ha <sup>-1</sup> ) <sup>g</sup>                     | 420                          | 330                     | 320                  | 550          |

*(la tabla continúa en la página siguiente)*

**Tabla 8 (continuación): Comparación de datos de dinámicas y estructura de bosques para la gradiente del bosque experimental de Luquillo**

| Característica  | Tipo de bosque               |                         |                      |              |
|---|------------------------------|-------------------------|----------------------|--------------|
|   | Bosque tropical montano bajo | Bosque tropical montano | Matorral de palmeras | Bosque enano |
| <b>Características dinámicas<sup>b</sup></b>  |                              |                         |                      |              |
| Crecimiento hacia adentro (tallos ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> ) <sup>h</sup> | 13                           | 23                      | 12                   | 32           |
| Mortalidad (tallos ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> ) <sup>h</sup>                | 28                           | 18                      | 22                   | 75           |
| Hojas (t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )                                       | 8.6                          | 6.8                     | 8.8                  | 3.1          |
| Hoja  | 4.94                         | 5.05                    | 6.26                 | 2.45         |
| Madera  | 1.38                         | 1.22                    | 0.86                 | 0.28         |
| Fruto/flor  | 0.51                         | 0.23                    | 0.56–1.32            | 0.07         |
| Misceláneo  | 1.78                         | 0.3                     | 0.36                 | 0.37         |
| Hojas secas sueltas (t ha <sup>-1</sup> )   | 6.0                          | 8.76                    | 5.4                  | 4.34         |
| Herbivoría permanente (%)   | 7.0                          | N/D                     | 5.0                  | N/D          |
| Índice de herbivoría (t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )                        | 0.38                         | 0.25                    | N/D                  | 0.13         |
| Hojas/hojas secas sueltas   | 1.2                          | 0.78                    | 1.62                 | 0.7          |
| Crecimiento medio del DAP (cm año <sup>-1</sup> )                                   | 0.09-0.14                    | 0.10                    | 0.23                 | 0.03         |
| Incremento de la biomasa de madera (t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )          | 2.50                         | 0.57                    | 3.30                 | 0.45         |
| Total de PPN sobre el nivel del suelo (t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )       | 10.5                         | 7.6                     | 19.5                 | 3.7          |

<sup>a</sup>Fuentes: Montano bajo (Little 1979), montano (Weaver 1989b), palmeras (Little 1970) y enano (Weaver 2008). El LEF entero cuenta con 225 especies de árbol (Little 1970, Little y Woodbury 1976).

<sup>b</sup>Fuentes: Lugo y Frangi 1993; Weaver 1983, 1999, 2008; Weaver y Murphy 1990.

<sup>c</sup>Fuente: Especies, densidad media de tallo, altura de dosel arbóreo, biomasa y valores por topografía (muestreo de gradiente). Todas las parcelas tenían dosel arbóreo cerrado y con una medida de 500 m<sup>2</sup>, excepto las parcelas de bosque enano, con 250 m<sup>2</sup>. Se contabilizaron todos los tallos mayores de 4.0 cm.

<sup>d</sup>% = porcentaje del total de tallos

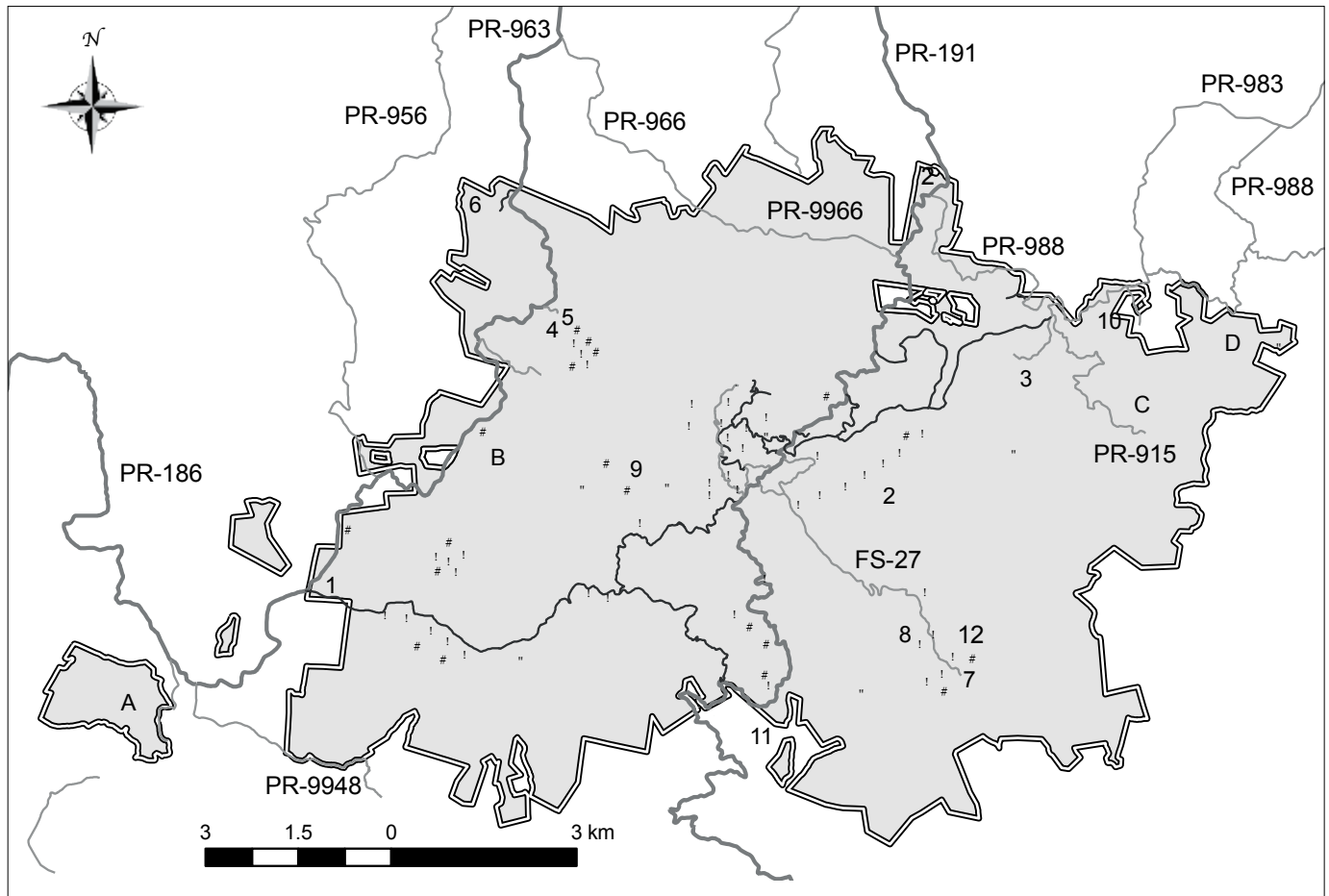
<sup>e</sup>La densidad relativa se estimó como la media de valores disponibles ponderados por la cantidad de tallos por tipo de bosque. El primer cálculo incluye *Prestoea montata* y el segundo cálculo incluye solo especies de hoja ancha (Chudnoff 1981, ver notas finales; Little y Wadsworth 1964; Little et al 1974; Reyes et al 1992; Smith 1970; Weaver 1992; anexo F). Los valores medios están basados en las especies más comunes ponderadas de acuerdo con su abundancia numérica (Tabla 9).

<sup>f</sup>N/D = No disponible

<sup>g</sup>Profundidades del suelo: Montano bajo, 25 cm; montano y enano, 50 cm, palmeras, 100 cm.

<sup>h</sup>Parcelas de montano bajo (2), montano (2) y palmera (1) con un tamaño de 0.4 ha medido durante 30 años (Weaver 1983).

<sup>i</sup>Parcelas de bosque enano con un tamaño de 0.025 ha medido durante 15 años, luego de los huracanes Hugo y Georges (Weaver 2008).



- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <p><b>Referencias</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Senderos</li> <li>— Rutas principales</li> <li>— Rutas secundarias</li> <li>== Límite del LEF</li> </ul> | <p><b>Red de parcelas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Parcelas permanentes</li> <li>■ Inventario forestal</li> <li>● Parcelas temporarias</li> </ul> | <p><b>Sitios de investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Arboreto 7</li> <li>2 Baño de Oro RNA</li> <li>3 Bisley - LTER</li> <li>4 Estación de campo El Verde</li> <li>5 Red ecológica El Verde</li> <li>6 Sendero del origen del caoba</li> <li>7 Pico del Este</li> <li>8 Pico del Oeste</li> <li>9 Palmeras ribereñas</li> <li>10 Centro de Investigación Sabana</li> <li>11 Desprendimiento (PR-191)</li> <li>12 Accidente aeronáutico</li> </ul> | <p><b>Áreas de estudio piloto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A Cubuy</li> <li>B Río Grande 3</li> <li>C Sabana 4</li> <li>D Sabana 8</li> </ul> |
|---|---|---|---|

Figura 13: Ubicaciones de parcelas permanentes y temporarias, y principales sitios de investigación dentro del Bosque Experimental de Luquillo.

- Todas las parcelas volvieron a medirse de manera periódica. Al principio, la información solía utilizarse para determinar las composiciones y distribuciones de especies de árboles, tamaños típicos de árboles, densidades de tallos, áreas basales, tablas de volumen derivado local e índices de crecimiento del DAP de especies de árboles y por especies de árboles y tipos de bosques (Wadsworth, 1947, 1951, 1953; Weaver, 1983) (tabla 8). Luego, los conjuntos de datos se utilizaron para determinar la biomasa, evaluar los impactos de huracanes y obtener cálculos de productividad primaria neta, flujos de nutrientes, edades de árboles y para poder caracterizar los ciclos de vida de los árboles.
- **Parcelas de administración piloto:** En 1957, el estudio de administración piloto empleó una red de parcelas en cuatro áreas: en el bosque montano bajo secundario de Cubuy, Río Grande y Sabana 8, y en el bosque montano bajo maduro de Sabana 4 (Figs. 3 y 13) (Tabla 7). Se realizó el raleo de los bosques secundarios y se determinaron los índices de crecimiento del DAP de 2060 árboles.
  - **Muestreo de gradiente:** Luego de 1980, se estableció una serie sistemática de parcelas temporarias de bosques cerrados (es decir, árboles sin etiquetar en parcelas marcadas con estacas en las esquinas) a lo largo de gradientes elevacional a través del LEF (Weaver 1987a, 1991, 2000b, 2010a, 2010b) (Fig. 13) (Tabla 7) (anexo C). Se estratificaron las parcelas en grupos de tres por topografía (es decir, cresta, ladera y quebrada). Los tamaños de parcela eran relativamente pequeños, aunque proporcionaron buenos cálculos de variación de la estructura forestal y la composición de especies (Figs. 14, 15, 16, 17 y 18) (Tablas 9, 10, 11 y 12) (anexo C). La cantidad total de especies contabilizada fue relativamente alta porque las parcelas de muestra se limitaron a las condiciones de bosque cerrado e incluyeron una variación ambiental considerable.
  - **Investigaciones de la vegetación:** Luego del huracán Hugo, se realizaron investigaciones en los lugares afectados (es decir, desprendimientos, áreas gravemente impactadas por los huracanes o arcones). El muestreo, por lo general, incluía áreas relativamente pequeñas con parcelas temporarias (anexo D). En estos casos, los resultados de la investigación pueden verse influidos por las condiciones locales.
  - **Red ecológica El Verde (parcela de dinámica forestal):** Desde 1990, se realizó un censo arbóreo completo en una parcela permanente de 16 ha compuesta por una red de subparcelas establecidas en El Verde para explorar la recuperación posterior al huracán y la dinámica de las especies arbóreas (Thompson et al 2002) (Fig. 13) (Tabla 7). Las parcelas grandes quizá se dividan luego en subparcelas para estudios particulares (por ej., análisis de nutrientes, composiciones de especies en zonas ribereñas). Su nueva medición requiere un tiempo considerable.
  - **Programa de Inventario y análisis forestal (FIA)**  
**Program:** Desde 1980, el FIA ha investigado bosques secundarios en todo Puerto Rico. El FIA, antes denominado Estudio forestal, data de la Ley McSweeney-McNary, la cual también estableció el departamento de investigación del Servicio Forestal (Shaw 2006; Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal 1983). Los inventarios realizados a lo ancho de la isla en 1980 y 1990 (Birdsey y Weaver 1982, Franco et al 1997) se expandieron en 2001 para incluir seis parcelas en el LEF (Brandeis

- et al 2007) (Fig. 13) (Tabla 7). Los datos de las parcelas estandarizadas del LEF se analizan junto con otras parcelas de la red FIA para Puerto Rico y sus islas alejadas de la costa.
- **Gradiente Noreste:** En 2001-2002, se establecieron varias parcelas a lo largo de una gradiente elevacional entre las tierras bajas costeras y Pico del Oeste para determinar la estructura y composición forestales. Doce se ubicaron en el LEF (Gould et al 2006) (Figs. 1 y 13) (Tabla 7).
  - **Estructura metacomunitaria:** En 2001-2002, se tomaron muestras de tallos de madera de 26 parcelas a lo largo de un transecto elevacional en las cuencas Baño de Oro y Río Sonadora (Barone et al 2008) (Fig. 9) (Tabla 7).
  - **Plantaciones:** Desde la década de 1950, se han plantado árboles como parte de las pruebas de especies, estudios de origen, plantaciones forestales o como agregados al arboreto Caracoles (Figs. 6, 7 y 13). Las investigaciones subsiguientes de parcelas seleccionadas o árboles etiquetados sirvieron para determinar la supervivencia y crecimiento (Francis 1987, 1995) (anexo E). Los resultados del estudio pueden verse afectados por las especies arbóreas, sus atributos genéticos, la calidad del lugar o las técnicas del campo, incluidos los programas de mantenimiento de la parcela.

## Bosque montano bajo

El bosque montano bajo, el más diverso del LEF, alberga los árboles más altos y tiene la historia más larga en cuanto a la actividad humana, incluida la minería, la tala, la agricultura de subsistencia y el asentamiento temporario en algunas áreas. La investigación incluyó la plantación de árboles y silvicultura experimental en plataformas secundarias, supervisión de parcelas permanentes, muestreo de gradientes y cantidad de estudios ecológicos realizados en dos lugares principales: Bisley y El Verde.

### Características de la plataforma y especies arbóreas destacadas:

El bosque montano bajo maduro contiene tres capas de árboles, principalmente de hoja perenne. Las especies de dosel arbóreo alcanzan los 30 m de altura con diámetros ocasionales cercanos al 1.5 m (Wadsworth 1951). El tipo de bosque, que ocupa alrededor de la mitad del LEF, tiene la menor densidad media de tallo y la mayor altura media de dosel arbóreo y biomasa (Fig. 3) (Tabla 8). *Dacryodes excelsa*, *Prestoea montana*, *Sloanea berteriana*, *Cordia borinquensis*, *Manilkara bidentata*, *Schefflera morototoni*, *Cecropia schreberiana*, *Micropholis garciniifolia*, *Henriettea squamulosa* y *Quararibea turbinata* (Sw.) Poir., como figura en la lista, fueron 10 más comunes de las más de 80 especies que se registraron en 4 ha de parcelas permanentes durante la década de 1940 (Briscoe y Wadsworth 1970). *Cecropia schreberiana* es la más abundante después de los huracanes cuando sus semillas latentes geminan como respuesta a las aperturas del dosel arbóreo; sin embargo, no es común en pasturas abandonadas en elevaciones bajas (Brokaw 1998). Durante la recuperación del bosque luego del huracán, la cantidad de *Cecropia schreberiana* y *Schefflera morototoni* disminuyó significativamente. Los árboles de *Cecropia schreberiana* perduran en el bosque a lo largo de cortes de camino y en las áreas ribereñas, quebradas, desprendimientos y brechas de árboles caídos.

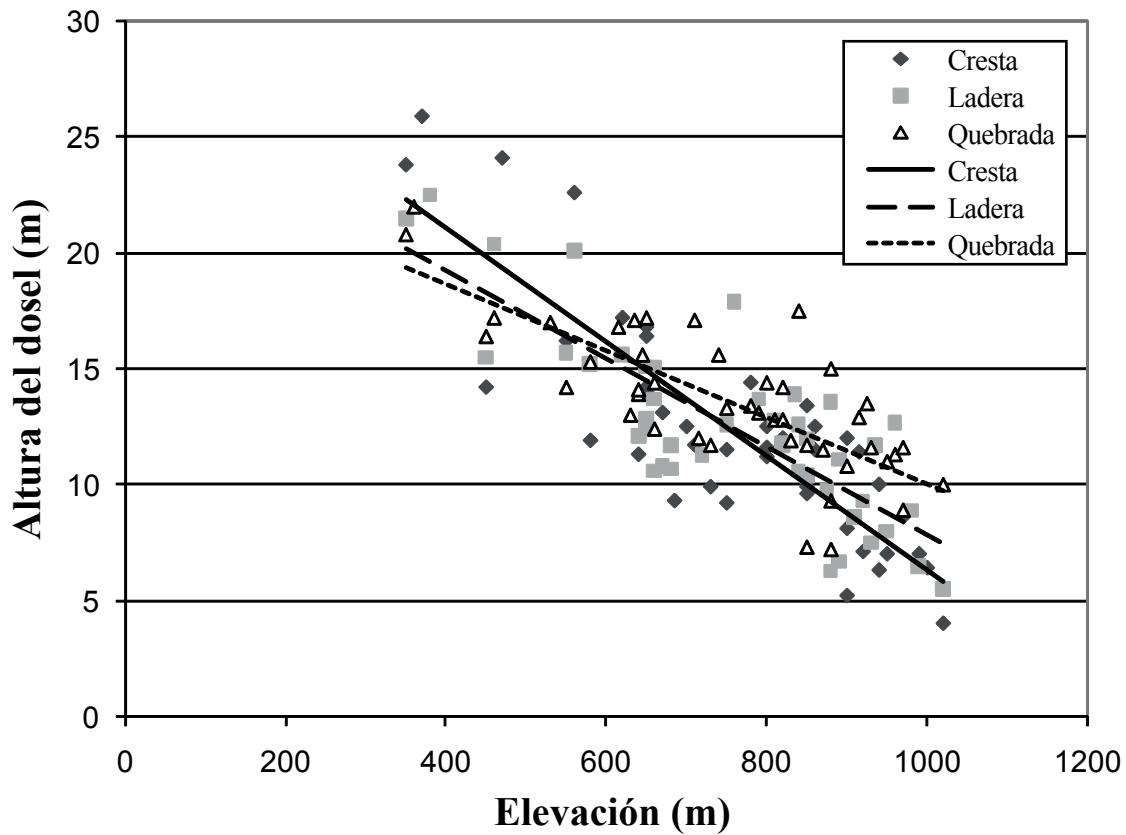


Figura 14: Altura media del dosel arbóreo por parcela en elevación en el Bosque Experimental de Luquillo (tendencias lineales para cresta, ladera y quebrada).

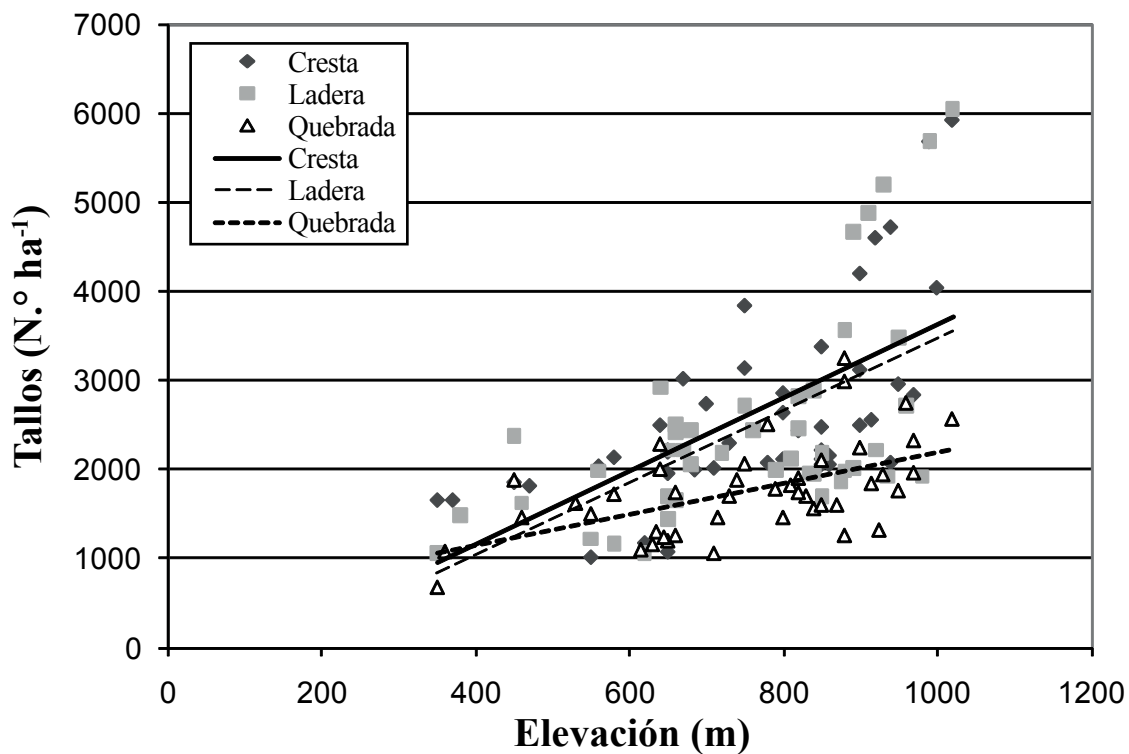


Figura 15: Densidad media de raíces  $\geq 4$  cm DAP por parcela según elevación en el Bosque Experimental de Luquillo (tendencias lineales de crestas, laderas y quebradas).

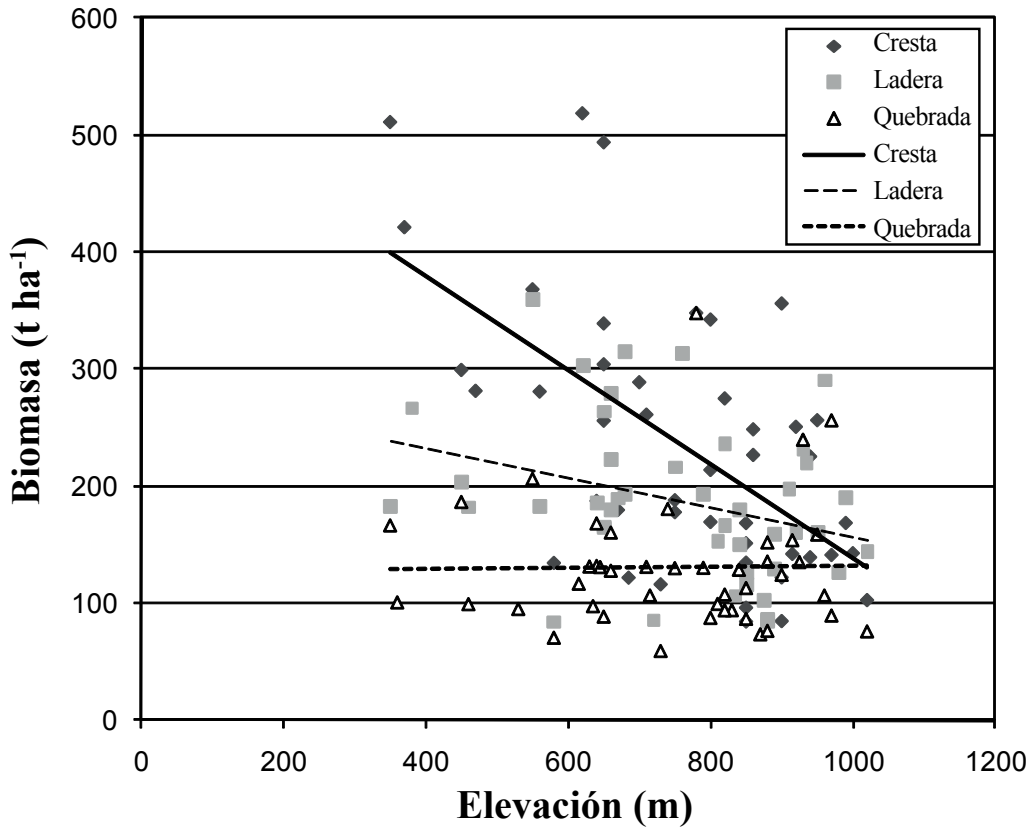


Figura 16: Biomasa en peso seco por encima del suelo por parcela para raíces  $\geq 4$  cm DAP según elevación dentro del Bosque Experimental de Luquillo (tendencias lineales de crestas, laderas y quebradas).

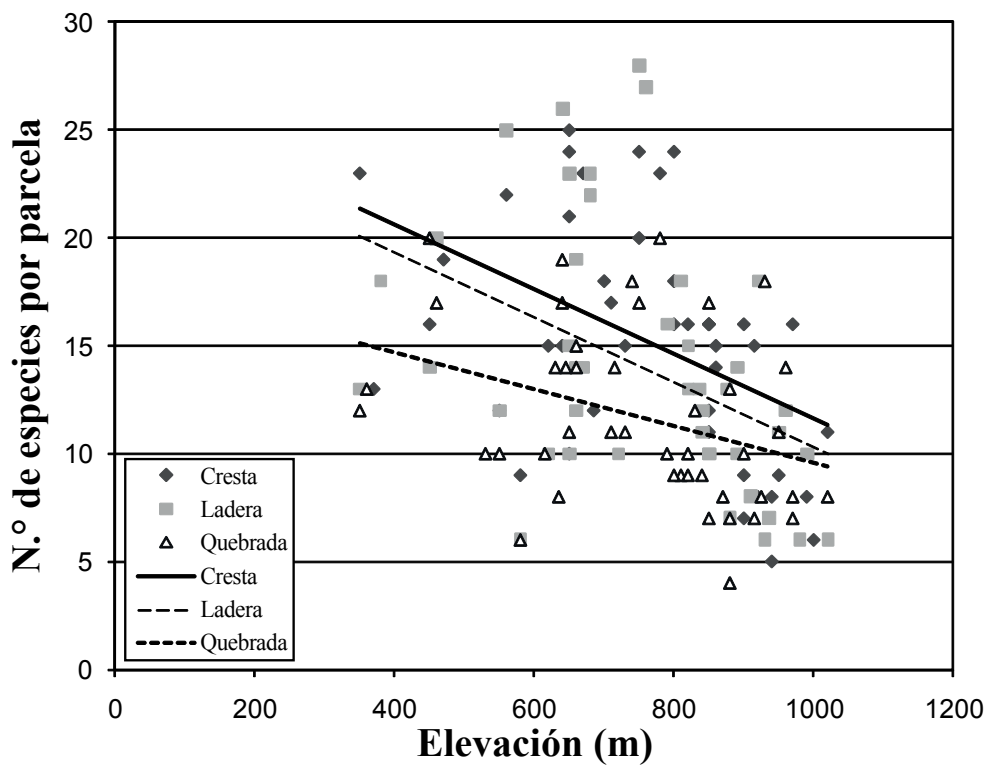


Figura 17: Cantidad de especies arbóreas por parcela para raíces  $\geq 4$  cm DAP según elevación dentro del Bosque Experimental de Luquillo (tendencias lineales de crestas, laderas y quebradas).

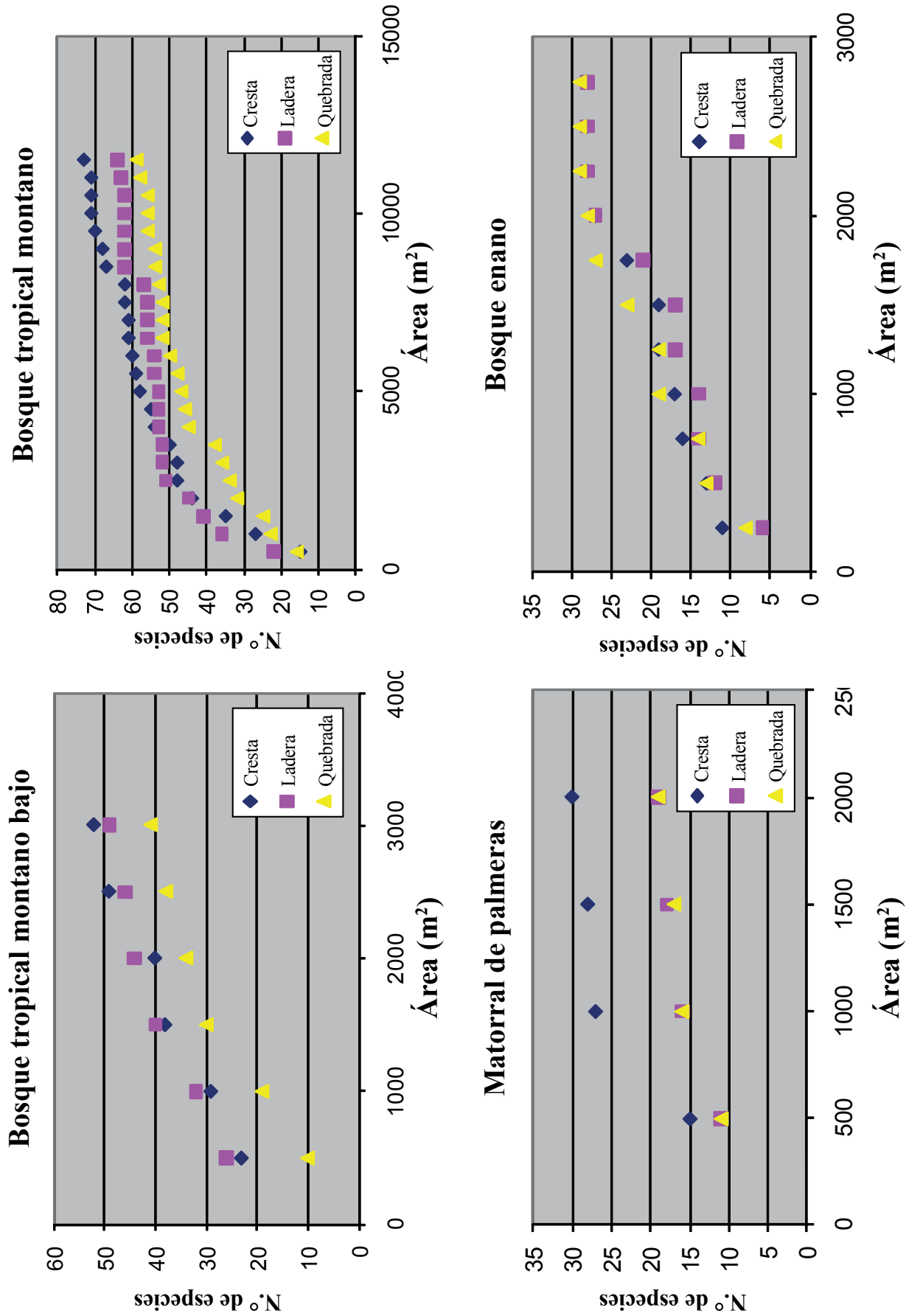


Figura 18: Curvas de especies por área para raíces  $\geq 4$  cm DAP, según tipo de bosque dentro del Bosque Experimental de Luquillo.

**Tabla 9: Bosque tropical montano bajo. Presencia de 31 especies arbóreas en 18 parcelas de un tamaño de 50 x 10 m cada una en el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>**

| N.º de especies                  | Cantidad  |             | Topografía <sup>b</sup> |            |            |
|----------------------------------|-----------|-------------|-------------------------|------------|------------|
|                                  | Parcelas  | Tallos      | R                       | S          | V          |
|                                  |           |             | N.º de tallos           |            |            |
| <i>Prestoea montana</i>          | 17        | 285         | 48                      | 42         | 195        |
| <i>Dacryodes excelsa</i>         | 9         | 150         | 83                      | 65         | 2          |
| <i>Micropholis garciniifolia</i> | 9         | 83          | 31                      | 49         | 3          |
| <i>Manilkara bidentata</i>       | 10        | 80          | 31                      | 38         | 11         |
| <i>Sloanea berteriana</i>        | 12        | 60          | 19                      | 17         | 24         |
| <i>Drypetes glauca</i>           | 10        | 55          | 16                      | 30         | 9          |
| <i>Tetragastris balsamifera</i>  | 8         | 52          | 32                      | 17         | 3          |
| <i>Croton poecilanthus</i>       | 7         | 51          | 7                       | 4          | 40         |
| <i>Daphnopsis philippiana</i>    | 6         | 49          | 19                      | 24         | 6          |
| <i>Cecropia schreberiana</i>     | 7         | 48          | 10                      | 14         | 24         |
| <i>Cyrilla racemiflora</i>       | 5         | 36          | 17                      | 18         | 1          |
| <i>Henriettea squamulosa</i>     | 5         | 34          | 4                       | 20         | 10         |
| <i>Tabebuia rigida</i>           | 4         | 32          | 15                      | 12         | 5          |
| <i>Cordia borinquensis</i>       | 12        | 23          | 4                       | 10         | 9          |
| <i>Schefflera morototoni</i>     | 8         | 23          | 13                      | 8          | 2          |
| <i>Psychotria berteriana</i>     | 7         | 21          | 12                      | 2          | 7          |
| <i>Ocotea spathulata</i>         | 5         | 19          | 13                      | 6          | 0          |
| <i>Myrcia leptoclada</i>         | 4         | 19          | 7                       | 12         | 0          |
| <i>Micropholis guyanensis</i>    | 4         | 19          | 11                      | 8          | 0          |
| <i>Tetrazygia ubanii</i>         | 4         | 17          | 8                       | 6          | 3          |
| <i>Matayba domingensis</i>       | 6         | 14          | 10                      | 4          | 0          |
| <i>Ocotea leucoxylon</i>         | 9         | 13          | 7                       | 2          | 4          |
| <i>Meliosma herbertii</i>        | 5         | 13          | 5                       | 8          | 0          |
| <i>Hirtella rugosa</i>           | 5         | 13          | 5                       | 7          | 1          |
| <i>Guarea glabra</i>             | 9         | 12          | 2                       | 3          | 7          |
| <i>Inga laurina</i>              | 4         | 9           | 2                       | 5          | 2          |
| <i>Ormosia krugii</i>            | 4         | 9           | 5                       | 4          | 0          |
| <i>Alchornea latifolia</i>       | 5         | 8           | 4                       | 4          | 0          |
| <i>Guatteria caribaea</i>        | 4         | 8           | 6                       | 2          | 0          |
| <i>Miconia tetrandra</i>         | 4         | 8           | 1                       | 5          | 2          |
| <i>Ixora ferra</i>               | 4         | 8           | 4                       | 4          | 0          |
| Otras 38 especies                | —         | 123         | 53                      | 34         | 36         |
| <b>Total</b>                     | <b>18</b> | <b>1394</b> | <b>504</b>              | <b>484</b> | <b>406</b> |

— = No corresponde porque la cantidad de especies varía.

<sup>a</sup>Fuente: Estudio de gradiente (Weaver, 2010a).

<sup>b</sup>Topografía Seis parcelas cada uno en topografía de cresta (R), ladera (S) y quebrada (V). Las especies de la lista con tallos de 8 o más equivalen al 91.2 % de todos los tallos contabilizados (resumido del anexo C).

**Tabla 10: Bosque tropical montano. Presencia de 26 especies arbóreas en 69 parcelas de un tamaño de 50 x 10 m cada una en el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>**

| N.º de especies                  | Cantidad  |             | Topografía <sup>b</sup> |             |             |
|----------------------------------|-----------|-------------|-------------------------|-------------|-------------|
|                                  | Parcelas  | Tallos      | R                       | S           | V           |
|                                  |           |             | N.º de tallos           |             |             |
| <i>Prestoea montana</i>          | 58        | 1309        | 217                     | 254         | 838         |
| <i>Henriettea squamulosa</i>     | 60        | 937         | 309                     | 454         | 174         |
| <i>Micropholis garciniifolia</i> | 49        | 643         | 295                     | 319         | 29          |
| <i>Tabebuia rigida</i>           | 35        | 387         | 177                     | 190         | 20          |
| <i>Micropholis guyanensis</i>    | 27        | 349         | 206                     | 122         | 21          |
| <i>Cordia borinquensis</i>       | 57        | 346         | 135                     | 114         | 97          |
| <i>Ocotea spathulata</i>         | 43        | 337         | 215                     | 105         | 17          |
| <i>Croton poecilanthus</i>       | 36        | 315         | 22                      | 74          | 219         |
| <i>Cyrilla racemiflora</i>       | 33        | 206         | 113                     | 82          | 11          |
| <i>Haenianthus salicifolius</i>  | 32        | 171         | 82                      | 70          | 19          |
| <i>Daphnopsis philippiana</i>    | 37        | 140         | 48                      | 74          | 18          |
| <i>Miconia tetrandra</i>         | 27        | 138         | 73                      | 26          | 39          |
| <i>Clusia clusioides</i>         | 27        | 136         | 66                      | 69          | 1           |
| <i>Hirtella rugosa</i>           | 17        | 121         | 84                      | 6           | 1           |
| <i>Eugenia borinquensis</i>      | 23        | 111         | 63                      | 21          | 27          |
| <i>Matayba domingensis</i>       | 19        | 108         | 58                      | 44          | 6           |
| <i>Myrcia fallax</i>             | 29        | 97          | 73                      | 21          | 3           |
| <i>Cyathea arborea</i>           | 13        | 70          | 30                      | 25          | 15          |
| <i>Byrsonima wadsworthii</i>     | 25        | 69          | 44                      | 19          | 6           |
| <i>Ditta myricoides</i>          | 27        | 61          | 10                      | 27          | 24          |
| <i>Magnolia splendens</i>        | 27        | 59          | 25                      | 28          | 6           |
| <i>Psychotria berteriana</i>     | 22        | 56          | 27                      | 10          | 19          |
| <i>Garcinia portoricensis</i>    | 6         | 55          | 43                      | 10          | 2           |
| <i>Cecropia schreberiana</i>     | 24        | 53          | 7                       | 9           | 37          |
| <i>Drypetes glauca</i>           | 9         | 48          | 4                       | 28          | 16          |
| <i>Ocotea leucoxydon</i>         | 22        | 46          | 34                      | 8           | 4           |
| Otras 47 especies                | —         | 662         | 290                     | 178         | 194         |
| <b>Total</b>                     | <b>69</b> | <b>7030</b> | <b>2750</b>             | <b>2417</b> | <b>1863</b> |

— = No corresponde porque la cantidad de especies varía.

<sup>a</sup>Fuente: Estudio de gradiente (Weaver, 1989b).

<sup>b</sup>Topografía Veintitrés parcelas cada uno en topografía de cresta (R), ladera (S) y quebrada (V). Las especies de la lista con tallos menores o iguales a 46 equivalen al 90.6 % de todos los tallos contabilizados (resumido del anexo C).

**Tabla 11: Matorral de palmeras. Presencia de 11 especies arbóreas en 18 parcelas de un tamaño de 50 x 10 m cada una en el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>**

| N.º de especies              | Cantidad      |             | Topografía <sup>b</sup> |            |            |
|------------------------------|---------------|-------------|-------------------------|------------|------------|
|                              | Parcelas      | Tallos      | R                       | S          | V          |
|                              | N.º de tallos |             |                         |            |            |
| <i>Prestoea montana</i>      | 12            | 637         | 203                     | 202        | 232        |
| <i>Cecropia schreberiana</i> | 11            | 129         | 47                      | 50         | 32         |
| <i>Henriettea squamulosa</i> | 9             | 73          | 34                      | 24         | 15         |
| <i>Tabebuia rigida</i>       | 3             | 40          | 36                      | 4          | 0          |
| <i>Cordia borinquensis</i>   | 9             | 38          | 14                      | 16         | 8          |
| <i>Eugenia borinquensis</i>  | 4             | 28          | 22                      | 0          | 6          |
| <i>Psychotria berteriana</i> | 8             | 19          | 9                       | 8          | 2          |
| <i>Croton poecilanthus</i>   | 4             | 16          | 1                       | 4          | 11         |
| <i>Sapium laurocerasus</i>   | 9             | 14          | 5                       | 6          | 3          |
| <i>Clibadium erosum</i>      | 4             | 13          | 5                       | 2          | 6          |
| <i>Cyathea portoricensis</i> | 4             | 13          | 0                       | 8          | 5          |
| Otras 25 especies            | —             | 102         | 70                      | 14         | 18         |
| <b>Total</b>                 | <b>12</b>     | <b>1122</b> | <b>446</b>              | <b>338</b> | <b>338</b> |

— = No corresponde porque la cantidad de especies varía.

<sup>a</sup>Fuente: Estudio de gradiente (Weaver, 2010).

<sup>b</sup>Topografía Cuatro parcelas cada uno en topografía de cresta (R), ladera (S) y quebrada (V). Las especies de la lista con tallos de 13 o más equivalen al 90.9 % de todos los tallos contabilizados (resumido del anexo C).

**Tabla 12: Bosque enano. Presencia de 10 especies arbóreas en 33 parcelas de un tamaño de 25 x 10 m cada una en el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>**

| N.º de especies                  | Cantidad      |             | Topografía <sup>b</sup> |             |            |
|----------------------------------|---------------|-------------|-------------------------|-------------|------------|
|                                  | Parcelas      | Tallos      | R                       | S           | V          |
|                                  | N.º de tallos |             |                         |             |            |
| <i>Tabebuia rigida</i>           | 27            | 844         | 378                     | 372         | 94         |
| <i>Ocotea spathulata</i>         | 22            | 566         | 292                     | 215         | 59         |
| <i>Eugenia borinquensis</i>      | 30            | 432         | 173                     | 183         | 76         |
| <i>Cyathea bryophila</i>         | 21            | 421         | 41                      | 176         | 204        |
| <i>Micropholis garciniifolia</i> | 26            | 362         | 166                     | 169         | 27         |
| <i>Henriettea squamulosa</i>     | 25            | 357         | 129                     | 96          | 132        |
| <i>Prestoea montana</i>          | 12            | 135         | 0                       | 5           | 130        |
| <i>Clusia clusioides</i>         | 11            | 76          | 24                      | 34          | 18         |
| <i>Calyptanthus krugii</i>       | 19            | 61          | 30                      | 21          | 10         |
| <i>Haenianthus salicifolius</i>  | 10            | 48          | 23                      | 12          | 13         |
| Otras 32 especies                | —             | 317         | 120                     | 100         | 97         |
| <b>Total</b>                     | <b>33</b>     | <b>3619</b> | <b>1376</b>             | <b>1383</b> | <b>860</b> |

— = No corresponde porque la cantidad de especies varía.

<sup>a</sup>Fuente: Estudio de gradiente (Weaver, 2008, 2010b).

<sup>b</sup>Topografía Once parcelas cada uno en topografía de cresta (R), ladera (S) y quebrada (V). Las especies de la lista con tallos menores o iguales a 48 equivalen al 91.2 % de todos los tallos contabilizados (resumido del anexo C).

Las plataforma mejor desarrolladas del bosque montano bajo se encuentran en laderas bajas y con buen drenaje donde *Dacryodes excelsa*, una especie anteriormente valorada por su uso para muebles y la construcción general, abunda y crece a gran tamaño (Little y Wadsworth 1964). Los pueblos indígenas ahuecaban los troncos para fabricar botes y utilizaban su resina para antorchas, como incienso en ceremonias religiosas, para sellar botes y con fines medicinales. Aunque la *Dacryodes excelsa* sea considerada la especie arbórea predominante dentro de ese tipo, la *Sloanea berteriana* a veces es más abundante en tamaños más pequeños (Basnet 1992b, Lugo y Wadsworth 1990). *Manilkara bidentata*, otra especie que predomina, es una de las maderas comerciales más atractivas de Puerto Rico (Little y Wadsworth 1964). La madera es fuerte, dura y pesada, y se utilizaba para construcciones locales y para muebles y armarios en otros lugares. Otras dos especies, *Buchenavia*

*tetraphylla* y *Guarea guidonia*, ambas valoradas como maderas para muebles, se encuentran entre las de crecimiento más rápido en cuanto al DAP. (Crow y Weaver 1977, Longwood 1961).

Dentro de las plataformas secundarias de la cuenca Bisley, *Alchorneopsis portoricensis*, *Casearia arborea*, *Dacryodes excelsa*, *Inga laurina* y *Manilkara bidentata* eran más frecuentes en crestas y laderas que en quebradas. En contraste, *Guarea guidonia* y *Prestoea montana* no eran abundantes en quebradas (Basnet 1992b) (anexo C). La predominancia de *Dacryodes excelsa* en las crestas se atribuyó a un mejor drenaje del suelo, mejor anclaje entre peñascos e injertos de raíces, lo cual hace que los árboles sean más resistentes al viento (Basnet et al 1993). Los injertos de raíces de *Dacryodes excelsa* se conocen desde principios de la década de 1960, cuando se observó que crecían retoños abundantes, saludables y a la sombra, cerca de árboles más grandes (Wadsworth 2009, ver notas finales). Los árboles injertos eran más altos y tenían copas más pequeñas que los vecinos no injertos, posiblemente porque recibieron más agua o nutrientes (Basnet et al 1993, Wadsworth 2009, ver notas finales).

*Pterocarpus officinalis*, con un soporte sinuoso, es una especie común de pantano en el neotrópico. Crece en los pantanos costeros de agua fresca y salobre de Puerto Rico, y también se halló a lo largo del Río Mameyes y sus afluentes (Francis y Lowe 2000, Little y Wadsworth 1964). Un lugar está sobre la confluencia del Río Mameyes y el Río de la Mina y más arriba. El sitio se inunda con frecuencia, una condición similar a las inundaciones de estación de las tierras bajas costeras. La presencia de *Pterocarpus officinalis* en elevaciones por sobre la llanura costera, aunque es rara, se documentó en otras partes del Caribe (Francis y Lowe 2000). Probablemente de manera simultánea, esta especie, con cuyo soporte se fabricaban platos para cribar oro, se encuentra a solo 400 m de la mina de oro abandonada más cercana a lo largo del Río de La Mina (Cardona 1984, Weaver 1994).

En el pasado, *Buchenavia tetraphylla*, una especie caducifolia, predominaba en los bosques de tierras bajas alrededor de las montañas de Luquillo (Gill 1931). Otras especies de árboles prominentes o comunes en el LEF que se encuentran hoy en los bosques remanentes de tierras bajas o pasturas abandonadas y registradas en el muestreo de gradiente incluyen las siguientes: *Andira inermis*, *Brysonima spicata*, *Cecropia schreberiana*, *Dacryodes excelsa*, *Guarea guidonia*, *Inga laurina*, *I. vera*, *Manilkara bidentata*, *Miconia prasina*, *Ocotea leucoxylon*, *Schefflera morototoni*, *Tabebuia heterophylla*, *Tetragastris balsamifera*, *Trichilia pallida* y *Vitex divaricata* (Aide et al., 1996, Gould et al., 2006, Wadsworth 1950) (Apéndice C).

**Actividad humana en el pasado.** En el pasado, la intervención humana en el bosque montano bajo era amplia, y esto afectó la estructura y composición del bosque en diversos grados. La extracción de madera se practicó a lo largo del límite del bosque y en laderas bajas y valles del río, donde se encuentran 42 especies arbóreas consideradas



Bosque tropical montano bajo. *Dacryodes excelsa* (árbol tabonuco) es la especie predominante que crece en elevaciones menores de 600 m en las montañas de Luquillo. El Tabonuco favorece la topografía de cresta, donde a veces supera los 30 m de altura y el metro de diámetro. (Fotografía de Gerald P. Bauer)

satisfactorias para la cosecha: 7 para muebles, 16 para la construcción y 19 para postes grandes (Tabla 5). Desde mediados de la década de 1930 a mediados de la década de 1940, alrededor de 3500 ha de tierra abierta se reforestó de manera natural, incluidas las áreas donde se realizaron pruebas de plantación (Wadsworth 1970). A mediados de 1990, los investigadores estudiaron rodales de bosques secundarios que crecían en las laderas bajas del norte de las sierras de Luquillo (Aide *et al.* 1996). Luego de 40 años de recuperación, estos rodales, en términos de densidad, área basal, cantidad de especies o diversidad, no podrían distinguirse de las zonas inalteradas; sin embargo, se necesitarían siglos para que la composición de especies sea similar. Además, las pasturas abandonadas que tienen entre 50 y 80 años aproximadamente presentaban especies arbóreas diferentes a las que había en las zonas de bosques primarios de más de 80 años, lo que también sugiere que se necesitaría una cantidad de tiempo considerable para que las composiciones de especies converjan (Aide *et al.*, 2000). En otra zona donde se cosechó madera alrededor del 1900 y se abandonó en la década de 1930, los índices del área basal y la hojarasca 50 años después eran similares a los del bosque montano bajo inalterado de las inmediaciones; las especies dominantes, sin embargo, eran sucesionales. (Zou *et al.* 1995). Al parecer, los bosques secundarios en recuperación luego de la perturbación en las laderas bajas del LEF llevarán la marca del uso de la tierra en el pasado durante siglos, por lo menos con respecto a la composición de especies.

**Muestreo de gradiente.** El muestreo de gradiente en el bosque montano bajo se realizó en las cuencas del Río Mameyes y del Río Espíritu Santo. La muestra de 18 parcelas mostró 69 especies arbóreas, 10 de las cuales representaron el 64 % del total de tallos (Tablas 8 y 9). *Prestoea montana*, con el 20 % del total, fue la especie más común, y le siguió *Dacryodes excelsa* con el 11 %. De las especies restantes, las 38 menos comunes representaron solo el 9 % de los tallos contabilizados.

De las 10 especies encontradas con mayor frecuencia, *Cecropia schreberiana*, *Croton poecilanthus* y *Prestoea montana* eran más comunes en las quebradas y *Dacryodes excelsa* y *Tetragastris balsamifera*, en las crestas (Weaver 2010a) (Tabla 9). Además, la *Manilkara bidentata* se vio favorecida en las laderas y crestas y la *Sloanea berteriana* se vio algo favorecida en las quebradas, aunque se reprodujo bien en otras topografías. Las especies menos comunes, tales como la *Cyrtia racemiflora*, *Matayba domingensis* y *Schefflera morototoni* también crecieron principalmente en crestas y laderas superiores, mientras que la *Cordia borinquensis* era más común en laderas y quebradas. El muestreo también reveló diferencias en la composición de especies entre cuencas: el Río Mameyes mira al noreste y es más húmedo y probablemente más turbio que el Espíritu Santo, que mira al noroeste (Ewel y Whitmore 1973). Las especies como *Clusia clusoides*, *Eugenia borinquensis*, *Ocotea spathulata* y *Tabebuia rigida*, todas más abundantes en el bosque enano (Apéndice C), sobreviven en zonas dispersas por elevaciones medias dentro de la cuenca del Río Mameyes. Estos sitios están mayormente expuestos; las crestas y laderas superiores son similares, en algunos aspectos, a las áreas de la cima.

**Monitoreo de parcelas a largo plazo.** Se establecieron cuatro parcelas permanentes básicamente inalteradas en laderas y crestas en el bosque montano bajo (Wadsworth, 1947, 1949, 1952a, 1952b, 1953, 1970) (Fig. 13) (Tabla 7):

- El Verde III, una parcela levemente raleada de 0.72 ha, en 1943.
- TR-1 (cresta de tabonuco) y TS-3 (ladera de tabonuco), dos parcelas anteriormente inalteradas de 0.40 ha, ambas en 1946.
- TS-2 (ladera de tabonuco), una parcela inalterada de 0.40 ha en 1946 (abandonada en la década de 1960, luego de construirse un camino de servicios que la atravesaba).

La investigación de la parcela El Verde III ofreció el historial de los 33 años posteriores al huracán para varias especies indicadoras: *Dacryodes excelsa*, *Manilkara bidentata* y *Sloanea berteriana*, especies de dosel arbóreo maduro; *Cecropia schreberiana* y *Schefflera morototoni*, ambas especies comunes de brechas que están en regeneración luego de las alteraciones; *Prestoea montana*, la palmera de sotobosque ubicua, y *Croton poecilanthus*, una especie endémica de sotobosque (Crow, 1980). Las especies maduras *Dacryodes excelsa* y *Manilkara bidentata*, junto con *Prestoea montana*, aumentaron en cantidad de tallos y área basal durante el período de medición, y *Sloanea berteriana* y *Croton poecilanthus*, luego de aumentos iniciales, disminuyeron. Las especies de brechas eran comunes en el rodal en la década de 1940, cuando la cantidad de tallos y la biomasa aumentaban con rapidez. Luego, estas también disminuyeron. En la década de 1970, el rodal alcanzó un estado estacionario de biomasa, y tuvo una densidad de tallos menor y menos especies que en la década de 1940.

El raleo realizado en El Verde en 1937, diseñado para minimizar los impactos en la cuenca, fue muy leve y, a lo sumo, “prolongó el período en el que persistieron las características del rodal joven” (Crow, 1980). Otro raleo realizado a finales de 1950 también fue leve. Prácticamente todos los tallos quitados eran de 16 cm o menos, muchos de los cuales, posiblemente, habrían perecido de manera natural con la maduración del rodal. Como consecuencia, la actividad tuvo bajo impacto en la composición, y solo eliminó la *Beilschmiedia pendula* y la *Micropholis garciniiifolia*, ambas poco comunes. Dado que no se mantuvieron parcelas de control en los alrededores, los efectos de estos raleos sobre los índices de crecimiento fueron inciertos.

El trabajo posterior en El Verde III confirmó que los cambios en la cantidad de tallos y especies varió por tipos sucesionales (Johnston, 1990). Además, la *Dacryodes excelsa* creció mejor en las zonas con buen drenaje y la *Prestoea montana* se concentró en suelos de poco drenaje. La diversidad y uniformidad de las especies (es decir, según lo determinan el índice de Shannon-Weiner y el índice de uniformidad de Pielou) disminuyeron de manera gradual desde mediados de la década de 1940 hasta 2005, con excepción de un leve aumento relacionado con el huracán Hugo de 1989 (Drew *et al.*, 2009).

Las observaciones posteriores al huracán de la parcela TS-3, de una duración de 30 años, mostró patrones típicos para la recuperación a largo plazo. Entre 1946 y 1976, el área basal aumentó un 5 %, y la cantidad de tallos disminuyó un 14 % (Weaver, 1983). En todas las especies secundarias, como la *Alchorneopsis portoricensis*, *Cecropia schreberiana* y *Schefflera morototoni*, disminuyó la cantidad de tallos de manera significativa, mientras las especies de bosque maduro, como la *Dacryodes excelsa*, *Manilkara bidentata* y *Sloanea berteriana*, mantuvieron o aumentaron la cantidad de tallos. Los índices de crecimiento en DAP para las especies de hoja ancha sobrevivientes oscilaban entre 0.03 y 0.48 cm año<sup>-1</sup> (Weaver, 1983). *Clusia rosea*, *Croton poecilanthus*, *Matayba domingensis* y *Ormosia krugii* crecieron relativamente rápido, con un promedio de más de 0.25 cm año<sup>-1</sup> en aumento durante el período de medición.

TR-1, una parcela ubicada en una cresta empinada y expuesta a 350 m en la cuenca Mameyes, es notable porque su composición está integrada por especies arbóreas de los cuatro tipos de bosque: *Cyrilla racemiflora*, *Magnolia splendens* y *Matayba domingensis*, más comunes en el bosque montano, pero presentes en elevaciones más altas del bosque montano bajo (Weaver, 1983, 1998, 2002b); *Henriettea squamulosa* y *Micropholis garciniifolia*, más comunes en los bosques montano y enano, pero también presentes en el bosque montano bajo (Wadsworth, 1951); *Eugenia borinquensis* y *Ocotea spathulata*, abundantes en el bosque enano y comunes en el bosque montano, pero raras en el bosque montano bajo (Weaver, 2010a, 2010b); y *Prestoea montana*, dominante en los matorrales de palmeras por encima de los 450 m de elevación. La presencia de especies arbóreas normalmente halladas en elevaciones más altas parece estar relacionada con la naturaleza muy húmeda y expuesta de esta zona, y la magnitud de los huracanes que pasaron (Tabla 6).

La información de la parcela TR-1, que abarca más de 60 años, proporciona el mejor registro a largo plazo del bosque montano bajo. Las mediciones incluyeron un ciclo de alteración completo, con el conteo inicial realizado 14 años después de dos huracanes importantes y el último conteo 2 años después de otro par de huracanes importantes. La recuperación incluyó un período prolongado de calma desde 1932 hasta 1989. Las mediciones iniciales mostraron que la densidad de tallos, la cantidad de especies y el índice de acumulación de biomasa encontraron su máximo 15 años después del huracán de 1932. Alrededor de 50 años después, la mayoría de las especies secundarias relacionadas con alteraciones pasadas (*Cecropia schreberiana*, *Psychotria berteriana* y *Schefflera morototoni*) habían disminuido o desaparecido y el índice de acumulación de biomasa del rodal comenzó a nivelarse. La *Cecropia schreberiana* volvió a regenerarse de manera abundante luego de los huracanes Hugo y Georges (Weaver, 2002b). Otras especies que se regeneraron bien luego de Hugo incluyeron *Manilkara bidentata*, *Prestoea montana*, *Psychotria berteriana* y *Sloanea berteriana*. Los índices de crecimiento de las especies de hoja ancha sobrevivientes del período de medición de 1946 a 1976 oscilaban entre 0.01 y 0.51 cm año<sup>-1</sup> (Weaver, 1983). Las especies de crecimiento rápido, tales como la *Buchenavia tetraphylla*, *Cyrilla racemiflora* y

*Matayba domingensis*, tuvieron un incremento promedio de más de 0.25 cm año<sup>-1</sup> de DAP durante el período de medición.

### Investigación de silvicultura en bosques naturales.

Las primeras actividades silviculturales desarrolladas en el bosque montano bajo fueron de naturaleza exploratoria y causaron un impacto menor en la composición de las especies y la estructura forestal de áreas relativamente pequeñas. Las primeras mejoras del rodal de madera se implementaron en 1938 y 1939 en 55 ha e implicó esqueje de vides, raleo alrededor de los muestreos deseados de especies de madera, poda y remoción limitada de especies arbóreas sin valor comercial (Wadsworth, 1970). Estos procedimientos, cuyo objetivo es aumentar los índices de crecimiento de árboles seleccionados en los rodales secundarios jóvenes, serían infructuosos sin raleo repetido.

Se realizaron actividades silviculturales adicionales en dos tipos de parcelas permanentes del bosque montano bajo (Fig. 13) (Tabla 7):

- En 1951, se establecieron dos parcelas cosechadas de bosque montano bajo de 0.20 ha (parcelas cosechadas de tabonuco o, como se denominan en la Tabla 7, parcelas TCU) para determinar los efectos del raleo.
- En 1957, se estableció un proyecto de administración piloto en cuatro áreas de investigación: Cubuy, Sabana 4, Sabana 8, y Río Grande. Cada área tenía, por lo menos, 100 parcelas circulares de un tamaño de 0.08 ha. Los raleos se realizaron para aumentar la productividad forestal por medio de la eliminación de las especies más pobres y la proporción de un espacio de crecimiento amplio para árboles seleccionados (Crow y Weaver, 1977).

El experimento de raleo que se realizó en las parcelas TCU entre 1947 y 1975 mostró que el área basal aumentó de 16 a 33 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, con un promedio de 0.64 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. El crecimiento del área basal en parcelas similares de bosque maduro sin raleo con áreas basales típicas mayores de 35 m<sup>2</sup> oscilaron entre 0.06 y 0.25 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> durante el mismo período (Weaver, 1983).

En 1957, se habían realizado esquejes de mejora en 930 ha en el proyecto de administración piloto (Anónimo, 1958). Además, se podaron los árboles no deseados y se aplicaron herbicidas. Se liberaron los árboles que medían  $\geq 10$  cm de DAP y cuyas copas estaban en contacto. La liberación proporcionó cerca de 2 m de libertad entre las copas de los árboles. En la mayoría de los casos, las aberturas en el suelo del bosque se mantuvieron en 8 m o menos. Los árboles del programa de eliminación incluyeron los siguientes: árboles moribundos, enfermos o infestados de insectos; especies inferiores (es decir, las especies que no eran de madera para postes o para aserrío); árboles deformados o con copas muy dañadas y todos los árboles restantes que excedían la densidad deseada del rodal.

El proyecto de administración piloto mostró un incremento promedio del DAP en las especies de madera liberadas del bosque secundario joven de 0.40 cm año<sup>-1</sup> a lo largo de 18 años, o el alcance del doble del promedio en las mismas especies de las parcelas inalteradas del bosque montano bajo

(Crow y Weaver, 1977). El índice de crecimiento del DAP en seis especies del bosque maduro (*Buchenavia tetrphylla*, *Dacryodes excelsa*, *Manilkara bidentata*, *Micropholis garciniifolia*, *M. guyanensis* y *Sloanea berteriana*) se duplicó al inicio, al tiempo que seis especies secundarias típicas (*Byrsonima coriacea*, *Homalium racemosum*, *Inga laurina*, *Chionanthus domingensis*, *Matayba domingensis* y *Ormosia krugii*) aumentaron cerca del 50 %. Cuatro especies pioneras (*Alchornea latifolia*, *Cecropia schreberiana*, *Schefflera morototoni* y *Tabebuia heterophylla*) solo aumentaron un 10 % en promedio (Weaver, 1983). Desafortunadamente, los resultados no son claros porque las diferencias de crecimiento entre los rodales de los bosques secundarios raleados y los no tratados nunca se evaluaron. Sin embargo, estos estudios sugieren que la simple liberación de los árboles de cultivo del bosque montano bajo secundario fomenta relativamente rápido el aumento del DAP por un período de tiempo. La reducción de la densidad también estimuló la regeneración de especies de madera tales como la *Dacryodes excelsa*, *Manilkara bidentata*, *Ocotea moschata* y *Tetragastris balsamifera*.

Una reciente reevaluación de 1425 árboles de 12 especies de madera con por lo menos 40 repeticiones en el marco del estudio piloto mostró que el 25 % principal, aquellos con la mayor productividad, crecían a una velocidad doble que el resto (Wadsworth *et al.*, 2010). Dado que la explotación forestal de impacto reducido deja muchos bosques cosechados menos alterados, se muestra mayor interés en el potencial de los rodales secundarios. La presencia de árboles de crecimiento rápido sugiere que estos bosques podrían servir como un inicio atractivo para una segunda cosecha de madera.

El incremento medio anual (MAI, por sus siglas en inglés) del DAP, a menudo utilizado por los silvicultores para caracterizar el crecimiento de los árboles, se ve influenciado por muchos factores, incluidos los siguientes:

- **Especies de árboles.** Las especies primarias, por lo general, tienen madera más densa o más pesada (es decir, una gravedad específica mayor) que las especies secundarias o de brecha. El crecimiento del DAP de las especies arbóreas más densas con mayor inversión en la producción de madera, por lo general, es más lento que el de las especies pioneras o secundarias (Grubb, 1977; Lawton, 1984).
- **Condiciones del rodal.** La densidad de árboles y las áreas basales de rodales aumentan varios años después de los huracanes y el MAI tiende a ser considerablemente más lento, debido a la competencia entre los tallos sobrevivientes (Weaver, 1986a, 1989b). Los estudios de crecimiento de los rodales raleados en comparación con los no raleados también muestran la influencia de la densidad del rodal o del área basal en los índices de crecimiento del DAP (Crow y Weaver, 1977; Weaver, 1983).
- **Variación de la zona (índices de la zona).** El MAI de las especies arbóreas situadas en zonas favorables con respecto a la elevación, topografía, precipitaciones y fertilidad del suelo es más propenso a crecer con mayor rapidez que el de aquellas especies situadas en zonas desfavorecidas. Un ejemplo es el MAI de la *Micropholis garciniifolia*, que se reduce gradualmente a medida que se asciende en el LEF. La especie se halla desde el bosque montano bajo hasta las

cima, pero su mejor crecimiento del DAP es en los lugares de menor elevación (Weaver, 1983).

- **Clases de copa.** El tamaño de las copas y la posición del dosel arbóreo (es decir, dominante, codominante, intermedio y contenido) influyen el MAI de todas las especies (Baker, 1950). La exposición de las copas puede verse alterada por los tratamientos silviculturales o alteraciones pasadas. Las copas grandes y bien posicionadas muestran el MAI más rápido, mientras que los árboles contenidos crecen más lento (Wadsworth, 1947).

## Bosque montano

El bosque montano se caracteriza por rodales densos de árboles de tamaño de poste (Fig. 3). Debido a que está alejado por su elevación y clima desapacible, las alteraciones del humano en el pasado se limitaron a la extracción ocasional de *Magnolia splendens* a aproximadamente 600 m de altura y la creación de caminos, senderos e instalaciones recreativas. Por casi un siglo, el bosque montano ha sido el último hábitat de la cotorra puertorriqueña (Rodríguez Vidal, 1962). A falta del potencial para una mayor producción de madera, la investigación forestal pasada se limitó principalmente al monitoreo de parcelas permanentes, muestreo de gradientes y una parcela para silvicultura experimental.

### Características del rodal y especies arbóreas destacadas.

El dosel arbóreo del bosque montano alcanza los 15 m de altura, y aproximadamente dos tercios



Los tallos densos y de tamaño de poste caracterizan los rodales típicos del bosque tropical montano, que crece entre los 600 y 900 m de elevación dentro de la sierra de Luquillo. En este rodal en la parte alta del río Mameyes existe un escondite desde donde se realizaron observaciones de campo de la *Amazona vittata* (cotorra puertorriqueña) durante muchos años. (Fotografía de Peter L. Weaver)

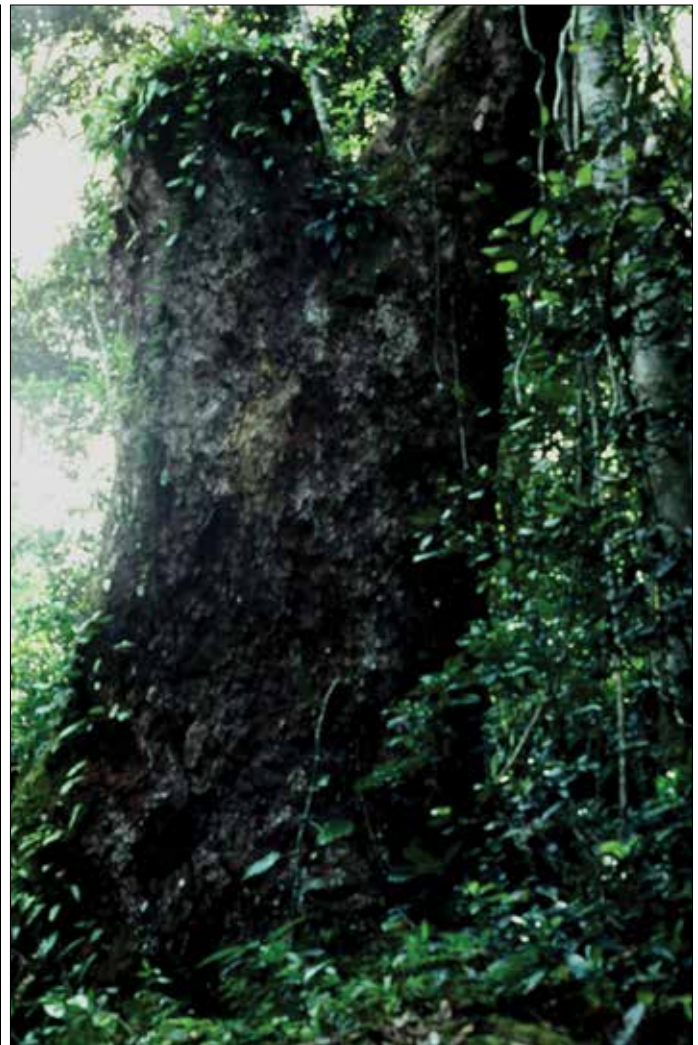
de los diámetros arbóreos oscilan entre los 10 y los 15 cm (Wadsworth, 1951). *Prestoea montana*, *Micropholis garcinifolia*, *Henriettea squamulosa*, *Micropholis guyanensis*, *Croton poecilanthus*, *Cyrilla racemiflora*, *Ocotea spathulata*, *Cecropia schreberiana*, *Tabebuia rigida* y *Magnolia splendens*, como aparecen en la lista, representaron el 83 % de los tallos. La copa se registró en 4 ha de parcelas permanentes durante la década de 1940 (Wadsworth, 1951). Los árboles son típicamente bajos y encorvados, y las copas están conformadas por ramas pesadas que emergen desde la parte inferior del tronco. El césped, los juncos y los helechos son característicos en las aberturas. Por lo menos 11 especies de este tipo se utilizaron para extraer madera: 1 para muebles, 4 para la construcción y 6 para postes grandes (Tabla 5).

Entre las especies arbóreas más interesantes se encuentran la *Cyrilla racemiflora* y la *Magnolia splendens*, ambas longevas, en ocasiones de más de 1 m de diámetro (Weaver, 1986b, 1987a). La regeneración de ambas ocurre en aberturas o luego de alteraciones, y en mayor parte es inexistente

debajo del dosel arbóreo cerrado (Weaver, 1992). Otras tres especies, la *Henriettea squamulosa*, *Micropholis garcinifolia* y *M. guyanensis*, también pueden alcanzar gran tamaño (Wadsworth, 1951; Weaver, 1983).

La *Cyrilla racemiflora* abarca desde el este de Virginia, a través de las islas del Caribe, hasta el río Amazonas del Brasil (Francis y Lowe, 2000) (Tabla 1); sin embargo, alcanza un gran tamaño y longevidad en los bosques del Caribe. Sus ramas y troncos suelen descomponerse con la edad, lo que crea cavidades que luego ocupan la fauna del bosque. En el siglo veinte, la última población sobreviviente de cotorras puertorriqueñas dependía en gran medida de las cavidades en las ramas de la *Cyrilla racemiflora* para construir sus nidos (Rodríguez-Vidal, 1959, 1962; Snyder et al. 1987; Wunderle et al. 2003).

La *Cyrilla racemiflora* muestra varias adaptaciones al ambiente montano y constantemente muy húmedo. Luego del huracán Hugo, los plantones de *Cyrilla racemiflora* se regeneraron sobre grupos de raíces dadas vuelta (Weaver, 1994) y en suelos



IZQUIERDA: *Cyrilla racemiflora* (palo colorado), por lo general de ramas y troncos huevos, es el principal árbol para la anidación de la *Amazona vittata* (cotorra puertorriqueña) del Bosque Experimental de Luquillo. Los árboles más grandes que se conocen se formaron por la unión de tallos cercanos. DERECHA: *Cyrilla racemiflora*, con una medida de 2.6 m de DAP En el bosque montano, las especies pueden alcanzar cerca de mil años de edad. (Fotografías de Peter L. Weaver)

expuestos de desprendimientos (Apéndice D). Además, los retoños de *Cyrilla racemiflora* a veces crecen en un ángulo tal que aprovecha las pequeñas aberturas del dosel arbóreo (Snyder *et al.*, 1987). En ocasiones, las raíces aéreas crecen desde la parte inferior del tronco y se forman horcaduras del mismo árbol, probablemente para absorber más agua y nutrientes (consulte la nota al pie 1). Por último, brotaron árboles de *Cyrilla racemiflora* tanto en el bosque montano como en el enano a lo largo de los troncos caídos. Los brotes luego desarrollan raíces y crecen hasta formar parte del dosel arbóreo, donde conservan el material genético original del árbol para la generación siguiente.

La preocupación por la flora de Puerto Rico llevó a realizar una clasificación preliminar de las plantas consideradas raras y posiblemente en riesgo, incluida la *Magnolia splendens* (Little y Woodbury, 1976; Woodbury *et al.* 1975). La *Magnolia splendens*, popular como madera para armarios, se taló hasta principios de la década de 1950 (Weaver, 1987b). A principios de la década de 1970, muchos especímenes maduros accesibles de magnolia ya habían sido extraídos del bosque montano bajo y unas pocas áreas colindantes con el bosque montano, lo que redujo las fuentes de semillas. Además, el cierre gradual del bosque luego de los huracanes de 1928 a 1932 había eliminado la mayoría de las brechas necesarias para la regeneración de la magnolia (Weaver, 1991, 1992). Un estudio a principios de la década de 1980 en el bosque montano reveló varias especies que se consideraron raras, incluidas las endémicas *Ardisia luquillensis* y *Ilex sintenisii*, y especies sensibles, como la *Marlierea sintenisii*, *Maytenus elongata* (Urban) Britton, *Ternstroemia heptasephala* (Krug y Urban), *T. luquillensis* y *Xylosma schwaneckeanum* (Weaver, 1989c).

La “timidez entre árboles”, que se manifiesta como un dosel arbóreo con brechas entre las copas de los árboles adyacentes, se observó en 1981 entre grupos de *Henriettea squamulosa* en un área de vientos constantes en las laderas que miran hacia el este de El Yunque (consulte la nota al pie 1). Las brechas similares en otros lugares se atribuyeron a altos vientos que provocan la abrasión y muerte de los extremos de ramas pequeñas sensibles en crecimiento (Walker y Whiteaker, 1988).

**Muestreo de gradiente.** El muestreo de gradiente del bosque montano se realizó en la parte alta de las cuencas de los ríos Mameyes y Blanco, y a barlovento y de sotavento de la cresta que se extiende desde el pico El Yunque hasta el pico El Toro. La muestra de 69 parcelas mostró 65 especies arbóreas, 10 de las cuales representaron el 71 % del total de tallos (Tablas 8 y 10). *Prestoea montana*, con el 17 % de los tallos, y *Henriettea squamulosa*, con el 14 %, fueron las especies más comunes.

De las 10 especies más comunes, la *Prestoea montana* y la *Croton poecilanthus* son más abundantes en las quebradas, y la *Cyrilla racemiflora*, *Haenianthus salicifolius*, *Micropholis garciniifolia*, *M. guyanensis*, *Ocotea spathulata* y *Tabebuia rigida* se ven favorecidas en las crestas. En comparación, la *Henriettea squamulosa* y la *Cordia borinquensis* están mejor distribuidas topográficamente (Tabla 10). Las especies de sotobosque, como la *Daphnopsis philippiana* y la *Garcinia portoricensis*, eran más comunes en crestas y laderas superiores, y la *Ditta myriocoides*, en laderas y quebradas (Tabla 10).

Una ordenación reveló que las especies de árboles se clasifican por elevación y topografía (Weaver, 1991). Las especies que se encontraron con frecuencia en quebradas fueron la *Citharexylum caudatum* en elevaciones altas y la *Sapium laurocerasus* en elevaciones bajas. La *Cecropia schreberiana*, *Croton poecilanthus* y *Prestoea montana* también se vieron favorecidas en quebradas, pero estaban bien distribuidas dentro del bosque. En comparación las especies que se vieron favorecidas en las crestas fueron las siguientes: *Calyptanthus krugii*, *Clusia chusoides* y *Ocotea spathulata* en elevaciones altas; *Byrsonima wadsworthii*, *Cyrilla racemiflora* y *Haenianthus salicifolius* en elevaciones medias; y *Dacryodes excelsa*, *Micropholis guyanensis* y *Matayba domingensis* en elevaciones bajas. La *Cordia borinquensis* y la *Henriettea squamulosa* estaban bien distribuidas con respecto a la topografía.

La evaluación de la influencia de los gradientes ambientales en la estructura del bosque mostró que la altura de los árboles disminuía con la elevación, tanto en exposición a barlovento como de sotavento, del LEF (Weaver, 2000a). Además, la biomasa boscosa sobre el suelo disminuía de manera significativa con la elevación en crestas a barlovento y la materia orgánica de la tierra, con la elevación de sotavento. La densidad arbórea era mayor en las crestas y menor en las quebradas. Las curvas de especies por área mostraron que la mayor cantidad de especies se encontró en crestas y laderas, y la menor, en quebradas (Weaver, 2000a).

**Monitoreo de parcelas a largo plazo.** Las primeras observaciones de crecimiento del DAP realizadas en siete parcelas de 0.4 ha entre 1946 y 1951 mostraron que la tasa de crecimiento media en los rodales cerrados era lenta con diferencias considerables evidentes entre las especies de árboles y clases de copa (Anón., 1957; Wadsworth, 1951, 1952b). Posteriormente, las parcelas, ubicadas en laderas y valles, no volvieron a visitarse hasta mediados de la década de 1970 y principios de la década de 1980, cuando se resumieron las observaciones de mayor duración. Las observaciones a largo plazo desde 1946 hasta 1981 mostraron que las parcelas habían sufrido cambios en la composición de las especies, la estructura forestal y el crecimiento durante el período de recuperación posterior a los huracanes (Weaver, 1986a, 1989b) (Fig. 13) (Tabla 6). Los diámetros y las alturas de los árboles sobrevivientes aumentaron durante el período de medición de 35 años; además, la cantidad de árboles de la clase de copa contenida aumentó como resultado del cierre gradual del dosel arbóreo. Una observación notable con respecto a la estructura fue que la gravedad media específica de las especies de hoja ancha del bosque montano aumentó cerca del 4 % (Tabla 6). El cambio de la gravedad específica refleja la desaparición gradual de árboles secundarios efímeros caracterizada por baja gravedad específica y la dominación gradual de las especies longevas de bosques maduros con maderas más densas.

Durante el período de observación de 35 años, las especies secundarias pequeñas, como la *Hedyosmum arborescens* y la *Psychotria berteriana*, prácticamente desaparecieron de las parcelas (Weaver, 1986a, 1989b). La cantidad de tallos de las especies secundarias más grandes, la *Cecropia schreberiana*, *Schefflera morototoni* y *Miconia laevigata* también disminuyó significativamente, aunque las áreas basales se mantuvieron

casi iguales por el crecimiento continuo de los tallos residuales. La *Cyrilla racemiflora* se mantuvo constante en cuanto a la cantidad de tallos, pero el área basal disminuyó debido a la pérdida de árboles grandes. La *Cordia borinquensis*, un árbol de sotobosque del bosque maduro, aumentó en cantidad y área basal. La *Prestoea montana* se mantuvo relativamente constante en cuanto a la cantidad de tallos y el área basal. Por último, los dominantes del bosque maduro, como la *Micropholis garciniifolia* y la *M. guyanensis*, aumentaron en cuanto a la cantidad de tallos y áreas basales en diferentes grados. Las especies secundarias continúan su regeneración en las brechas forestales muchos años después del paso del huracán, pero en cantidad reducida. El descenso gradual de las especies secundarias combinado con la dominación gradual de las especies de bosque maduro son tendencias relacionadas con la recuperación posterior al huracán.

La riqueza de las especies mostró un par de tendencias en las siete parcelas durante el período de recuperación de 35 años (Weaver, 1986a, 1989b). En primer lugar, la cantidad total de especies en todas las parcelas combinadas disminuyó de 88 en 1946 a 83 en 1981. Las parcelas de valles cercanas a la transición al bosque montano bajo tenían la mayor cantidad de especies. En segundo lugar, la cantidad de especies por parcela en 1946 variaba en gran medida, con una oscilación entre 33 y 58. Antes de 1981, habían convergido, y oscilaban entre 36 y 49. La riqueza de las especies dentro de una parcela parece ser mayor y más variable pocos años después de la alteración del huracán con la aparición simultánea de especies secundarias de bosque maduro. Con la recuperación posterior al huracán, la riqueza de las especies disminuye. Asimismo, es evidente que haber seleccionado una única parcela para representar la riqueza de las especies del bosque podría implicar un fuerte sesgo por la ubicación y la fecha de muestreo.

El crecimiento medio del DAP de todos los tallos, sin importar la especie, disminuyó significativamente de  $0.14 \text{ cm año}^{-1}$  entre 1946 y 1951 a  $0.09 \text{ cm año}^{-1}$  entre 1976 y 1981 (Weaver, 1986a, 1989b). Las diferencias en el crecimiento del DAP ya eran fácilmente evidentes por las clases de copas, con las tasas de crecimiento de los árboles dominantes y codominantes significativamente más rápidas. El aumento del DAP en las parcelas de laderas y quebradas del bosque montano fue de un promedio de  $0.09 \text{ cm año}^{-1}$ , con variaciones considerables en las especies individuales de hoja ancha (Weaver, 1983). Las únicas especies que promediaron más de  $0.20 \text{ cm año}^{-1}$  durante el período de medición fueron *Clusia clusioides*, *Miconia laevigata* y *Ternstroemia luquillensis*. El aumento medio neto de la biomasa boscosa sobre el suelo durante el período de medición de 1946 a 1981 promedió en  $0.67 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , y el volumen boscoso aumentó en  $1.06 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ . La disminución del crecimiento del DAP refleja un aumento gradual de la competencia entre los tallos sobrevivientes en un ambiente posterior al paso de un huracán.

**Actividades silviculturales.** Se realizó una reducción experimental del área basal en un 50 % en una parcela de 0.4 ha llamada CCU en el bosque montano a mediados de la década de 1940 para determinar el efecto en los tallos residuales (Tabla 7). El raleo no produjo diferencias notorias en el aumento de DAP después de 10 años y el estudio se cerró (Anón. 1957). Otra visita a la parcela 33 años después

mostró que el rodal había experimentado un influjo masivo de *Clusia clusioides*, *Cyrilla racemiflora* y *Miconia tetrandra* (Weaver, 2001). Además, la *Micropholis garciniifolia* y la *Tabebuia rigida* también mostraron un aumento en la cantidad de tallos. El raleo no había estimulado un aumento de la tasa de crecimiento del DAP de los tallos residuales. En vez de eso, tallos nuevos colonizaron el espacio disponible del rodal de lento crecimiento.

También cabe mencionar la experiencia silvicultural con pinos. Alrededor de 1960, se plantó una pequeña cantidad de plantones de pino mejicano (especies no determinadas) en una cuesta expuesta a 750 m cerca de la entrada a la ruta PR 930. Los árboles crecían hasta cerca de 3 m o 4 m de altura, se mantenían atrofiados durante años y luego perecieron a principios de la década de 1990 (consulte la nota al pie 1). Además, el *Pinus caribaea* plantado en el gran desprendimiento del km 21 de la ruta PR 191 a principios de la década de 1980 sobrevivió, creció y se regeneró. El desprendimiento, ubicado en una elevación de 600 m, se encuentra en la transición entre el bosque montano y el bosque montano bajo.

## Matorral de palmeras

El matorral de palmeras, dominado por la *Prestoea montana*, es relativamente simple en cuanto a la composición de especies y se ha estudiado menos que otros tipos de bosque del LEF (Fig. 3). El estudio principal incluyó el monitoreo de la parcela permanente, el muestreo de gradiente y estudios ecológicos en un lugar ribereño de la cuenca superior del río Espíritu Santo. Los frutos de las palmeras conforman la base de la dieta de la cotorra puertorriqueña (Snyder *et al.* 1987).

### Características del rodal y especies arbóreas

**destacadas.** Los matorrales de palmeras pueden alcanzar un dosel arbóreo de 15 m de altura y crecen principalmente en quebradas y en laderas empinadas orientadas hacia el este en elevaciones que superan los 450 m (Wadsworth, 1951). Las especies de hoja ancha del bosque montano o del bosque montano bajo están presentes en los matorrales de palmeras, según la elevación, pero por lo general las palmeras con un DAP de entre 15 cm y 20 cm dominan los rodales. El suelo a veces contiene una capa herbácea dispersa y, en el caso de las quebradas o drenajes, está cubierta por rocas.

La *Prestoea montana* es ubicua en el LEF por encima de los 350 m, y se reproduce en las brechas del bosque, en desprendimientos, en aberturas y bajo la sombra. Un estudio autecológico de las palmeras que crecían de manera lenta, sobrevivían por períodos largos y se adaptaban bien a la sombra, y tenían una necesidad alta de humedad, todo lo cual sugería que la especie estaba adaptada al bosque cerrado (Bannister, 1970). Las palmeras parecen sobrevivir bien a los huracanes (Weaver, 1983). De hecho, una impresión inmediata del daño luego del paso del huracán Hugo en la parcela FS-27 fue la abundancia de palmeras en las laderas que superaban los 700 m (consultar nota al pie 1). Esto se debía, en parte, a su capacidad de sobrevivir a los huracanes por medio de la pérdida de hojas y el rebrote, y en parte a la defoliación y daño de las copas de las especies de hoja ancha circundantes que causó la tormenta.



La *Prestoea montana* (Palma de sierra), común a lo largo del Bosque Experimental de Luquillo, es la especie dominante de los matorrales de palmeras. Crece en laderas empinadas y en quebradas entre los 350 m y las cimas de las montañas. (Fotografía de Peter L. Weaver)

El matorral de palmeras solía considerarse como una comunidad subclímax de suelos empinados propensos a desprendimientos o movimientos del suelo (Beard, 1949). La abundancia de palmeras de copa angosta y áreas basales bajas permite que llegue más luz al sotobosque. Cuando se observan los matorrales de palmeras a la distancia, dos especies se detectan de inmediato en el dosel arbóreo: la *Prestoea montana* por su dominación, y la *Cecropia schreberiana* dispersa, por sus grandes hojas con la superficie inferior de color claro. La *Psychotria berteriana* es común en el sotobosque. Las tres se regeneran en aberturas o brechas.

**Muestreo de gradiente.** Los matorrales de palmeras con frecuencia se encuentran en terrenos con poco relieve local. Sin embargo, existen aumentos leves en la topografía, los cuales albergan proporcionalmente más especies de hoja ancha. La muestra de 12 parcelas de matorrales de palmeras, ubicada en laderas empinadas a barlovento y de sotavento del monte Britton, mostró que 10 especies representaban más del 91 % del total de los tallos (Tablas 8 y 11). La *Prestoea montana* fue la especie más común, con el 57 % de los tallos, y le siguió la *Cecropia schreberiana*, con el 12 %. La *Croton poecilanthus* fue la más común en quebradas y laderas. La *Eugenia borinquensis* y la *Tabebuia rigida*, ambas abundantes en las elevaciones altas del bosque enano, parecen verse favorecidas en las crestas, junto con la *Psychotria berteriana*. La *Cecropia schreberiana*, *Cordia borinquensis*, *Henriettea squamulosa* y *Prestoea montana* estaban bien distribuidas de manera uniforme, con las especies de hoja ancha más comunes en las crestas y laderas y las palmeras en las quebradas y laderas.

**Monitoreo de parcelas a largo plazo.** En 1947 y 1975, la *Prestoea montana* representó del 54 % al 63 % de los

tallos y área basal de la parcela permanente de palmeras PS-2 (Weaver, 1983) (Tabla 7). En comparación, las palmeras oscilaban entre el 6 % y el 23 % de los tallos y el área basal en cuatro parcelas permanentes típicas de bosque montano bajo y bosque montano (Weaver, 1983). El promedio típico de las áreas basales de las parcelas de palmeras es menor que el de las parcelas del bosque montano bajo y bosque montano, donde la presencia ocasional de grandes árboles de hoja ancha tiende a inflar los cálculos del área basal.

El aumento del DAP a largo plazo de los árboles de hoja ancha en las parcelas de palmeras promedió el doble de las tasas de las parcelas del bosque montano bajo y del bosque montano (Weaver, 1983). El crecimiento más rápido del DAP posiblemente se deba a menores densidades de tallos, menores áreas basales y dosel arbóreo más abierto, que caracterizan los matorrales de palmeras (Weaver, 1983). Muchas de las especies de árboles de hoja ancha que se encontraron en la parcela PS-2, tales como *Alchornea latifolia*, *Cecropia schreberiana*, *Cordia sulcata*, *Croton poecilanthus*, *Henriettea squamulosa*, *Inga vera* y *I. laurina*, son capaces de regenerarse en aberturas (Apéndice D). Además, todas ellas crecen bastante rápido a lo largo de periodos prolongados en las condiciones de luz favorables de los matorrales de palmeras.

En una parcela de matorrales de palmeras de 0.25 ha establecida en 1980, la *Prestoea montana*, *Croton poecilanthus* y *Henriettea squamulosa* representaron el 61 % de los 3060 tallos con un DAP de 2.5 cm o más. (Frangi y Lugo 1985). En la parcela, rodeada de bosque montano, también se encontraban la *Cyrilla racemiflora*, *Magnolia splendens*, *Micropholis garciniifolia* y *M. guyanensis*.

## Bosque enano

En la mayor parte del neotrópico, el ascenso al bosque enano es difícil porque no existen caminos y hay solo unos pocos senderos. Las primeras expediciones a las cimas de la sierra de Luquillo se realizaron a pie o a caballo. Luego de la finalización de la ruta PR 191 que atraviesa el bosque, el pico El Yunque fue accesible por primera vez por un camino de tierra en 1938, y, casi 25 años después, tanto Pico del Este y Pico del Oeste, por un camino pavimentado (Figs. 3 y 5) (Tabla 3) (Apéndice A). Los caminos significaron oportunidades incomparables para los estudios en los tres lugares principales. La investigación de El Yunque cubrió el clima, y la de Pico del Este cubrió la recuperación del bosque luego de alteraciones, la interceptación de la humedad de las nubes y el monitoreo de la parcela permanente. Los estudios en Pico del Oeste fueron parte de un proyecto multifacético que tenía el objetivo de explorar el fenómeno del bosque enano.

El bosque enano, limitado en su extensión, es un recurso crucial para Puerto Rico. Representa aproximadamente una sexta parte del bosque prístino del LEF y protege las laderas y cimas más altas contra la erosión (Murphy, 1916). El bosque también sirve como hábitat para 20 especies arbóreas endémicas, 15 restringidas a la isla y 5 al LEF (Weaver, 2008). Las cimas ofrecen vistas panorámicas y la escorrentía proporciona el suministro esencial de agua para las poblaciones en crecimiento de la isla. En muchas áreas de América Central y el Caribe, se están talando bosques nubosos para nuevas tierras agrícolas, lo que resalta la necesidad de protegerlos (LaBastille y Pool, 1978; Stadtmuller, 1986).

**Características del rodal y especies arbóreas destacadas.** El bosque enano se caracteriza por un nivel único de árboles que por lo general varían de 1 m a 6 m o más de altura, según la exposición (Wadsworth, 1951). Los árboles tienen muchas ramas y los troncos rara vez son rectos. El dosel arbóreo superior es uniforme en cuanto a la altura, y las hojas por lo general son pequeñas, gruesas y están concentradas en los extremos de las ramas. El musgo, las hepáticas y las plantas epífitas son abundantes y cubren las ramas, los troncos y las hojas. “Casi todas las especies de plantas con flores del bosque son plantas epífitas” (Howard, 1968, página 394). Las raíces son generalmente superficiales, las raíces aéreas son comunes y el césped, los juncos y los helechos crecen en las aberturas. La presencia de varios géneros (por ejemplo, *Podocarpus*, *Ocotea*, *Magnolia* e *Ilex*), la dominación de relativamente pocas especies y la abundancia de musgo son similares a los hábitats del bosque tropical templado (Dansereau, 1966). Aunque no existen especies arbóreas que se reduzcan a este tipo, solo unas pocas se adaptaron para sobrevivir en las cimas expuestas (Nevling, 1971; Wadsworth, 1949). Observaciones anteriores en los alrededores de El Yunque mostraron que la *Weinmannia pinnata* L., junto con la *Eugenia borinquensis*, *Ocotea spathulata* y *Tabebuia rigida*, comprendían el 75 % de los árboles dominantes del bosque enano (Gleason y Cook, 1927). En Pico del Oeste, la *Ocotea spathulata* y *Tabebuia rigida* conformaban el 70 % del dosel arbóreo (Howard, 1968). La roca El Yunque, el pico El Yunque, Los Picachos,



Bosque enano. Los árboles petisos, torcidos y tapados por plantas epífitas, conformados por unas pocas especies, muchas de las cuales son endémicas del bosque, crecen en elevaciones de más de 900 m del Bosque Experimental de Luquillo. En las cimas rocosas, los árboles pueden limitarse a los 2 m o 3 m de altura. (Fotografía de Peter L. Weaver)

Pico del Oeste, el área circundante de la cúpula del radar en Pico del Este, el pico El Toro y las laderas empinadas orientadas hacia el este debajo del monte Britton, donde los árboles tienen de 1 m a 3 m de altura, están entre los ejemplos más accesibles de vegetación atrofiada y azotada por el viento del LEF (Fig. 9).

La alta densidad de tallos en algunas áreas se atribuyó a los árboles caídos, de cuyas ramas laterales luego surgieron brotes inesperados (Howard, 1969). La tierra de la cima está saturada y cerca del 50 % está compuesta por materia orgánica; además, los tallos de los árboles están cubiertos de materia orgánica y plantas epífitas (Lyford, 1969). Las raíces aéreas, registradas en 22 especies arbóreas y arbustos, posiblemente ayudan a estabilizar las plantas en un ambiente donde la combinación del peso de las epífitas, el agua y la tierra erosionada podría derribarlas (Gill, 1969). Asimismo, estas acortan la distancia que deben recorrer los nutrientes.

Los bosques enanos se caracterizan por la riqueza en especies arbóreas bajas, alta densidad de tallos, dosel arbóreo de baja altura, diámetros arbóreos pequeños, índice bajo del área con hojas, área de hoja específica baja y poca cantidad de biomasa sobre el nivel del suelo en comparación con los tipos de bosques bajos (Tabla 8). Además, las dinámicas de los bosques enanos es lenta, incluidas las siguientes: tasas de crecimiento arbóreo (DAP, altura y acumulación de biomasa); tasas de hojarasca, herbivoría y cambio de hojas; productividad primaria neta sobre el nivel del suelo y reciclado de nutrientes. Las hojas gruesas pequeñas y la madera densa implican inversiones biológicas considerables que cuestan el crecimiento (Grubb, 1977; Lawton, 1984). Además, el crecimiento lento en las cimas asegura que la recuperación de biomasa luego de los huracanes tomar un tiempo considerable (Weaver, 2008). En resumen, “se ha sugerido que los agentes causales del enlentecimiento, sea de manera individual o combinada, son los siguientes: la tierra saturada, el impedimento de respiración de las raíces, los vientos fuertes, la alta lixiviación de la tierra, la baja disponibilidad de nutrientes, las bajas temperaturas, la alta incidencia de la niebla, la insolación solar reducida, la alta humedad y la transpiración reducida” (Weaver, 1995). Este empobrecimiento de los bosques de las montañas tropicales pequeñas, húmedas y aisladas se atribuyó al efecto Massenerhebung, o a la interacción de las temperaturas bajas, niebla frecuente y precipitaciones fuertes, que sirve para retardar la mineralización de la materia orgánica (Grubb, 1971). Los efectos combinados de estas condiciones ambientales pueden reducir de manera eficaz el nivel de elevación donde se encuentran por lo general los bosques compuestos por árboles más bajos, principalmente controlados por la temperatura.

Varias visitas y estudios del bosque enano durante un período de 43 años han proporcionado algunas observaciones interesantes:

- **Árboles muertos de pie.** Los estudios de 1968 mostraron que el 10 % de los tallos de pie con un DAP de 2.5 cm o más cerca de Pico del Este estaban muertos, un fenómeno que posiblemente esté relacionado con la regeneración densa luego de los huracanes 35 años antes (Weaver, 1972).

- **Raíces aéreas.** Luego de una rara pérdida de sus troncos, la *Clusia clusioides* y la *Tabebuia rigida* pueden sostenerse únicamente por sus raíces aéreas (Weaver, 1994).
- **Bosque enano protegido.** La topografía circundante puede proteger porciones aisladas de árboles grandes del bosque enano contra el daño de los huracanes recurrentes (Weaver, 2008). Por ejemplo, una *Magnolia splendens* con un DAP de 78 cm y cuatro *Eugenia borinquensis* grandes que crecen apuntando hacia el este en una quebrada de El Yunque a 985 m.
- **Juncos y grama:** los juncos sobrevivieron durante aproximadamente 50 años a lo largo del tramo del recorrido abandonado de 5 km de Pico del Este entre la ruta PR 930 y las cúpulas de radar de Pico del Este (consulte la nota 1 al pie de página). La presencia de los juncos refleja la compactación del suelo por parte de excursionistas anteriores hace aproximadamente 50 años.
- **Latas, cobertizos y descomposición:** a fines de la década de 1960 (Weaver, 1972), se dejaron intencionalmente dos latas n.º 10 para recoger muestras de precipitaciones directas en una cresta expuesta cerca de Pico del Este. Después de 35 años, se descompusieron de forma casi total. Además, a mediados de la década de 1980, un cobertizo de madera que se utilizó como refugio en Pico del Oeste a mediados de la década de 1960 (Howard, 1968), se había convertido en una montaña de escombros.

**Muestreo de gradiente:** se llevó a cabo una toma de muestras de gradiente dentro de un bosque enano cerca de El Yunque, Pico del Este y Pico del Oeste. De acuerdo con la muestra de 33 parcelas, cuatro especies representaron casi el 70 % y 10 especies más del 93 % del total de los tallos (Tablas 8 y 12). Las especies *Cyathea bryophila*, *Eugenia borinquensis*, *Ocotea spathulata* y *Tabebuia rigida* fueron no solo las más abundantes, sino también aquellas que parecían favorecer las exposiciones a barlovento en lugar de a sotavento en elevaciones altas (Weaver, 2010b).

De acuerdo con el muestreo estratificado por topografía en el bosque enano, las especies *Cyathea bryophila* y *Prestoea montana* fueron más comunes en las quebradas y en las laderas más bajas, mientras que las especies *Calyptanthes krugii*, *Eugenia borinquensis*, *Micropholis garciniifolia* y *Ocotea spathulata* se encontraban, en su mayoría, en las laderas y las crestas (Tabla 12). Las especies *Clusia clusioides* y *Henriettea squamulosa* se encontraban distribuidas de forma más equitativa por topografía. El muestreo estratificado que se llevó a cabo previamente en el bosque enano por topografía cerca de Pico del Este presentó resultados similares (Weaver, 1999).

**Monitoreo de parcelas a largo plazo:** debido a que el bosque enano no se consideraba una posible fuente de madera, no se establecieron parcelas permanentes en las décadas de 1940 y 1950 cuando se investigaron por primera vez otros tipos de bosques. Posteriormente, se establecieron dos tipos de parcelas con monitoreo a largo plazo en bosques enanos cerca de Pico del Este. El primer estudio se llevó a cabo para observar la recuperación del bosque después de un accidente de avión que ocurrió en 1968 y el segundo estudio

se llevó a cabo para supervisar el crecimiento después del huracán Hugo de 1989.

El accidente de avión cerca de Pico del Este creó una franja de aproximadamente 20 x 60 m (Byer y Weaver, 1977).

El sitio donde ocurrió el accidente brindó una oportunidad única para estudiar la recuperación forestal con condiciones similares a la agricultura de tala y quema en sitios de tierras bajas. El monitoreo, que se realiza una vez por década, reveló que el proceso de recuperación pasó por varias etapas:

- Después de 4 o 5 años, la grama, los helechos y los aliados de los helechos dominaban el sitio, mientras que las plantas leñosas eran escasas (Byer y Weaver, 1977).
- Después de 19 años, los helechos y las especies de hoja ancha dominaban con prácticamente la misma cantidad de biomasa. Entre las 20 especies de hoja ancha que se registraron, predominaron tres: *Eugenia borinquensis*, *Henriettea squamulosa* y *Wallenia sp.* (Weaver, 1990). La especie *Cyathea bryophila* fue el helecho más abundante. En ese momento, aproximadamente el 90 % de los árboles de hoja ancha eran endémicos (Weaver, 2000b).
- Después de 30 años, solo 31 árboles de cinco especies tenían 4 m o más de altura (Weaver, 2000b). La cantidad de biomasa encontrada en la parcela de muestra era solo un tercio de la encontrada en el bosque enano maduro circundante.

- Después de 37 años, los árboles de hoja ancha más grandes eran las especies *Clusia clusoides*, *Micropholis garciniifolia* y *Tabebuia rigida* (Weaver, 2008). La recuperación del sitio de los restos siguió siendo irregular; todavía se pueden observar pequeñas áreas de césped y helechos. Se calculó que el tiempo necesario para la recuperación total de la biomasa sería de dos siglos.

En 1990, después del huracán Hugo, se colocaron seis parcelas pequeñas en dos lugares cerca de Pico del Este y, a partir de la colocación, se midieron en intervalos de 5 años (Tabla 7). El monitoreo que se realizó después del huracán indicó que aproximadamente el 10 % de la biomasa se perdió durante la tormenta, y la mortalidad retardada (es decir, la mortalidad posterior de los árboles impactados que inicialmente sobrevivieron a la tormenta) continuó durante muchos años. El crecimiento de los árboles y la recuperación del bosque enano después de las perturbaciones es un proceso lento; además, las especies de árboles endémicos son importantes en el bosque, en particular durante la etapa de recuperación (Weaver, 2000b). Las praderas alpinas que se observan a menudo cerca de las cimas (Odum y Pigeon, 1970) se pueden originar a causa de desprendimientos o por grandes disturbios provocados por huracanes, que arrancan árboles y dejan el subsuelo expuesto. Posteriormente, el césped y los helechos invaden el sitio y, una vez establecidos, pueden persistir durante décadas.

## Capítulo 4. GRADIENTES AMBIENTALES

Los primeros botánicos del Caribe observaron que los cambios en la composición y en la estructura de los bosques se relacionaban con factores ambientales, tales como la elevación, el aspecto, la topografía y la exposición (Beard, 1944, 1949; Shreve, 1914). Shreve, que trabajó en Jamaica, justificó la toma de muestras por características topográficas que indicaban que “los bosques en laderas superan en gran medida los otros tipos de bosques, pero sus características y vegetación están entre las de las quebradas y las crestas, y no tienen el interés de ninguno de los últimos hábitats mencionados” (Shreve, 1914). De manera similar, en base a numerosas visitas realizadas a las Antillas Menores montañosas, se demostró que el bosque montano bajo creció hacia zonas más altas con respecto a los aspectos de sotavento en comparación con los de barlovento (Beard, 1949).

Los primeros investigadores que estudiaron las cimas de la sierra de Luquillo observaron que el bosque enano estaba expuesto a “cuatro condiciones ambientales que pueden ser de gran importancia para determinar la vegetación particular del bosque musgoso, las bajas temperaturas, la alta exposición al viento, el suelo empapado de agua y una atmósfera muy húmeda, niebla y bruma frecuentes y precipitaciones intensas” (Gleason y Cook, 1926). Algunas personas consideraron que el bosque enano en Puerto Rico era una “subdivisión del bosque tipo colorado” empobrecido (es decir, el bosque montano) (Wadsworth, 1951). En base a la misma medida, el matorral de palmeras se podría considerar como una versión empobrecida de los bosques montanos o los bosques montanos bajos. Tanto el matorral de palmeras como el bosque enano se caracterizan por tener suelos saturados y por contener menos especies de árboles.

Los cambios en la elevación influyen en el clima y en la estructura del bosque, la composición de las especies y la dinámica de rodales (Wadsworth, 1948, 1951; Weaver, 1991, 1999, 2000a; Weaver y Murphy, 1990) (Fig. 11) (Tabla 8). Del mismo modo, la estructura y la composición varían de acuerdo con el aspecto, la topografía y la exposición en cualquier elevación particular dentro de los principales tipos de bosques (Weaver 1999, 2000b, 2010a, 2010b). La topografía influye en la formación del suelo, las concentraciones de materia orgánica, el índice de humedad del suelo, el movimiento del agua y la erosión. También influye en la frecuencia de desprendimientos y en la colonización de especies de árboles posterior a las perturbaciones (Basnet, 1992a; Guariguata, 1990, Simon et al., 1990). La frecuencia y la abundancia de ciertas especies en el bosque montano bajo se atribuyeron a factores geológicos y edáficos locales, desde la profundidad hasta cimientos rocosos o rocas grandes y la humedad del suelo, así como también a las perturbaciones periódicas (Basnet, 1992a, 1993b; Crow y Grigal, 1979).

Los parámetros de la parcela medida (la altura del árbol, la densidad del tallo, la biomasa y la riqueza de las especies) que

se registraron en el muestreo de gradiente fueron muy variables en parte debido al tamaño pequeño de la parcela y en parte a la variedad de hábitats de los que se tomaron muestras. Algunas relaciones, sin embargo, eran evidentes. La altura promedio del dosel arbóreo disminuyó y la elevación aumentó, de manera más rápida en las crestas y menos rápida en las quebradas (Fig. 14) (Tabla 8). En comparación, la densidad del tallo de todos los árboles mayores a 4 cm de DAP aumentó en función de la elevación (Fig. 15) (Tabla 8). Las crestas y las laderas mostraron tendencias paralelas, mientras que la densidad del tallo en las quebradas aumentó a un ritmo más lento. Cabe señalar que es evidente la variación en la densidad del tallo por encima de los 900 m, donde algunos sitios de bosques enanos contienen matorrales de tallos pequeños. La biomasa promedio de la parcela en las crestas y las laderas también disminuyó en función de la elevación, pero manifestó una variación considerable; por el contrario, la biomasa en las quebradas, no reveló tendencias con respecto a la elevación (Fig. 16) (Tabla 8). La biomasa varía de forma considerable entre 350 y 650 m en el bosque montano bajo y en el bosque montano donde algunos árboles grandes, a menudo las especies *Dacryodes excelsa* o *Cyrilla racemiflora*, pueden exagerar los valores de la parcela. La cantidad de especies por parcela también disminuyó en función de la elevación en todas las posiciones topográficas (Fig. 17) (Tabla 8). De nuevo, se observaron tendencias aproximadamente paralelas en las crestas y las laderas, pero la cantidad de especies en las quebradas disminuyó a un ritmo más lento. La cantidad de especies por parcela también varía de forma considerable en función de los valores más altos establecidos entre 600 y 750 m.

El muestreo de gradiente también reveló que la estructura del bosque variaba según la topografía. Las alturas del dosel arbóreo para los cuatro tipos de bosque oscilaron entre 4 y 26 m, con los árboles más altos en las crestas del bosque montano bajo y los árboles más bajos en las crestas del bosque enano (Tabla 8). Las densidades de los tallos para los cuatro tipos de bosques variaron desde 680 ha<sup>-1</sup> en el bosque montano bajo hasta 4660 ha<sup>-1</sup> en el bosque enano. Además, las densidades de los tallos disminuyeron desde la cresta a través de las laderas hasta la topografía de las quebradas en todos los tipos de bosques. La biomasa de la parcela sobre el nivel del suelo indicó una variación considerable, desde casi 60 t ha<sup>-1</sup> en quebradas de matorrales de palmeras hasta aproximadamente 520 t ha<sup>-1</sup> en las crestas de bosques montanos. Los valores promedio de la biomasa dentro de todos los tipos de bosque disminuyeron desde las crestas hasta las quebradas, pasando por las laderas. La gravedad específica que se conoce para 87 especies de árboles del LEF varió entre 0.22 y 0.90, con casi el 75 % entre 0.50 y 0.79 g cm<sup>-3</sup> (Reyes et al., 1992) (Apéndice F). Las estimaciones de la gravedad específica promedio por tipos de bosque (es decir, ponderados en función de la cantidad de tallos por especie) variaron de 0.49 a 0.63 para todas las especies combinadas, incluida las palmeras, y de 0.60 a 0.66 para únicamente las especies de hoja ancha (es decir, sin incluir

las palmeras) (Tabla 8). La gravedad específica para todas las especies combinadas tendió a aumentar ligeramente desde bosques montanos bajos a bosques enanos, salvo el matorral de palmeras. En los matorrales de palmeras predominan las especies *Prestoea montana* y *Cecropia schreberiana*, con maderas que pesan muy poco (Apéndice F).

La riqueza de las especies también varió en función de la topografía (Fig. 18) (Tabla 8). En los bosques montanos y bosques montanos bajos, las crestas y las laderas contienen más especies que las quebradas (Scatena y Lugo, 1995; Weaver, 1987a, 2000a). Estas diferencias se pueden deber en parte a una mayor densidad de árboles en las crestas, un factor que crea tamaños de muestras más grandes en términos numéricos. La topografía de la cresta también tiene mejor acceso a la luz y mejor drenaje, esto puede favorecer a la supervivencia de especies más raras, que normalmente son más pequeñas en altura (Weaver, 1989c). El terreno ligeramente elevado en los matorrales de palmeras indicó una mayor riqueza de especies en comparación con las laderas rectas o las quebradas; esto indica nuevamente un mejor drenaje (Fig. 18). En los bosques enanos, con menos especies y menos relieve, las diferencias topográficas son menos pronunciadas y la riqueza de las especies está limitada, principalmente, por las condiciones climáticas y el nivel de exposición.

De acuerdo con otros estudios realizados en el LEF, la densidad de los árboles, la disminución del diámetro del tronco de los árboles, la cantidad de madera de las ramas y la materia orgánica del suelo aumentaron en función de la elevación; mientras que la altura del dosel arbóreo, las variaciones típicas del DAP, los volúmenes totales de madera, la biomasa de madera sobre el nivel del suelo, la biomasa de hojas, el índice de área de hojas, el área de hojas específica, la cantidad total de especies de árboles y la producción primaria neta total sobre el nivel del suelo (con la excepción notable del matorral de palmeras) fueron mayores en las elevaciones más bajas (Wadsworth 1949; Waide et al., 1998; Weaver 1991, 2000; Weaver y Murphy 1990; White 1963) (Tabla 8). Además, las ecuaciones de la biomasa de los árboles que se obtienen a partir de las mediciones de campo de los bosques montanos bajos, bosques montanos y bosques enanos variaban según el tipo de vegetación (Weaver y Gillespie, 1992). Las encuestas realizadas durante el gradiente de elevación del LEF también indicaron una tendencia descendente en función del nivel de respiración del tallo debido a los cambios en la composición de las especies de los árboles, una disminución en el área de la superficie de los árboles y temperaturas más bajas (Harris et al., 2008).

La fauna (es decir, las aves, los anfibios y los reptiles) también indica distribuciones preferenciales en base a la elevación, el tipo de bosque y el hábitat (Joglar, 1998; Raffaele, 1983; Rivero 1978). Las muestras tomadas de la hojarasca de las palmeras fueron más ricas en nutrientes que las muestras tomadas del bosque de árboles de hoja ancha, sobre todo en elevaciones altas (Richardson et al., 2005). La abundancia de invertebrados de la hojarasca y la riqueza de las especies acompañaron el patrón de nutrientes, ya que disminuían en función de la elevación en los bosques de árboles de hoja ancha pero no en los matorrales de palmeras.

Estas últimas diferencias se atribuyeron a la heterogeneidad de los bosques y su contribución a la naturaleza química y física de la hojarasca más que a los efectos directos de la temperatura y las lluvias. También, durante el gradiente, desde el nivel del mar hasta las cimas de la sierra de Luquillo, la cantidad de especies de lombrices de tierra aumentó debido a la mayor cantidad de precipitaciones y a las temperaturas más bajas (González et al., 2007). Las diferencias en la riqueza de las especies de lombrices de tierra se relacionaron con el pH del suelo y con la densidad de la longitud de la raíz (es decir, la longitud de la raíz dividida por el volumen del suelo a 30 cm de profundidad). Sin embargo, durante el gradiente, la biomasa de lombrices fue mayor en las elevaciones más bajas y más altas.

## Variedades de especies de árboles en la sierra de Luquillo

Las especies de árboles en los diferentes tipos de bosques del LEF conforman un mosaico en tiempo y espacio que está influenciado por su biología inherente, su capacidad para adaptarse a las variables del paisaje, el nivel de competencia con otras vegetaciones y su respuesta ante las perturbaciones.

El conocimiento sobre las adaptaciones y la longevidad de las especies permite explicar los motivos de su presencia y persistencia en el paisaje. Algunas especies abundantes se adaptan a una variedad de lugares en el LEF mientras que otras especies prefieren hábitats mucho más limitados.

De acuerdo con el muestreo de gradiente, las 10 especies más comunes dentro de cada tipo de bosque representaron el 72 % de los tallos contados en los bosques montanos bajos, el 64 % en los bosques montanos, el 91 % en los matorrales de palmeras y el 93 % en los bosques enanos (Tablas de los Apéndices 9A a 9D). De las 105 especies registradas del LEF, las dos más abundantes, *Prestoea montana* y *Henriettea squamulosa*, representaron casi el 29 % de todos los tallos (Apéndice C). Las 25 especies más comunes, cada una contabilizada 90 o más veces, representaron el 90 % de la muestra total. Entre las especies menos comunes, ocho se registraron solo una vez y 32 se registraron 5 o menos veces. Los rangos de elevación más grandes (es decir, de 600 m o más) que se registraron durante el muestreo fueron para las especies *Byrsonima wadsworthii*, *Cecropia schreberiana*, *Cordia borinquensis*, *Croton poecilanthus*, *Haenianthus salicifolius*, *Henriettea squamulosa*, *Magnolia splendens*, *Micropholis garciniifolia*, *Ocotea leucoxydon*, *O. spathulata* y *Prestoea montana* (Apéndice C).

Varias especies que habitan en los bosques maduros se limitan en gran medida a uno o dos tipos de bosques (por ejemplo, *Dacryodes excelsa*, *Manilkara bidentata* y *Tetragastris balsamifera* en el bosque montano bajo; *Byrsonima wadsworthii*, *Matayba domingensis*, *Micropholis guyanensis* y *Miconia laevigata* en el bosque montano; *Cyathea bryophila* en el bosque enano y *Eugenia borinquensis*, *Ocotea spathulata* y *Tabebuia rigida* en bosques enanos y en elevaciones más altas de bosques

montanos) (Apéndice C). Por el contrario, algunas especies de tamaño intermedio tales como *Henriettea squamulosa*, *Micropholis garciniifolia* y *Prestoea montana* tienen rangos amplios de elevación, que crecen en el segundo tramo en elevaciones más bajas y alcanzan el dosel arbóreo en elevaciones más altas. Además, las especies de árboles secundarios, tales como *Cecropia schreberiana* y *Psychotria berteriana*, tienen una distribución cosmopolita y ocupan aberturas dentro de los bosques maduros en elevaciones más bajas, pero están poco representadas en los bosques enanos.

Algunas especies de árboles muestran preferencias topográficas fuertes, tales como las especies *Dacryodes excelsa* en las crestas, *Cyrilla racemiflora* y *Micropholis garciniifolia* en las crestas y en las laderas superiores y *Prestoea montana* en las quebradas y en las laderas inferiores. La especie mejor distribuida, *Henriettea squamulosa*, crece en todas las topografías en todos los tipos de bosques. Las especies *Cordia borinquensis*, *Croton poecilanthus* y *Psychotria berteriana*, que se encuentran en las crestas y en las laderas en elevaciones más bajas, no se registraron en las crestas de los bosques enanos. Por último, las especies *Didymopanax gleasonii* Britton & Wilson, *Podocarpus coriaceae* L.C. Rich. y *Styrax portoricensis* Krug & Urban y otras especies raras similares

se limitan en gran medida a elevaciones más altas en bosques montanos o enanos (Little y Wadsworth, 1964; Little *et al.* 1974, Weaver 1989c) (Apéndice C).

Se tomaron muestras de ocho árboles nativos en parcelas muy alejadas de su rango de elevación normal dentro del LEF (Apéndice C):

- *Pterocarpus officinalis*: especie común en los pantanos de agua dulce de la zona costera y a lo largo del río Mameyes, cerca de Puente Roto; también es común en la topografía de quebradas y sobre la confluencia del río Mameyes y del Río de La Mina.
- *Dacryodes excelsa*: especie común en el bosque montano bajo, miden hasta 850 m en la topografía de quebradas en la cuenca del río Espíritu Santo.
- *Sloanea berteriana*: especie común en el bosque montano bajo, miden hasta 890 m en la topografía de laderas en la cuenca del río Blanco.
- *Sapium laurocerasus*: se encuentra en los bosques montanos bajos y en los bosques montanos, miden hasta 950 m en la topografía de quebradas en la cuenca del río Espíritu Santo.



*Pterocarpus officinalis* (árbol de sangre [Bloodwood]), con raíces sinuosas reforzadas, crece hasta 120 m a lo largo de un pequeño arroyo afluente del río Mameyes. (Fotografía de Iván Vicéns)

- *Clusia clusioides*: es más común en los bosques enanos y en los bosques montanos, miden tan solo 450 m en la topografía de crestas en la cuenca del río Mameyes.
- *Tabebuia rigida*: abunda en los bosques enanos, miden tan solo 450 m en la topografía de laderas en la cuenca del río Mameyes.
- *Eugenia borinquensis*: abunda en los bosques enanos, miden tan solo 350 m en la topografía de crestas en la cuenca del río Mameyes.
- *Ocotea spathulata*: es más común en los bosques enanos y en los bosques montanos, miden tan solo 350 m en la topografía de crestas en la cuenca del río Mameyes.

Debido a que toda la muestra de gradiente cubría solo 5.77 ha (0.05 % del LEF), realizar observaciones de campo más extensas probablemente permitiría ampliar los rangos máximos para prácticamente todas las 105 especies que fueron objeto de muestra (Apéndice C). El uso del suelo en el pasado ocultó las distribuciones naturales de las especies en el bosque montano bajo, algunas de las cuales también crecieron en los terrenos bajos de la zona costera.

## Ciclos de vida y longevidad de los árboles

La regeneración y el crecimiento de los árboles siguen diversos procesos de acuerdo con los ciclos de vida de la planta y las condiciones ambientales (Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes, 1974). Gracias a muchos años de investigación y monitoreo, incluidas las observaciones realizadas posterior a las perturbaciones, se obtuvo información sobre los roles ecológicos y la longevidad de varias especies de árboles. Algunas especies que viven actualmente en los bosques montanos bajos probablemente fueron más abundantes en los bosques bajos que rodean el LEF antes de la intervención humana.

Las tasas de crecimiento con respecto al diámetro de varias especies de madera del bosque montano bajo varían de manera considerable y son relativamente rápidas en condiciones de rodales favorables (Crow y Weaver, 1977; Weaver, 1983). Algunos de estos datos se utilizaron para explorar la dinámica de la población en estudios de historia de vida de diferentes especies (McCormick, 1995). En el bosque montano bajo, la especie *Dacryodes excelsa*, que posee una copa angosta, puede alcanzar hasta más de 1 m de DAP en aproximadamente 500 años (Weaver, 2002b). La especie *Buchenavia tetraphylla*, que se considera una especie “tardía secundaria” y que posee una copa en expansión, favorece las laderas superiores y las crestas (Sastre-De Jesús, 1979). Su crecimiento es relativamente rápido y los árboles pueden alcanzar aproximadamente 1 m de DAP en un par de siglos. *Manilkara bidentata*, la especie grande que queda en el bosque montano bajo, es un árbol denso y tolerante a la sombra que alcanza más de 1 m de DAP. (Little and Wadsworth, 1964). Los plántones pueden perdurar en el sotobosque con escaso crecimiento durante 40 años antes de que se liberen a través de las aberturas en el dosel arbóreo (You, 1991). Se calculó que los árboles de 0.6 m de tamaño tenían aproximadamente 250 años de edad. Es probable que los especímenes más grandes, mayores de

1 m, que se cosecharon en el pasado alcancen los 500 años de edad (Weaver, 2002b). La especie *Inga vera*, que es común en áreas como El Verde donde anteriormente se cultivaba café bajo la sombra, probablemente puede alcanzar un DAP de 0.5 m en aproximadamente 65 años (Muñiz-Meléndez, 1978). Sin embargo, se registró un espécimen con un DAP de 0.9 m. (Little and Wadsworth, 1964). *Cecropia schreberiana*, una especie secundaria, crece hasta alcanzar 30 cm en 30 años, el mayor tamaño en el bosque montano bajo (Brokaw, 1998; Doyle, 1981; Silander, 1979); sin embargo, se observaron especímenes más grandes que alcanzan los 80 cm y que probablemente sobrevivieron más de 60 años. Por el contrario, las especies *Palicourea riparia* y *Schefflera morototoni* son especies de tamaño pequeño y mediano, respectivamente, que aprovechan el espacio y que se regeneran y maduran de manera rápida en áreas perturbadas del bosque montano bajo (Lebrón, 1977; Nieves, 1979).

La especie *Cyrilla racemiflora*, que es más común en el bosque montano, crece hasta alcanzar aproximadamente 1 m de DAP en 650 años (Weaver, 1986b). La especie *Magnolia splendens*, que también es más común en el bosque montano, parece crecer hasta alcanzar al menos 65 cm en 500 años (Weaver, 1987b). La especie *Prestoea montana* domina el matorral de palmeras. Se calculó que las palmeras más antiguas en un sitio ubicado a 550 m de altitud tenían aproximadamente 100 años (Lugo y Rivera Batlle, 1987). Los especímenes más antiguos, sin embargo, alcanzan los 20 m de altura y pueden perdurar durante aproximadamente 180 años (Bannister, 1970; Van Valen, 1975). Debido a que varias de estas especies crecen a lo largo de un gradiente de elevación que se vuelve más riguroso desde el punto de vista climático cerca de las cimas, es probable que algunos de los árboles más antiguos de la isla sean considerados especímenes de *Cyrilla racemiflora* o *Magnolia splendens* que crecen a gran altura en bosques montanos o en bosques enanos (Weaver, 1986b; 1987a). Los especímenes más grandes de la mayoría de las otras especies de árboles del LEF probablemente no alcancen un siglo o dos de edad, además la mayoría son relativamente efímeros dentro de los rodales. Se resumió la historia de vida y la información sobre la silvicultura de los árboles nativos y exóticos que crecen en Puerto Rico y se incluyeron 20 especies nativas de los bosques más bajos del LEF (Francis y Lowe; 2000).

La mayoría de los árboles que crecen en bosques enanos son bajos (Tabla 8). De las 10 especies más comunes, las especies *Micropholis garciniifolia* y *Tabebuia rigida* a veces alcanzan tamaños más grandes (Tabla 12). El promedio de las tasas de crecimiento del DAP para todas las especies de árboles combinadas en una pequeña parcela en un bosque cerrado enano cerca de Pico del Este fue de solo 0.03 cm año<sup>-1</sup> (Weaver 1983, 2008). Sin embargo, los plántones de *Clusia clusioides* y *Tabebuia rigida* que crecen a través de las aberturas pueden promediar entre 0.15 y 0.35 cm año<sup>-1</sup> durante algunos años hasta que comienzan a disminuir debido a la competencia. La topografía y la exposición también pueden influir en las tasas de crecimiento y en el tamaño final de los árboles de los bosques enanos. El promedio de las edades, debido a estas condiciones, sería poco convincente.

Los intentos de determinar el estado de sucesión de las especies de árboles se ven influenciados por los tipos de observaciones realizadas (por ejemplo, las condiciones ambientales que se requieren para la regeneración; o las composiciones, la dinámica y el crecimiento del rodal) y su duración (por ejemplo, instantáneo vs. monitoreo). Entre otras variables importantes se incluyen las siguientes:

- **Ubicación (factores espaciales):** tales como el rango geográfico y la frecuencia a lo largo de los gradientes (por ejemplo, elevación, aspecto, posición topográfica, exposición).
- **Madurez del bosque (factores temporales):** tales como el estado del bosque con respecto a las perturbaciones anteriores (por ejemplo, estado posterior a un huracán, etapa secundaria inicial, etapa secundaria tardía, etapa de madurez o posiblemente mixta) y su nivel de influencia en la reproducción y el crecimiento de las especies.

Durante los intentos realizados en el pasado para clasificar el estado de sucesión de los árboles dentro de los bosques montanos y los bosques montanos bajos, se utilizaron enfoques similares pero no idénticos los cuales indicaron una superposición considerable (Apéndice D). Ambos enfoques desarrollaron índices que se basaron en la proporción de árboles del sotobosque y de árboles de dosel arbóreo; la proporción de plántones y de árboles de dosel arbóreo; el tamaño de las semillas; y la gravedad específica de la madera. A mediados de la década de 1960, se observaron 30 especies en los bosques montanos bajos aproximadamente 30 años después del paso de tres huracanes (Smith, 1970). A principios de la década de 1980, se observaron 20 especies en los bosques montanos aproximadamente 50 años después de los mismos huracanes (Weaver, 1992). De acuerdo con ambos índices, se clasificó a la especie *Cecropia schreberiana* como secundaria (Apéndice D); la especie *Tetragastris balsamifera* se clasificó con la principal en el bosque montano bajo y la especie *Eugenia borinquensis* como la principal en el bosque montano. El uso de las características del rodal y las características autecológicas ofrecieron cierta seguridad de que los resultados serían bastante sólidos.

En El Verde, el muestreo de gradientes desde las brechas hasta el bosque circundante indicó que los centros de la brecha, los márgenes de la brecha y el bosque debajo del dosel arbóreo son entornos distintos para la regeneración de especies de árboles (Devoe, 1989). Se realizaron varias observaciones con respecto a las semillas y los frutos, entre las que se incluyeron las siguientes: una mayor masa y cantidad de semillas caen por debajo del dosel arbóreo cerrado en comparación con

el dosel arbóreo abierto; las semillas dispersadas por los animales tienen más posibilidades de ser depositadas debajo del dosel arbóreo mientras que las semillas dispersadas por el viento son más comunes en las aberturas y las semillas o los frutos más pesados tienen más posibilidades de caer por debajo del dosel arbóreo. Por lo tanto, las especies de árboles de bosques maduros y sucesionales tardíos rara vez alcanzan el centro de las brechas. Las condiciones de los bordes de las brechas son particularmente favorables para el establecimiento de maderas comerciales por semilla (Devoe, 1989). En términos de silvicultura, los métodos de tala y corte de árboles previamente plantados, que permiten limpiar áreas grandes, no se consideraron adecuados para la regeneración de especies de madera en el bosque montano bajo. Por el contrario, los métodos de regeneración bajo cubierta y selección, que proporcionan sombra, se consideraron más propensos a obtener resultados exitosos. Las especies de árboles nativos del bosque montano bajo se clasificaron según su capacidad de regeneración ante diferentes condiciones de iluminación, de la siguiente manera (Devoe, 1989):

- **Alta luminosidad:** *Alchornea latifolia*, *Alchorneopsis floribunda*, *Casearia arborea*, *Casearia sylvestris*, *Cecropia schreberiana*, *Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch., *Laetia procera* (Poepp. & Endl.) Eichl., *Schefflera morototoni*, *Tabebuia heterophylla*, *Trema micrantha* y *Zanthoxylum martinicense* (Lam.) DC.
- **Luminosidad intermedia:** *Buchenavia tetraphylla*, *Byrsonima spicata*, *Calophyllum calaba*, *Chionanthus domingensis*, *Croton poecilanthus*, *Guarea guidonia*, *Guettarda scabra* (L.) Vent., *Ormosia krugii*, *Prestoea montana*, *Pterocarpus officinalis* y *Sapium laurocerasus*.
- **Baja luminosidad:** *Dacryodes excelsa*, *Drypetes glauca*, *Inga laurina*, *Manilkara bidentata*, *Ocotea moschata*, *Nectandra turbacensis* (HBK) Nees (anteriormente *Ocotea sintenisii* (Mez.) Alain, *Quararibea turbinata*, *Sloanea berteriana* y *Tetragastris balsamifera*.

Además de las observaciones específicas realizadas anteriormente sobre el crecimiento y la regeneración de árboles, se registraron cerca de 100 especies de árboles en diversos desprendimientos de diferentes tamaños en todo el LEF (Apéndice D). Aunque las condiciones particulares del sitio varían, todos los desprendimientos tienen suelos alterados, están expuestos a la luz general, al menos temporalmente, y están ubicados a distancias relativamente cortas del borde del bosque. En general, estas condiciones favorecen la regeneración de las especies pioneras o secundarias de árboles y arbustos.

## Capítulo 5. PRINCIPALES TIPOS DE PERTURBACIONES

La vegetación natural del LEF se vio afectada por diversas perturbaciones, entre las que se incluyen:

- La mortalidad de base, tales como las caídas esporádicas de los árboles.
- Las perturbaciones climáticas, incluidas las lluvias intensas, las tormentas tropicales y los huracanes.
- Los derrumbes y las erosiones relacionadas con eventos climáticos y actividades humanas.
- Las perturbaciones humanas, incluida la tala de árboles, la extracción de carbón vegetal, la agricultura, el pastoreo, la construcción de carreteras y la minería.
- Las actividades forestales tales como las operaciones silvícolas y la plantación de especies de árboles nativos y exóticos.
- Los accidentes, en particular los accidentes de avión.

### Caídas de árboles (mortalidad de base)

Registrar la caída de un árbol, salvo durante un huracán, es un acontecimiento poco habitual. En 1976, un equipo de campo del Servicio Forestal colocó un toldo para protegerse durante una lluvia torrencial mientras se encontraban monitoreando una parcela permanente en un bosque montano bajo. Al regresar al día siguiente, se encontró el toldo sujetado al suelo por un *Sapium laurocerasus* de 43 cm (consulte la nota 1 al pie de página). La mortalidad de base típica de los árboles, como este acontecimiento, genera brechas dispersas en el bosque.

Las tasas de mortalidad dentro del LEF pueden variar según el tipo de bosque (Weaver, 1983). Entre 1946 y 1976, las tasas (en árboles de  $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ ) para árboles mayores de 4 cm fueron las siguientes: bosque montano bajo, de 24 a 32; bosque montano, de 17 a 20; y matorral de palmeras, 22. Por el contrario, las tasas de mortalidad de los rodales previamente raleados de los bosques montanos bajos y los bosques montanos fueron de 37 y 16, respectivamente. Aunque los datos son muy limitados, al parecer las tasas de mortalidad pueden ser un poco más altas en los bosques montanos bajos en comparación con los bosques montanos o los matorrales de palmeras. Los datos también pueden indicar que las tasas de mortalidad posteriores al raleo forestal varían según el tipo de bosque.

Las tasas de mortalidad de trasfondo de los árboles en el LEF están influenciadas principalmente por los ciclos de vida de las especies típicas, la competencia entre los árboles, los diámetros mínimos registrados y la frecuencia con la que se miden las parcelas. Los datos mencionados anteriormente sobre la mortalidad de los árboles se determinaron durante un período de recuperación posterior a un huracán que abarcó entre 15 y 45 años, con un DAP mínimo de 4 cm. Los estudios recurrentes que se realizaron durante períodos más cortos o más largos, en diferentes momentos de la vida de los rodales y con diferentes dimensiones, deberían arrojar resultados diferentes. Las tasas actuales de mortalidad de

los árboles en el LEF no reflejan la realidad, ya que un ciclo nuevo de medición de 30 años no siempre logra registrar numerosos tallos pequeños (es decir, los tallos que ingresan en la clase de DAP mínimo y mueren antes de la siguiente medición). Un ejemplo típico sería la abundante regeneración de la especie *Cecropia schreberiana* inmediatamente después de las alteraciones del dosel arbóreo, la mayoría de las cuales cede en unos pocos años (Weaver, 2002b).

A veces se utilizan los análisis de las brechas en lugar de los datos reales de mortalidad de los árboles para calcular la renovación de los árboles a corto plazo. En el bosque montano bajo, las brechas se formaron a razón de  $0.8 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ; además, variaban según la topografía; las brechas más grandes se encontraban en los valles ribereños, las intermedias en las crestas y las más pequeñas en las laderas y en los valles de tierras altas (Scatena y Lugo, 1995). Las previsiones con respecto a la formación de brechas para la mayoría de los bosques neotropicales de tierras bajas fueron ligeramente más altas, con un promedio de aproximadamente  $1 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ . Se sugirió que la tasa más baja de formación de brechas en el LEF puede reflejar la pérdida periódica de los tallos más débiles durante el paso de huracanes recurrentes.

Sin embargo, existen otros factores que son al menos igual de importantes. Los árboles tropicales del continente por lo general son más grandes que los del LEF, quizás hasta un tercio o más de altura. Algunos también tienen copas que se extienden. Antes del paso del huracán Hugo, el dosel arbóreo en el bosque montano bajo del LEF se describió como más parejo y con menos y más pequeñas brechas provocadas por las caídas de los árboles en comparación con la cantidad de brechas evidentes de la isla Barro Colorado en Panamá (Brokaw *et al.*, 2004). Al parecer, los vientos persistentes y los impactos recurrentes de los huracanes dentro del LEF reducen el tamaño del dosel de los árboles dominantes. Las especies de árboles en el bosque montano bajo de Dominica, en particular la especie dominante *Dacryodes excelsa*, tenían proporciones de copa-tronco relativamente pequeñas (Bell, 1976). Al parecer, el bosque montano bajo en la cuenca del Caribe se adaptó a los huracanes debido a su “trama emergente poco desarrollada, copas pequeñas, proporción pequeña de copa-tronco, muchos tallos y superficie fotosintética pequeña por tallo, acompañada de tasas de crecimiento lentas del tallo, pérdida gradual de las extremidades y descomposición en el lugar de los troncos existentes” (Odum, 1970, página H-3). La mortalidad gradual de los tallos verticales (Crow, 1980; Odum, 1970) debería producir brechas más pequeñas que las que se encuentran en el continente.

### Perturbaciones climáticas

Los huracanes afectan los bosques de las islas del Caribe de forma regular (Tomblin, 1981). Varían de acuerdo con la frecuencia, la trayectoria, el movimiento de avance, la velocidad del viento, la velocidad de las ráfagas, la duración,

las precipitaciones y los tornados que se generan a causa de los huracanes. Los huracanes pueden afectar a los organismos del paisaje al provocar cambios en la estructura del bosque, en la composición de las especies y en la diversidad; al aumentar la heterogeneidad de los paisajes y la variabilidad en los procesos de los ecosistemas; al redirigir la sucesión; y al provocar cambios evolutivos a través de la selección natural (Lugo, 2008).

Los impactos de los árboles se relacionan con la trayectoria del huracán y la velocidad de las ráfagas (Francis y Gillespie, 1993). La defoliación y los daños menores en las ramas comienzan cerca de 60 km hora<sup>-1</sup> y aumentan rápidamente a 130 km hora<sup>-1</sup>, a partir de aquí no empeoran. El daño más grave se evita si la superficie de la copa disminuye a causa de la pérdida de hojas. La resistencia de la madera de las ramas y el tronco aporta poca resistencia a los daños provocados por las altas velocidades del viento. Las palmeras, sin ramas y con hojas que arrastra el viento, se deshojan debido a las altas velocidades de las ráfagas y son más resistentes al viento que los árboles de hoja ancha.

Los impactos de los huracanes son una función de la composición y la estructura del bosque previo a la tormenta, incluido el tamaño de los árboles, la densidad del tallo y las características de las raíces. Varios factores dentro del LEF (es decir, la topografía, la elevación, el aspecto, la exposición, la profundidad del suelo, el contenido de humedad del suelo y las actividades humanas del pasado) también pueden influir en los impactos de las tormentas a nivel local. Además, las tasas de mortalidad de las especies de árboles dependen de sus capacidades inherentes para soportar tormentas de gran intensidad y para la posterior regeneración a nivel vegetativo. Sin embargo, en algunos casos, las supuestas diferencias con respecto a los daños que generan las tormentas se pueden atribuir a las técnicas de campo deficientes si los árboles vivos se registran de manera prematura como muertos.

El daño provocado por los huracanes y la recuperación varían a lo largo del paisaje. Los huracanes que pasan cerca y por la sierra de Luquillo lo hacen con la frecuencia necesaria como para que algunas partes del LEF se encuentren siempre en alguna etapa de recuperación a causa de eventos pasados (Fig. 12) (consulte la Tabla 6 para obtener información sobre los huracanes y la mayoría de las referencias). De acuerdo con las observaciones de campo que se realizaron en el noreste de Puerto Rico inmediatamente después del paso del huracán San Felipe, se produjeron la defoliación, la quebradura y el desarraigo, seguidos poco tiempo después por la foliación y, en el caso de algunas especies de árboles, la producción anormal de semillas. Las parcelas permanentes que se establecieron en la década de 1940, entre 11 y 18 años después de los huracanes, indicaron un aumento en la cantidad de plántones y de árboles de tamaño de poste después de 15 años, acompañados por un aumento en la riqueza de especies de árboles y en el promedio de la tasa de crecimiento del DAP. Una vez que se cerró el bosque, la competencia entre los tallos que sobrevivieron provocó una tasa de mortalidad alta de especies secundarias. Las especies que sobrevivieron, principalmente las especies forestales maduras, dominaron los rodales de forma gradual. En el bosque montano, y probablemente también en el bosque montano bajo, la gravedad específica promedio del bosque aumentó durante 30 años a medida que cambiaba la

composición de las especies. El volumen de los bosques y la biomasa también aumentaron y se convirtieron de forma gradual en asintóticos a medida que los bosques pertinentes alcanzaban la madurez. Sin embargo, en cualquier momento el ciclo se podría renovar a nivel local a causa de la caída de los árboles o por el paso de huracanes nuevos (Brokaw, 1985). En 1956, Santa Clara, un huracán marginal que pasó por el centro de la isla, causó impactos menores dentro del LEF que provocaron principalmente defoliación, destrozos localizados y algunos temporales.

El huracán Hugo, que pasó justo al este del LEF, fue el primer huracán grande en atravesar las sierras en casi 60 años (Fig. 12) (Tabla 6). El aspecto y la topografía dentro de las sierras protegían las cavidades de los árboles en algunos lugares y exponían a otros a los vientos fuertes. El huracán provocó defoliación, quebraduras, desarraigo y pérdida de la biomasa existente; otros tipos de impactos se generaron más cerca de la trayectoria de la tormenta. Se descubrió que los árboles grandes eran susceptibles al viento mientras que los árboles más pequeños no mostraron patrones consistentes; además, al parecer los soportes de los árboles no brindaban protección contra el arranque de raíces. La luz que alcanza el suelo del bosque aumentó inmediatamente después de la tormenta. El desarraigo generó pozos por la caída de los árboles de tamaño variable y grandes cantidades de restos y hojarasca se depositaron en la superficie del suelo donde



*Los efectos del huracán Hugo (septiembre de 1989), el primer huracán importante en afectar las sierras de Luquillo en 57 años, los daños fueron evidentes en todo el Bosque Experimental de Luquillo. En el fondo se puede observar la cascada La Coca. (Fotografía de Peter L. Weaver)*

generaron distintos efectos en la germinación de las semillas. En pocos años, se llenaron los espacios del dosel arbóreo con las ramas rotas. Las especies secundarias de árboles se regeneraron en las brechas junto con los helechos y el césped. Las vides también crecieron de manera rápida, a menudo al trepar por los tallos muertos y los que sobrevivieron.

En el bosque montano bajo, de acuerdo con las observaciones realizadas posterior al paso del huracán Hugo, el follaje y las copas de los árboles se regeneraron de forma rápida, también se regeneró la vegetación herbácea y arbórea. De acuerdo con los perfiles de follaje comparativos, el porcentaje de hojas en los niveles superiores disminuyó después del huracán y el porcentaje en los niveles más bajos aumentó. Las especies pioneras sufrieron daños importantes y tasas altas de mortalidad; además, demostraron una capacidad de brote baja, mientras que las especies no pioneras sobrevivieron mejor y volvieron a brotar. Al parecer las especies *Dacryodes excelsa* y *Prestoea montana*, comunes en el bosque montano bajo, se adaptaron mejor a las tormentas recurrentes. Por el contrario, muchas especies introducidas que se plantaron en las quebradas se vieron gravemente afectadas.

Las raíces finas en la capa superficial del suelo murieron pocos meses después del huracán Hugo y gran parte de la absorción de nutrientes se conservó en la vegetación sobre el nivel del suelo. Luego del desarrollo del dosel arbóreo, se produjo un pico de productividad sobre el nivel del suelo a medida que los árboles de sucesión tempranos se convirtieron en plantones y en árboles de tamaño de poste. En ese momento, el bosque de Bisley tenía un nivel de eficiencia bajo con respecto al uso de nutrientes y con los niveles más altos de productividad observados en el LEF. Posteriormente, muchos de los árboles que impactó la tormenta murieron. Un resumen de 15 años de recuperación mostró las pérdidas inmediatas de biomasa, la cantidad de árboles y la riqueza de las especies, seguido de una recuperación gradual.

Los estudios realizados sobre la lluvia de semillas después del huracán Hugo en el centro y a lo largo de los bordes de dos desprendimientos a 370 y 520 m dentro del bosque montano bajo indicaron la presencia de flora local (es decir, no fue necesario que se dispersen en distancias largas para explicar las observaciones). Los picos de lluvia de semillas coincidieron con períodos de alta producción de semillas y estuvieron dominados por arbustos que aumentaron la producción de frutos en el sotobosque del bosque circundante.

Las lluvias intensas en los bosques montanos provocaron numerosos desprendimientos y la deposición de la hojarasca buena en niveles muy por encima de los resultados previos a la tormenta (Tabla 6). En una parcela de bosque de palmeras ribereñas, el daño provocado en los tallos fue común, pero la tasa de mortalidad fue baja y la recuperación fue rápida. La hojarasca se depositó en el suelo del bosque inmediatamente después de que el huracán disminuyera a los niveles previos al huracán después de 5 años. Además, la densidad y la biomasa del tallo posterior al huracán superaron los valores previos al huracán y la tasa de mortalidad retardada de los árboles fue el doble de la tasa de mortalidad de base normal.

En los bosques enanos, alrededor de una cuarta parte de los tallos que sobrevivieron al huracán sufrieron mortalidad retardada, con tasas de mortalidad individuales que varían según la especie (Tabla 6). La caída de hojarasca antes y después del huracán fue casi igual, excepto cuando se incluyeron restos gruesos de madera en el conteo posterior al huracán. La pérdida de epífitas en el bosque enano cambia el patrón de movimiento del agua desde el dosel arbóreo al suelo. El huracán Hugo eliminó las epífitas de los bosques enanos en cantidades variables según la topografía y la exposición. Aunque no se relacionó con el huracán Hugo, la eliminación experimental de epífitas de bosques enanos dos décadas antes mostró cambios radicales en las cantidades de lluvias directas y flujo del tallo durante las precipitaciones (Weaver, 1972). Antes de la eliminación, las epífitas servían para dirigir gran parte de las precipitaciones determinantes como lluvia directa; después de la eliminación de las epífitas, el flujo del tallo aumentó de manera considerable. Los huracanes y la eliminación manual de las epífitas provocan efectos similares; esto aumenta el flujo del tallo a costa de las precipitaciones directas. Además, la eliminación de las epífitas aumenta la cantidad de luz que llega a la superficie del suelo; este cambio favorece los aumentos inmediatos del césped y los helechos.

El huracán Georges, que pasó justo al sur del LEF, generó menos impactos que el huracán Hugo y recibió menos atención (Fig. 12) (Tabla 6). Las observaciones inmediatas posteriores al huracán Georges realizadas en la parcela permanente TR-1 en el bosque montano bajo mostraron una disminución en la riqueza de las especies de árboles; además, la especie *Dacryodes excelsa* representó un dominio proporcionalmente mayor con respecto a los tallos residuales y la biomasa. Un estudio realizado en toda la isla posterior al huracán sobre los sitios que varían en función de las precipitaciones, la elevación, el tipo de suelo, la topografía y los aspectos indicó tasas altas de regeneración del suelo provocadas por el arranque de raíces. Los sitios montanos bajos en Bisley y El Verde formaron parte del estudio. En los bosques enanos, la mortalidad tardía redujo aún más la cantidad de tallos y la biomasa, esto se sumó a las pérdidas causadas directamente por el huracán Georges. La hojarasca instantánea provocada por el huracán Georges osciló entre aproximadamente la mitad y casi el total de la tasa anual en seis sitios forestales en el LEF. La descomposición que se produjo después permitió que los niveles de hojarasca volvieran a los valores previos al huracán en aproximadamente 1 año.

Además de los grandes impactos en la vegetación, los huracanes también afectan la vida silvestre. Entre los impactos directos en las poblaciones de aves se incluyen la mortalidad provocada por el viento, la lluvia, las tempestades y el desplazamiento geográfico de individuos (Wiley y Wunderle, 1993; Wunderle, 1995; Wunderle y Arendt, 2011). Por ejemplo, el huracán Hugo redujo la población silvestre de *Amazona vittata* a la mitad. Los efectos indirectos incluyen la pérdida de suministros de alimentos o sitios de alimentación, la pérdida de sitios para la anidación o el descanso, la mayor vulnerabilidad a los predadores y los cambios microclimáticos posteriores a las tormentas. Las aves responden a corto plazo a través de cambios en la alimentación, sitios de alimentación

o hábitats y cambios en la reproducción. Las respuestas a largo plazo pueden implicar un mayor uso de la vegetación secundaria. La recuperación posterior al huracán de las poblaciones de aves depende de la cantidad de vegetación dañada, así como de las características inherentes de las especies como las tasas de reproducción.

Los daños de la tormenta también afectan a las poblaciones de murciélagos (Gannon y Willig, 1994). El huracán afectó los niveles poblacionales de *Artibeus jamaicensis*, *Monophyllus redmani* y *Stenoderma rufum*, las últimas especies catalogadas como sensibles por el Servicio Forestal. Las dos primeras especies se recuperaron en 2 años, pero la población de *Stenoderma rufum* solo alcanzó el 30 % de los niveles previos al huracán después de 3 años. Además, el tamaño de su área de alimentación y ámbito hogareño se expandió cinco veces, lo que implicó aumentos significativos en el tiempo y la energía que se emplean para conseguir alimentos. También fue evidente un cambio en la estructura de la edad de la población. Los jóvenes se ausentaron después de la tormenta, lo que indicó una disminución en la reproducción. Las condiciones posteriores al huracán también afectaron a la *Epicrates inornatus* (boa constrictora de Puerto Rico), que vagaba más después del huracán que antes de este (Wunderle et al., 2004). Aparentemente, una menor densidad de ramas y cobertura de hojas limitaron su uso de sitios arbóreos.

La cubierta forestal perdida aumentó temporalmente la cantidad de lluvias que alcanzaban el suelo. Los desprendimientos y escombros bloquearon los canales de arroyos, lo que alteró los hábitats y las redes alimentarias para la fauna acuática (Covich et al., 1996, 2006). Otros impactos incluyeron cambios en la población y migraciones de organismos acuáticos. Los huracanes y las tormentas tropicales también afectaron la abundancia, la dispersión y la colonización de los insectos (Torres, 1988, 1992). Se informaron focos de 15 especies de Lepidoptera durante la primavera y a principios del verano después del huracán Hugo. Todas las especies se alimentaron de la primera vegetación de sucesión, algunas de las cuales representaron nuevas plantas huésped dentro del LEF.

## Desprendimientos

Más de la mitad de los desprendimientos en Puerto Rico se generan por lluvias y vientos intensos que se asocian con perturbaciones como huracanes, tormentas tropicales y depresiones tropicales, olas o abrevaderos; el resto es el resultado de frentes fríos del invierno o tormentas eléctricas convectivas (Larson y Torres-Sánchez, 1992). El área con el mayor número de desprendimientos en el LEF se ubica a entre 600 y 800 m de altura. La mayoría ocurre durante la temporada de huracanes que ocurre de junio a octubre. La detección no es fácil debido a que muchos son pequeños y la vegetación circuncidante los coloniza rápidamente.

La construcción y el mantenimiento de autopistas son factores críticos que afectan la erosión y los desprendimientos de las laderas. El alcance lateral del impacto que causa la construcción de rutas es considerable. Un estudio sobre las rutas puertorriqueñas en terrenos montañosos húmedos mostró

que la tasa de remoción de masa aumentó de cinco a ocho veces dentro de una franja de 170 m a lo largo de los corredores de las rutas en comparación con áreas más distantes (Larsen y Parks, 1997). Socavar el pie de una ladera es la actividad más común relacionada con la construcción que provoca desprendimientos. En el área de Río Blanco, la frecuencia de los desprendimientos aumentó con (Larsen y Torres-Sánchez, 1992):

- el ángulo de la ladera, con más desprendimientos en las laderas empinadas que en las menos pronunciadas;
- la elevación, con más desprendimientos en las laderas de gran altura que en las de baja altura; y
- el aspecto, con más desprendimientos en laderas a barlovento que enfrentan a los vientos imperantes que en las que se encuentran a sotavento.

Los desprendimientos en quebradas (laderas de la ensenada) son más comunes que aquellos en laderas (laderas laterales) o en crestas (laderas divergentes) (Simon et al., 1990). Se hicieron varias observaciones con respecto al crecimiento de especies de árboles en laderas y suelos inestables. En general, la regeneración es más vigorosa en la parte inferior de un desprendimiento, donde dominan las especies pioneras de rápido crecimiento y demandantes de luz (Guariguata, 1990). La *Prestoea montana* se asocia con suelos saturados y crece en laderas afectadas por la remoción de masa (Guariguata, 1990). La distribución de otras especies varía con la forma topográfica: *Clusia clusioides*, *Cyrilla racemiflora*, *Micropholis garciniifolia*, *Micropholis guyanensis* y *Tabebuia rigida* son menos comunes en laderas de cornisa. Los matorrales de helechos que crecen sobre los desprendimientos bajos en nutrientes parecen facilitar la germinación de los plantones de árboles, pero posteriormente pueden inhibir su crecimiento, especialmente en las partes superiores de los desprendimientos (Guariguata, 1990). Las semillas de *Cecropia schreberiana* sembradas bajo los matorrales de helechos germinaron a una tasa mayor que aquellas sembradas en áreas abiertas adyacentes (Walker, 1994).

El huracán Hugo provocó más de 400 desprendimientos en casi el 60 % del LEF (Larsen y Torres-Sánchez, 1992). Los desprendimientos promediaron aproximadamente 150 m<sup>2</sup> y variaron entre 18 y 4500 m<sup>2</sup>. Las estimaciones muestran que los desprendimientos erosionan el LEF a una tasa que equivale aproximadamente a 1 % (cerca de 113 ha) por cada 1000 años. Sin embargo, las estimaciones de desprendimientos a largo plazo son tenues debido a que la parte de paisaje que cubre los desprendimientos puede aumentar drásticamente como respuesta a fuertes lluvias o huracanes prolongados.

El mayor desprendimiento en el LEF ocurrió en 1970 a 600 m de altura en la ladera sur del bosque, en el kilómetro 21 en la ruta PR 191. (Guariguata y Larsen, 1990; Larsen, 1997; Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU, 1997b). Una tormenta de 5 días con una lluvia acumulada de 950 mm provocó el desprendimiento de ~6 ha. En septiembre de 1979, los huracanes David y Frederick provocaron más erosión en el desprendimiento principal y desprendimientos más pequeños aproximadamente a 1.5 km hacia el norte en la ruta PR 191. Posteriormente, varios

desprendimientos menores cubrieron por completo 0.5 km de norte a sur de la ruta del desprendimiento principal. En algunos casos, la depresión (es decir, la remoción de masa donde una masa homogénea de materiales ligeramente consolidados se desliza durante una distancia corta cuesta abajo) depositó los árboles maduros en la superficie de la ruta. *Cecropia schreberiana*, *Prestoea montana* y *Psychotria berteriana* tienen una buena presencia en el suelo transportado. Grandes parches de la popular *Impatiens* sp. con flores también crecen en las áreas sombreadas en la superficie de la ruta.

Un estudio sobre los árboles en el gran desprendimiento llevada a cabo en octubre de 2005 mostró más de 40 especies (Apéndice D), aproximadamente el mismo número que se detectó en todos los demás desprendimientos dentro del LEF (Guariguata, 1990). El gran desprendimiento compartió 19 especies con los restantes desprendimientos en el LEF, incluido el *Cyathea arborea*, que fue la especie



Este gran desprendimiento a 600 m de altura (es decir, en el kilómetro 21 sobre la ruta PR 191) se produjo después de fuertes lluvias en 1970 y cerró permanentemente la autopista. ARRIBA: el desprendimiento con poca vegetación en 1981. ABAJO: la misma área con una cubierta más densa en 2005. Nótese la abundancia del *Cyathea arborea* nativo (helecho arborescente) y la presencia del *Pinus caribaea* (pino macho) introducido. (Fotografías de Peter L. Weaver)

más abundante en varios tamaños. Otras especies comunes incluyeron *Alchornea latifolia*, *Cecropia schreberiana*, *Cyrtia racemiflora*, *Inga laurina*, *I. vera*, *Miconia racemosa*, *Prestoea montana*, *Psychotria berteriana* y *Tabebuia heterophylla*. Especies raras en el sitio incluyeron *Coccoloba schwartzii*, *Roystonea borinquena* O.F. Cook y *Sloanea berteriana*, posibles sobrevivientes en un grupo aislado de tierra que permaneció intacto durante el desprendimiento. A los árboles frutales, como *Psidium guajava* y *Annona* sp., probablemente los introdujeron los visitantes. El *Pinus caribaea* se plantó alrededor de 20 a 25 años antes y su regeneración es común a lo largo de la franja superior en el sur del desprendimiento. En 2009, la regeneración secundaria cubrió la mayor parte del desprendimiento principal. Sin embargo, las laderas empinadas que bordean el desprendimiento se erosionan continuamente y varias grietas profundas la diseccionan en los niveles inferiores. Debido a que el desprendimiento es grande, el sustrato es inestable y las lluvias son frecuentes y fuertes, la recuperación completa requerirá un tiempo considerable.

Las respuestas de las plantas a los nutrientes y a la luz sobre los desprendimientos se exploraron para determinar si la disponibilidad de nitrógeno y fósforo limitaba el crecimiento de las especies pioneras y no pioneras de manera diferente (Fetcher et al., 1996). La cantidad de nitrógeno parecía influir en el crecimiento de las especies pioneras y no pioneras, mientras que la cantidad de fósforo parecía afectar el crecimiento de las pioneras. En ausencia de adiciones de nutrientes, ni las especies pioneras ni las no pioneras parecían estar bien adaptadas para colonizar el material originario porque el crecimiento era lento.

Se hizo un intento para predecir la vegetación del desprendimiento después de la perturbación en el LEF (Myster et al., 1997). Se encontró que la edad, el aspecto, la elevación y el sustrato eran variables importantes que influían en la complejidad de la vegetación en los desprendimientos. La sucesión más avanzada se encuentra en los desprendimientos que son más antiguos, a sotavento de los vientos del huracán (es decir, al sudeste en el caso del huracán Hugo), en una elevación más baja dentro de las montañas y en sustratos volcanoclásticos en lugar de sustratos dioríticos. Los mecanismos biológicos, como la dispersión, la depredación y la competencia, son variables de menor importancia. Las especies arbóreas que colonizan las brechas de árboles caídos dentro del bosque también se encuentran en los desprendimientos y sus secuencias se determinan por la disminución de la disponibilidad de luz (Myster y Walker, 1997). *Alchornea latifolia*, *Cecropia schreberiana*, *Solanum torvum*, *Tabebuia heterophylla* y *Trema micrantha* son las especies más demandantes de luz (Apéndice D); *Miconia* spp. y *Urera baccifera* se consideran como demandantes de luz; *Piper* spp. se clasifican como especies intermedias en relación con la demanda de luz; y finalmente *Inga laurina*, *I. vera*, *Ocotea leucoxylon* y *Prestoea montana* crecen en espacios con poca luz. Se sugirió que la secuencia mencionada podría representar el orden en que las especies arbóreas se sustituirían entre sí durante el proceso de recuperación.

El gran desprendimiento en el kilómetro 21 de la ruta PR 191 cerró la pintoresca autopista en las laderas del sur, lo que hizo más difícil el acceso al interior del bosque. Al mismo

tiempo, hizo que el bosque estuviera menos fragmentado ecológicamente y les dio a los administradores un mayor control sobre los recursos forestales, especialmente la vida silvestre. Los seres humanos construyeron la ruta sobre un terreno inestable que sirvió a visitantes por casi 30 años. La naturaleza, a través de fuertes lluvias y un gran desprendimiento, mantuvo la ruta cerrada por más de 40 años.

## Actividades humanas: establecimiento y desarrollo

Los bosques eran la cobertura de vegetación predominante en prácticamente todo Puerto Rico cuando llegó Colón (Wadsworth, 1950). En ese momento, el bosque montano bajo probablemente tenía un volumen promedio de madera de aproximadamente 250 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Wadsworth, 1949, 1950, 1951). A mediados del siglo XX, sin embargo, la tala de madera, la agricultura y el corte de leña habían eliminado o perturbado a todo excepto 3500 ha en Puerto Rico, 65 % de los cuales se encontraba en las elevaciones superiores en el LEF (Wadsworth, 1950). La parte superior del LEF siempre fue boscosa y experimentó muy pocas perturbaciones humanas. En contraste, la mayoría de la parte inferior fue sometida a “la rutina conocida de explotación forestal, desmonte, quema, pastoreo y agricultura que constituye la agricultura migratoria” (Marrero, 1948).

En 1936, menos del 50 % del LEF tenía una cubierta de copas continua (es decir, áreas con más del 80 % de la superficie bajo la cubierta de copas) (Foster et al., 1999). Esto fue alrededor de 100 años después de que la gran actividad humana comenzara en las laderas más bajas y solo de 4 a 8 años después del paso de tres huracanes importantes, incluido uno que se considera como la tormenta legendaria de la isla y otro que pasó directamente sobre el bosque. Posteriormente, se realizaron operaciones forestales como la mejora de árboles en pie y la siembra de especies de maderas nativas y exóticas en las elevaciones más bajas (Fig. 6) (Tabla 13). En 1989, más del 97 % del LEF estaba bajo el dosel arbóreo.

Muchas otras perturbaciones humanas se produjeron desde la época del descubrimiento y asentamiento (Tabla 13). En un principio, la tala de madera y el desmonte de senderos para la minería probablemente tuvieron un impacto menor en el bosque. Se realizaron al menos 24 concesiones mineras en el cuadrángulo de El Yunque (Cardona, 1984). Se trabajaron 5 de los sitios, 10 no se trabajaron, y la historia del resto es incierta. Prácticamente todos los sitios estaban situados en el bosque montano bajo.

**Tabla 13: áreas estimadas de perturbaciones históricas y actuales dentro del Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>**

| Tipos de perturbaciones                       | Ha del área |
|---|-------------|
| Huracanes <sup>b</sup>                        | ~11 310     |
| Agricultura y madera <sup>c</sup>             | 6450        |
| Sitios administrativos <sup>d</sup>           | 82          |
| Sitios de comunicación <sup>d</sup>           | 79          |
| Recreación desarrollada <sup>d</sup>          | 468         |
| Rutas <sup>e</sup>                            | 50          |
| Desprendimientos <sup>f</sup>                 | 113         |
| Minería <sup>g</sup>                          | 3           |
| Gestión forestal                              |             |
| Mejora del rodal <sup>h</sup>                 | 1620        |
| Plantaciones <sup>i</sup>                     | 1510        |
| Manipulación de investigaciones <sup>j</sup>  | 5           |
| Accidentes (aviones y vehículos) <sup>k</sup> | 5           |

<sup>a</sup>Algunas áreas coinciden.

<sup>b</sup>A lo largo de los siglos, los huracanes impactarían prácticamente a todo el LEF.

<sup>c</sup>Cultivos, pastoreo, carbón y cosecha de madera (Marrero, 1948).

<sup>d</sup>Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU. (1997a).

<sup>e</sup>Rutas y márgenes (Kharecha, 1997; Scatena, 1993).

<sup>f</sup>Datos expresados en hectáreas por 1000 años (Larsen y Torres Sánchez, 1992).

<sup>g</sup>La mayoría era minería de placeres para la obtención de oro (Cardona, 1984).

<sup>h</sup>Raleo, anillado, tala de árboles (Snyder et al., 1987).

<sup>i</sup>Numerosas especies (Marrero, 1948).

<sup>j</sup>Tala de árboles, senderos, arboreto y poda de dosel arbóreo (Byer y Weaver, 1977; Francis, 1989; Howard, 1968; Sheils et al., 2010).

<sup>k</sup>Sitio del accidente más áreas afectadas en operaciones de limpieza.

La construcción de las rutas PR 186 y 191, así como de las rutas secundarias, condujo a la pérdida directa del bosque. A mediados de la década de 1990, las rutas ocuparon cerca de 50 ha del LEF (Kharecha, 1997). Además, la construcción y el mantenimiento de rutas, o la extensión de largos corredores a través del bosque, tienen un impacto en los ecosistemas adyacentes (Heyne, 2000). Estos incluyen cambios en las propiedades del suelo y de las aguas superficiales, erosión, desprendimientos, lixiviación de nutrientes y adición de contaminantes del deterioro y uso de la ruta. Las aberturas del dosel arbóreo para las rutas cambian el microclima local, lo que aumenta los niveles de radiación, la temperatura y la evapotranspiración, y reduce la humedad y la filtración de agua. El efecto neto es secar los suelos cercanos y retrasar la descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrientes al suelo. Las rutas y los desprendimientos relacionados también proporcionan vías para la entrada de especies secundarias y exóticas. El desarrollo de sitios administrativos, áreas recreativas y senderos para excursiones y sitios de comunicación, incluidas torres y líneas de transmisión, afectaron por lo menos 630 ha (Tabla 13). Estos sitios tienen impactos negativos similares en el medio ambiente. Además, son una fuente de ruido, basura y contaminación de aguas limpias.

Un estudio de caso del uso anterior de la tierra que se realizó a principios de la década de 1990 reveló algunos de los impactos menos evidentes de la actividad humana en el pasado. Los españoles comenzaron la distribución de la tierra en la década de 1800 para favorecer el asentamiento de las laderas inferiores del LEF (García-Montiel y Scatena, 1994). Siguió la eliminación seleccionada de especies maderables y el cultivo de café y de cultivos de subsistencia, y en 1934, cuando el Servicio Forestal adquirió Bisley, se iniciaron actividades de forestación. Entre los impactos forestales que se observaron en Bisley a principios de la década de 1990 se encuentran los siguientes:

- evidencia de senderos de arrastre que se utilizaban para la extracción de madera;
- cambios en la estructura de dominación y de edad de los árboles del dosel;
- disminuciones proporcionales en ciertas especies comerciales de madera;
- cultivos de subsistencia de sotobosque, en particular las bananas en las áreas ribereñas;
- aumentos en la importancia de *Guarea guidonia*, *Inga laurina* y *I. vera*, especies de árboles que se utilizaron como sombra de café en las montañas; y
- evidencia de hornos anteriores de carbón y un aumento de *Prestoea montana* en las cercanías de los hornos.

Los impactos humanos similares a aquellos en Bisley muy probablemente caractericen a otros sitios a lo largo del límite del LEF.

## Accidentes

Varios accidentes causaron perturbaciones menores dentro de los bosques de la sierra de Luquillo. Se produjeron al menos seis incidentes notables (es decir, con estimaciones de daños al sitio y de desmonte de senderos entre paréntesis) (Apéndice A):

- Un avión se estrelló en el bosque montano bajo cerca de las cuencas de Bisley, posiblemente durante la década de 1940 o de 1950 (0.3 ha). No se pudo encontrar información adicional sobre los restos.
- Un Fairchild C-119 (Flying Boxcar) partió de Roosevelt Roads y se estrelló en el bosque enano cerca de Pico del Este el 14 de diciembre de 1968 (0.3 ha). Posteriormente, la recuperación de la vegetación se controló por más de 40 años en el sitio (Weaver, 2000b, 2008).
- Un Havilland Heron DH-114 (vuelo de Prinair) que volaba entre St. Thomas y San Juan se estrelló en el bosque montano cerca del pico Cacique el 5 de marzo de 1969 (1.5 ha) (Rojas Daporta y Ortiz Otero, 1969).



Por lo menos cinco aviones se estrellaron dentro del Bosque Experimental de Luquillo desde la década de 1940, incluido el accidente de 1968 de un Fairchild C-119 (Flying Boxcar) en el bosque enano cerca de Pico del Este. IZQUIERDA: El sitio del accidente después de 9 años está cubierto por helechos y hierbas. (Fotografía de Peter L. Weaver) ARRIBA: Después de 35 años, los escombros en el mismo sitio están rodeados por muchas especies endémicas de hojas anchas y helechos. (Fotografía de Iván Vicéns)

- Un Cessna 441 que volaba entre Culebra y San Juan cayó en el bosque montano bajo cerca de los restaurantes al borde del camino en la ruta PR 191 el 5 de enero de 2002 (0.3 ha) (Torres, 2002).
- Un Rockwell International 690B Turbo Commander de ala fija que volaba entre Tórtola y San Juan cayó en el área silvestre El Toro, situada en el bosque montano bajo, cerca del límite norte del bosque el 3 de diciembre de 2008 (2.0 ha) (Hernández Pérez, 2008).
- Una grúa estacionada durante la noche en el FS-27 cerca de Pico del Oeste se deslizó fuera de la ruta y desmontó un parche de bosque montano a principios de la década de 1980 (0.3 ha). La grúa no se retiró del bosque.

Además, un número desconocido de automóviles y camiones se accidentaron en varios puntos a lo largo de las rutas forestales, lo que causó daños locales. Algunos accidentes afectan considerablemente más superficie que el sitio del accidente. Las investigaciones de accidentes y la eliminación de escombros para los restos de aviones incluyen la limpieza de caminos, el intenso pisoteo alrededor de los sitios de accidentes y la erosión del suelo. También provocan cambios en las especies herbáceas y presentan oportunidades para la introducción de malezas exóticas. El impacto total de los seis sitios forestales antes mencionados se estima en una cobertura aproximada de 5 ha.

## Recuperación posterior a la perturbación

La recuperación forestal de perturbaciones del pasado depende de numerosos factores. Estos incluyen: las variables del sitio tales como elevación, aspecto, topografía y exposición; la naturaleza de las perturbaciones del pasado (por ejemplo, la tala selectiva, la agricultura, el pastoreo, los daños causados por huracanes o los desprendimientos de tierras, solos o en combinación); el tamaño de la perturbación y la distancia de las fuentes de semillas; y la duración de la perturbación, especialmente en lo que se refiere a actividades agrícolas o establecimientos temporales.

La perturbación y la recuperación del huracán se modelaron para el bosque montano bajo del LEF en vista de varios factores (Everham, 1995):

- Intensidad de viento catastrófica: viento sostenido, ráfagas máximas, duración de las tormentas, cantidad de lluvia total de la tormenta, proporción de las lluvias anuales totales de la tormenta y distancia entre sitios impactados y estaciones climáticas.
- Factores bióticos: especies de árboles, tamaño y factores del rodal, ya que influyen en la gravedad del daño durante una tormenta.
- Factores abióticos: factores que se relacionan con la gravedad del daño, como la topografía (es decir, la canalización del viento, la exposición al sitio o la preadaptación de la vegetación al viento crónico), el suelo (es decir, el crecimiento de raíces afectado por las capas freáticas y otros factores) y la perturbación anterior (es decir, el aumento de la turbulencia por la apertura del dosel arbóreo, la pérdida de árboles vulnerables o la composición cambiante a especies más resistentes al viento).

- Los senderos de respuesta: el rebrote y la recuperación, los senderos principales, junto con cierta liberación y represión, son afectados principalmente por la cantidad de daño estructural y composicional causado.

A escalas espaciales pequeñas, los factores bióticos como la composición de especies controlan principalmente el daño. A escalas más grandes, los factores abióticos como la topografía y la intensidad de la tormenta se vuelven más importantes. La recuperación posterior a la perturbación es sensible a gradientes de luz y agua (Everham, 1995). Por ejemplo, los valles protegidos son húmedos, pero reciben menos luz debido a la sombra que generan las laderas circundantes; las crestas, en comparación, se drenan mejor, pero reciben más luz difusa en niveles inferiores, las diferencias se reflejan a menudo en una mayor capa de sotobosque. Además, son posibles dos patrones generales de recuperación del dosel arbóreo. Donde se recuperan los pioneros, una capa homogénea del dosel arbóreo crece hacia arriba y proporciona sombra a la vegetación inferior. Donde domina el rebrote de los árboles circundantes, el dosel arbóreo se extiende hacia afuera y crea un perfil más heterogéneo. La recuperación de plantones también es importante en la recuperación del sitio (Uriarte et al., 2005). La recuperación refleja las interacciones entre varios factores, incluida la distancia de los árboles progenitores locales, el tamaño de los árboles progenitores, las semillas de árboles no locales y los efectos dependientes de la densidad de plantones coespecíficos.

Uno podría especular en el tiempo que se requiere para la recuperación completa después de perturbaciones importantes dentro de los bosques del LEF. La biomasa y dinámica del rodal deben recuperarse relativamente rápido. La estructura, o la distribución típica de la clase de tamaño de árboles dentro del bosque maduro, tomaría más tiempo. Las composiciones de las especies similares a las que se encontraron en el momento del descubrimiento, especialmente con respecto a especies endémicas raras, podrían requerir aún más tiempo. El bosque montano bajo, con la mayor estructura y diversidad, también tiene el clima más favorable. El bosque enano en el otro extremo tiene la menor estructura y el menor número de especies, pero el clima más riguroso.

El tiempo que se requiere en bosques montanos y montanos bajos puede ser en el orden de 100 años para la biomasa, de 300 a 400 años para la estructura y quizás de 1000 años para la composición de la especie. Los matorrales y quebradas de palmeras, sin importar la elevación, deben tomar menos tiempo porque su biomasa total es menor y sus composiciones de especies no son tan complejas. Prestoea Montana madura rápidamente y se regenera bien en las aberturas y en el bosque cerrado. La recuperación de la biomasa y de la estructura en el bosque enano puede tomar un poco más de tiempo que para los tipos inferiores del bosque; sin embargo, dada la escasez de especies totales y la abundancia de especies endémicas durante la sucesión, la recuperación de la composición típica de las especies puede ser más rápida. Los efectos desconocidos de las futuras perturbaciones, especialmente el calentamiento global y las posibles migraciones de plantas y animales, se superponen a todas estas estimaciones.

## Capítulo 6. OTRA VEGETACIÓN

Además de los cuatro tipos forestales principales, el LEF tiene plantaciones de árboles, de madera y de línea de caoba, un sendero del origen de la caoba y el arboreto del Servicio Forestal en Caracoles (Fig. 13 y 19). Se plantó un total de 144 especies de árboles, incluidas 61 en plantaciones, 75 como bloques de especies dentro del arboreto, 17 durante actividades agrícolas y 18 como ornamentales (Apéndice E). Del total, se introdujeron 120 especies de árboles de otros lugares, incluidas 112 especies exóticas y 8 especies nativas de otras partes de Puerto Rico (Apéndice E).

### Plantaciones de árboles

A partir de la década de 1920, se introdujeron, propagaron y probaron árboles de madera y ornamentales de otros países, tanto tropicales como templados, en Puerto Rico (Bates, 1927; Francis, 1987, 1995; Kramer, 1926, 1927; Wadsworth, 1970) (Apéndice E). En 1931, las plantaciones empezaron en los sitios del noroeste (El Verde) y del sur (Del Valle) cerca del límite del bosque (Fig. 6). Las principales razones para establecer las plantaciones fueron la producción de madera y la protección de cuencas (Marrero, 1947). Una meta adicional fue el desarrollo de un bosque de varias edades compuesto por madera para aserrío y otras especies capaces de reproducirse de manera natural. Los agricultores locales reconocieron la variación topográfica (es decir, las laderas convexas, rectas y cóncavas) como un factor crítico en la selección de sitios para los cultivos agrícolas. Asimismo, la topografía se consideró importante para la supervivencia y el crecimiento de las especies de plantaciones (Marrero, 1948, 1950).

El período más activo para la reforestación fue entre 1934 y 1945 cuando se sembraron más de 4 millones de plántones de 27 especies en 54 diferentes sitios de plantación en aproximadamente 2000 ha de tierras de cultivo recientemente abandonadas (Marrero, 1947, 1948) (Apéndice E). Diez especies representaron más del 94 % de los plántones que se plantaron: *Swietenia macrophylla* y *Swietenia mahagoni* totalizaron el 51 %; y *Casuarina equisetifolia*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Guarea guidonia*, *Montezuma speciosissima*, *Petitita domingensis*, *Tabebuia heterophylla* y *Tectona grandis* representaron más del 43 %. Las 17 especies restantes totalizaron menos del 6 %. También se utilizaron *Byrsonima spicata*, *Calophyllum calaba* y *Tabebuia heterophylla*, especies de árboles que invaden sitios secundarios deteriorados en toda la isla (Marrero, 1950) (Apéndice E). Cerca del 60 % de las plantaciones estaban bien abastecidas; sin embargo, muchas de las especies plantadas, tanto nativas como exóticas, no estaban bien adaptadas a la sierra de Luquillo. La inexperiencia previa con especies nativas, las equivocaciones con respecto a la selección de especies y la siembra en suelos erosionados y agotados contribuyeron a los fracasos. La replantación parcial se realizó en más de la mitad de las plantaciones. En 1960, todas las plantaciones dentro del LEF se habían raleado (Wadsworth, 2009, ver referencias).

A finales de la década de 1930, se iniciaron plantaciones mediante el sistema taungya (es decir, intercalar cultivos de especies de maderas con cultivos de subsistencia) mediante el uso de *Calophyllum calaba*, *Swietenia macrophylla* y *Swietenia hybrid* (es decir, *S. macrophylla* x *S. mahagoni*) en elevaciones entre 250 y 450 m (Holdridge, 1940). El objetivo era convertir las tierras agrícolas abandonadas en bosque maderable. Después de 50 años, se midieron algunas plantaciones que habían sobrevivido al período para determinar los incrementos anuales medios y actuales (Weaver, 1989a). La especie híbrida *Swietenia* a 250 m de altura en el sitio de Harvey (Fig. 6) había crecido satisfactoriamente durante todo el período, con un promedio de aproximadamente 400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> o un incremento medio anual de 7.5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; por otra parte, el incremento anual actual de 12.0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> se consideró excelente. Los plántones y retoños de caoba eran notables en todo el rodal. En comparación, el *Calophyllum calaba* a 450 m, como muchas otras especies en el LEF, creció lentamente, con un promedio de 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> o 5.0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. El incremento anual actual fue similar. Las densidades del rodal, incluido el crecimiento de otras especies, promediaron alrededor de 1000 ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en el rodal de caoba y 1450 ha<sup>-1</sup> en el rodal de *Calophyllum calaba*. Este último parecía detenido, pero su supervivencia demostró una capacidad para tolerar los sitios marginales de siembra y la competencia.

Otros estudios indican el rendimiento de las especies introducidas. Las diferencias en el espaciado afectaron la altura y el crecimiento del DAP de *Pinus caribaea* que se plantó en Guzmán y el arboreto de Caracoles a lo largo de los límites al oeste y al sudoeste del LEF (Fig. 6 y 13). Los diferentes espaciamientos dentro del LEF contenían árboles que promediaban unos 23 m de altura después de 20 años, tasas de crecimiento que eran más lentas que para los sitios en el oeste de Puerto Rico (Liegel et al., 1985). El desempeño de *Anthocephalis chinensis* en los estudios de espaciamiento en El Verde, las plantaciones en línea en Jiménez, las plantaciones en Catalina y en sitios en otras partes de la isla mostraron que promediaba entre 16 y 21 m de altura después de 10 a 22 años. El mejor crecimiento se logró en suelo arcilloso limoso y rico en nutrientes (Lugo y Figueroa, 1985). Los espaciamientos amplios permiten que los árboles crezcan rápidamente durante 10 años y satisfactoriamente durante 20 años, generalmente con forma excelente. *Anthocephalis chinensis* es una especie recomendada para la producción de pulpa en el trópico húmedo debido a su crecimiento rápido y a las características deseables de la madera.

*Hibiscus elatus* se investigó en 34 sitios en Puerto Rico, incluidos el arboreto y Sabana (Francis y Weaver, 1988) (Fig. 6, 13 y 19). Las tasas de crecimiento después de 25 y 26 años mostraron áreas basales que variaban entre 20 y 50 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, con un DAP medio para tallos dominantes de entre 20 y 50 cm. *Hibiscus elatus* parecía adaptarse a una amplia gama de sitios en Puerto Rico, incluida la mayoría con lluvias de más de 1500 mm año<sup>-1</sup>.

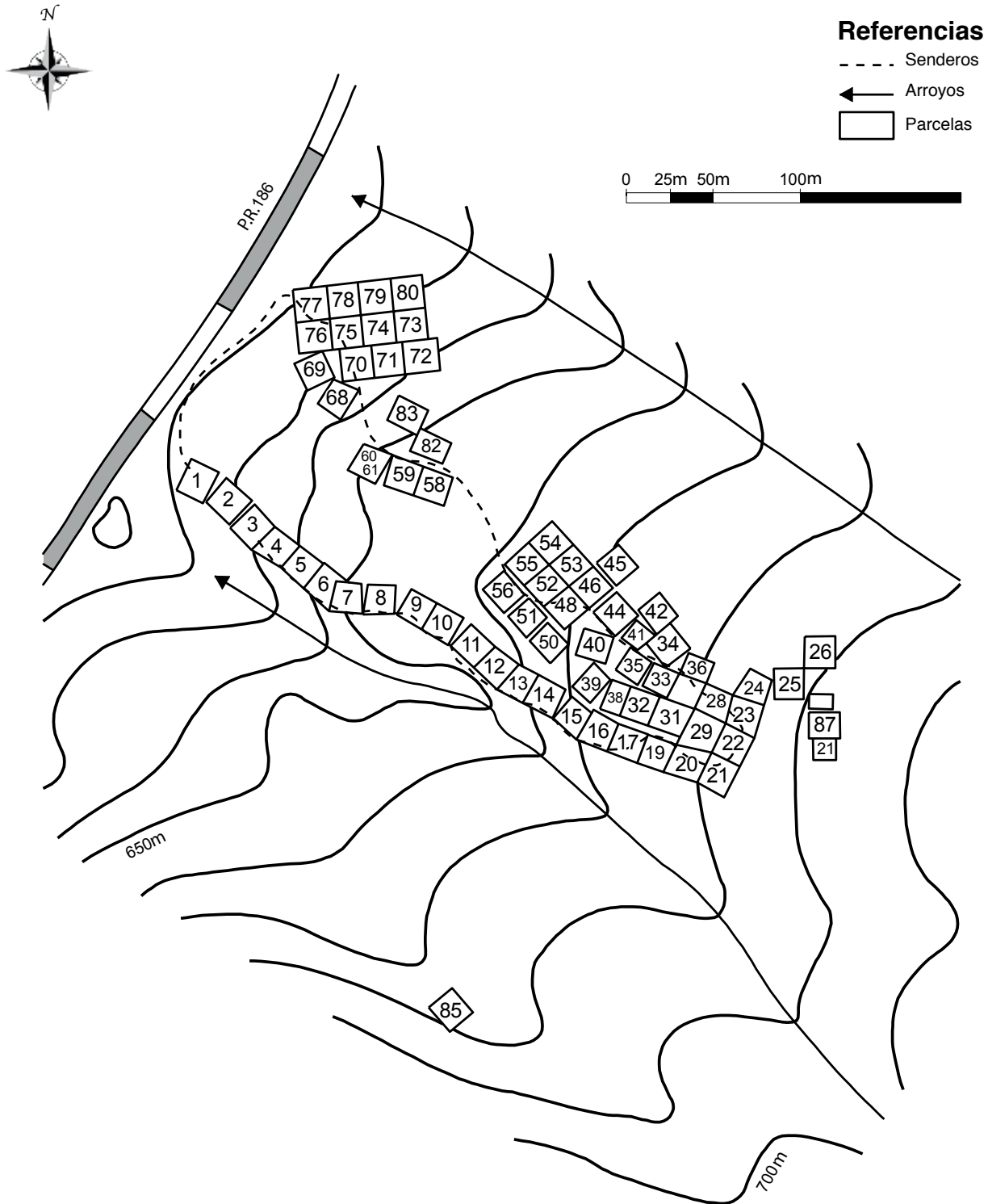


Figura 19: Diseño del arboreto en el Bosque Experimental de Luquillo.



Plantaciones de caoba. IZQUIERDA: La especie híbrida de caoba plantada en línea crece en las laderas inferiores del Bosque Experimental de Luquillo después del abandono de la agricultura. (Fotografía de Gerald P. Bauer) DERECHA: Una plantación de caoba de 70 años de antigüedad en el sitio de Harvey refleja los esfuerzos dedicados de los silvicultores anteriores. (Fotografía de Peter L. Weaver)

*Tectona grandis* se investigó en 27 plantaciones en Puerto Rico, incluido un rodal de 49 años de antigüedad a 120 m en Sabana (Weaver y Francis, 1990) (Fig. 6). El volumen comerciable de *Tectona grandis* en Sabana, que representó la mitad de los 1400 tallos en la parcela, fue de aproximadamente  $110 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . La altura y el DEP medios de las especies dominantes fueron de 17 cm y 28 cm, respectivamente. El crecimiento de la teca en la isla fue satisfactorio en suelos que varían en texturas de arenas a arcillas pesadas cuando las precipitaciones promediaron entre 1200 y  $3400 \text{ mm año}^{-1}$ . También se evaluaron las plantaciones de *Byrsonima spicata*, *Cordia alliodora*, *Guarea guidonia*, *Ocotea moscata*, *Petitia domingensis*, *Pouteria multiflora* y *Tabebuia heterophylla* que crecen en el LEF (Wadsworth, 2009; ver referencias).

## Plantación en línea de caoba

Varias técnicas de enriquecimiento, incluida la plantación en línea, se utilizaron para establecer por lo menos 163 especies de árboles en al menos 12 países o territorios dentro del neotrópico (Weaver, 1987c). El objetivo de la plantación de enriquecimiento es mejorar la composición y el potencial comercial de los bosques secundarios, haciéndolos más valiosos en la madurez. Debido a que las plantaciones de

enriquecimiento requieren solo un desmonte parcial de los bosques secundarios, ayudan a conservar el suelo, el agua y los recursos de vida silvestre durante la fase de establecimiento.

Las observaciones de campo mostraron que la regeneración forestal secundaria en áreas con pruebas de plantación parecía tener un efecto positivo en los árboles plantados, especialmente en la caoba (Wadsworth, 1970). Por consiguiente, se iniciaron pruebas de plantación en línea (es decir, plantación bajo cubierta o plantación de enriquecimiento) con *Swietenia hybrid* en bosques secundarios deteriorados a lo largo del límite noreste del LEF (Estación Experimental de Bosques Tropicales, 1950) (Fig. 6). Las plantaciones en línea de *Swietenia hybrid* comenzaron en la década de 1960 y en 1981 cubrieron alrededor de 1275 ha (Weaver y Bauer, 1986).

Los métodos de establecimiento y cuidado para las plantaciones de caoba variaron. En las primeras plantaciones de enriquecimiento, el dosel arbóreo se envenenó gradualmente y las semillas se sembraron en espaciamientos de  $3 \times 3 \text{ m}$ . Las malezas se controlaron con herbicidas. Los plantones se liberaron por los primeros raleos repetidos según la forma y el espaciamiento del árbol. Las plantaciones más tardías emplearon plantones de raíces desnudas con un espaciamiento de 2.5 m entre los árboles y de 11 m entre

las hileras. La supervivencia de los árboles y las tasas de crecimiento para ambas técnicas fueron satisfactorias. El crecimiento se diferenció significativamente por la posición topográfica con árboles en fondos y laderas inferiores que promedian unos 20 m de altura después de 18 años, y los que se encuentran en laderas medias y crestas que promedian unos 17 y 10 m, respectivamente (Weaver y Bauer, 1986). La densidad de la parcela después de 18 años fue de 370 tallos ha<sup>-1</sup>, el área basal fue de 28 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> y la biomasa total sobre el nivel del suelo fue de 170 t ha<sup>-1</sup>.

Las tasas de supervivencia de los plantones variaron entre 55 y 65 % y la infestación de barrenadores de brotes varió entre 10 y 60 % (Weaver y Bauer, 1986). Las mejores condiciones de luz y las áreas basales inferiores circundantes influenciaron positivamente el crecimiento. Sin embargo, no se encontraron relaciones constantes entre el daño de los barrenadores de brotes y la clase de copa, el área basal circundante o la posición topográfica. Posteriormente, se desarrollaron tablas de volumen basadas en 133 árboles para la especie híbrida *Swietenia* de 16 y 20 años de antigüedad que crece en plantaciones en Sabana y cerca de los sitios de Río Chiquito (Bauer y Gillespie, 1990) (Fig. 6 y 13).

Aunque las plantaciones forestales están muy extendidas en los trópicos y son comunes en las zonas inferiores dentro del LEF, la importancia y el uso por parte de las especies de pájaros no ha sido bien estudiada. A comienzos de la década de 1980, se examinó la organización comunitaria de los pájaros y el uso de los recursos en las plantaciones de la especie híbrida *Swietenia* en Río Chiquito (Cruz, 1987). Los frugívoros y nectarívoros buscaban alimentos mayormente en el sotobosque cuando los arbustos florecientes y fructíferos estaban presentes. Los insectívoros (buscadores de follaje) eran más comunes en el dosel arbóreo, mientras que los revoloteadores se concentraban en el sotobosque. Posteriormente, los patrones de búsqueda de alimentos en plantaciones de *Pinus caribaea* fueron similares a los de las plantaciones híbridas de *Swietenia* (Cruz, 1988). Mantener o fomentar un sotobosque heterogéneo junto con especies nativas del dosel arbóreo dispersas puede mejorar el uso de las plantaciones forestales por parte de las aves.

Las plantaciones de enriquecimiento que se utilizaron anteriormente para mejorar el potencial comercial de la madera en el LEF (Weaver y Bauer, 1986) también pueden ser una de las mejores alternativas disponibles para mejorar el hábitat de la vida silvestre, particularmente para la avifauna. En este último caso, los árboles para alimentación o nidificación, especialmente los nativos, podrían verse favorecidos en lugar de las especies maderables. Otra opción podría ser la reducción de los bosques experimentales para estimular la regeneración de especies críticas de árboles de vida silvestre. Las reducciones del área basal en el bosque montano aumentaron significativamente la regeneración de *Cyrilla racemiflora* (Weaver, 2001). El aumento de los hábitats de búsqueda de alimentos y anidación podría ayudar a todas las especies de vida silvestre a sobrevivir futuros huracanes, en particular el loro.

## Sendero del origen de la caoba

Las semillas de *Swietenia macrophylla* y *S. humilis* que se recolectaron a mediados de la década de 1960 de 24 sitios en México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá se germinaron y evaluaron en 11 sitios en Puerto Rico, incluido el LEF, y en dos sitios en Santa Cruz (Geary et al., 1973; Glogiewicz, 1986; Weaver, 2006). Se plantaron diecinueve procedencias en sitios que van desde seco hasta mojado en Puerto Rico y 10 procedencias en sitios secos en Santa Cruz. La supervivencia, la altura y el crecimiento del DAP de los plantones se determinaron después de la plantación (Geary, 1969; Geary et al., 1973) junto con las densidades de maderas de sitios en México, América Central, Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos (Boone y Chudnoff, 1970; Chudnoff y Geary, 1973).

Los objetivos del análisis más reciente de *Swietenia* spp. (es decir, *S. macrophylla*, *S. mahagoni* y *S. humilis* Zucc.) y de las plantaciones de procedencias, incluidas 20 fuentes genéticas, fueron determinar la cantidad de plasticidad fenotípica y de variación genética dentro y entre especies y poblaciones, y examinar de qué manera las características de crecimiento de las especies y las procedencias cambian a través de los ambientes (Ward y Lugo, 2003). Se estimaron cantidades relativas de variación ambiental y genética en los rasgos de crecimiento y tamaño, la supervivencia y la vulnerabilidad a los insectos. Los árboles se plantaron en 14 sitios en Puerto Rico y Santa Cruz, incluidas dos ubicaciones dentro del LEF. El estudio mostró los siguientes rasgos de tamaño y crecimiento después de 14 años:

- Las especies de la caoba mostraron aproximadamente 10 veces más variación genética que la evidente entre las procedencias de las especies.
- La varianza media estimada del medio ambiente para *S. macrophylla* fue del 79 %, la varianza genética media estimada fue del 11 % y la interacción media fue del 8 %. Las estimaciones similares para *S. humilis* fueron del 41, 15 y 29 %, respectivamente. Las comparaciones para *S. Mahagoni* no estaban disponibles.
- Existieron correlaciones significativas entre gradientes ambientales en sitios de origen y medidas de crecimiento que sugieren la selección natural en poblaciones diferenciadas.
- *S. macrophylla* mostró el mayor crecimiento medio (es decir, altura, DAP y biomasa) a los 14 años en todos los sitios. *S. mahagoni* y *S. humilis* no se diferenciaron en la mayoría de las variables medidas.
- Todas las especies y varias poblaciones mostraron respuestas distintas a diferentes zonas de vida y tipos de suelo.
- Para *S. macrophylla* y *S. humilis*, los efectos ambientales estimados de grande y pequeña escala causaron el 95 % de la variación en el ataque del barrenador de brotes.
- Las procedencias se volvieron más distintas genéticamente a medida que la distancia aumentaba (es decir, las poblaciones de origen variaron entre 160 y 1600 km de distancia).

El sitio de plantación para la prueba de procedencia representa una conservación ex situ que originalmente contenía germoplasma para un promedio de 16 árboles por 19 procedencias (Fig. 13). Debido a que muchas de las áreas de origen para las semillas pueden haber sido taladas, la recolección es crítica para la biología de conservación y las estrategias para preservar la variación genética en la caoba. Sin el estudio, la información genotípica y el mismo material de cultivo se habrían perdido (Glogiewicz, 1986). En la actualidad, la recolección ofrece oportunidades para nuevos estudios, incluidos los análisis genéticos, morfológicos y bioquímicos futuros. Sin embargo, el establecimiento del huerto semillero y la propagación vegetativa ya no pueden ser factibles.

### Arboreto del Servicio Forestal (Caracoles)

El arboreto se sitúa entre 620 y 690 m de altura en el flanco occidental inferior del Pico El Toro (Francis, 1989) (Fig. 13 y 20). En su estado immaculado, el sitio probablemente estaba ocupado por vegetación de transición entre los bosques montanos y montanos bajos. La lluvia promedia alrededor de 3000 mm año<sup>-1</sup> y los suelos son arcillosos con un pH medio de 4.7 y un contenido medio de materia orgánica del 8.6 %. La tierra se desmontó primero para la agricultura de subsistencia en la década de 1920 y se replantó más adelante. Posteriormente, la maleza ocupó gran parte de la zona.

En 1959, se estableció una pequeña plantación de prueba en el sitio y en 1960, diferentes especies de árboles, en su mayoría exóticas, se plantaron gradualmente y en pequeños bloques (Fig. 19) (Apéndice E). La mayoría de las plantaciones se completaron en 1963, pero se agregaron nuevas especies en parcelas de 49 árboles (7 x 7 árboles) cuando los plantones estuvieron disponibles. Durante la década de 1980, se introdujeron siete nuevas especies. En 1989, se perdieron 14 especies, mientras que 68 especies, algunas representadas por múltiples subespecies o procedencias, aún sobreviven (Francis, 1989).

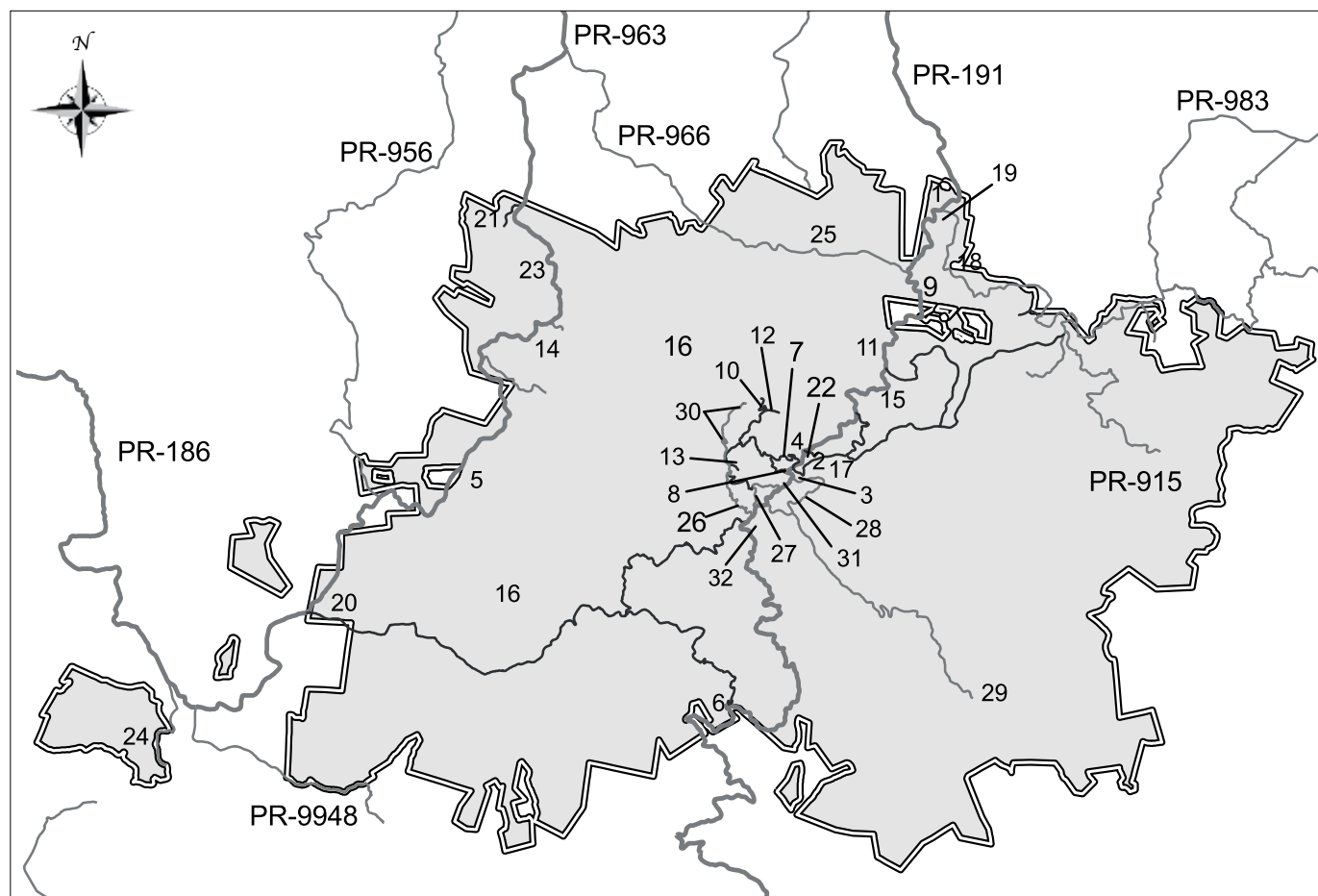
Algunas de las parcelas se midieron antes, pero un inventario completo no se terminó hasta 1987. Los especímenes más altos por especie variaron de 6 a 46 m y sus diámetros correspondientes variaron de 8 a 75 cm. La agrupación por clases de altura para los especímenes más altos de todas las especies mostró que el 44 % era menor de 20 m, el 45 % era de entre 20 y 30 m, y el 11 % era mayor de 30 m de altura. Los datos correspondientes a los diámetros mostraron que el 16 % era menor de 20 cm, el 51 % era de entre 20 y 40 cm, y el 33 % era mayor de 40 cm (Francis, 1989). Las especies representaron 26 países: África (Nigeria, Sudán, Uganda, Zimbabue); Norteamérica (México, Estados Unidos); América Central (Belize, Costa Rica, Guatemala, Honduras); América del Sur (Argentina, Brasil, Surinam, Venezuela); el Caribe (Cuba, Jamaica, Puerto Rico, Islas Vírgenes de EE. UU.); Asia e islas (China, India, Irán, Papúa Nueva Guinea, las Filipinas, Sri Lanka, Taiwán); y Australia.

Varias de las especies de hoja ancha introducidas en el sitio del arboreto se mostraron prometedoras para la producción de madera, incluidas: *Anthocephalis chinensis*

y *Aleuritus moluccana*, ambas especies con baja gravedad específica; *Eucalyptus grandis*, *E. robusta* y *E. saligna*; *Khaya grandifolia*, *K. nyasica* y *K. senegalensis*; y *Hibiscus elatus*, *Maeopsis eminii*, *Swietenia macrophylla* y *Terminalia ivorensis*. Entre las coníferas, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (también var. *caribaea*) y *P. oocarpa* tuvieron buenos resultados. Algunas especies de hoja ancha también mostraron potencial como plantas ornamentales, incluidas las introducidas *Pterocarpus indicus* y *Clitoria racemosa* y la nativa *Hernandia sonora*. Entre las coníferas con potencial como ornamentales se encontraban *Callitris glauca* y *C. intertropica*. Otras especies se mostraron prometedoras para la plantación o para realizar más pruebas como especies maderables u ornamentales. En la actualidad, el arboreto sigue siendo un sitio experimental para las pruebas de adaptabilidad de la especie; además, también se utiliza para la investigación ecológica, la recolección de semillas, la demostración y los fines educativos.



Ornamentales. La caoba al borde del camino que se plantó a lo largo de la ruta PR 988 de la década de 1960 agrega un poco de color al follaje circundante durante la estación seca. (Fotografía de Iván Vicéns)

**Referencias**

- Senderos
- Rutas principales
- Rutas secundarias
- == Límite del LEF

**Interpretación**

- 1 El Portal
- 2 Palma de Sierra
- 3 Palo Colorado

**Áreas de picnic**

- 4 Caimitillo
- 2 Palma de Sierra
- 3 Palo Colorado
- 5 Quebrada Grande
- 6 Río Sabana (sur)

**Sitios de observaciones**

- 7 Piscina de Baño de Oro
- 8 Piscina de Baño Grande
- 9 Puesto de observación Cabezas
- 10 Torre El Yunque
- 11 Cascada La Coca

**Sitios de observaciones**

- 12 Los Picachos
- 13 Torre Mt. Britton
- 14 Río Espíritu Santo
- 15 Torre Yokahú

**Sitios de recreación**

- 1 El Portal
- 16 Área silvestre El Toro
- 4 Caimitillo
- 17 Cascada La Mina
- 2 Palma de Sierra
- 3 Palo Colorado
- 18 Puente Roto (para bañarse)
- 5 Quebrada Grande
- 15 Torre Yokahú

**Edificios y estructuras**

- 19 Centro Catalina
- 20 Casa en Ciénega Alta
- 10 Puesto de radar El Yunque
- 21 Campamento Eliza Colberg
- 22 Pabellón El Yunque
- 23 Campamento Job Corps
- 24 Escuela La Condesa
- 25 Pajarera La Guaca
- 26 Cuarteles La Mina
- 27 Criadero de peces La Mina
- 28 Cabañas Molindero
- 29 Radar Pico del Este
- 30 Comunicaciones de Puerto Rico
- 31 Casa de piedra
- 32 Remanentes del campamento 8 del CCC

Figura 20: Áreas y estructuras de gestión dentro del Bosque Experimental de Luquillo

En 1987 y 1998, se estudió la composición y estructura de las especies en el sotobosque del arboreto (Lugo et al., 1999). De las 83 especies contabilizadas, 20 se consideraron abundantes, incluidas *Maeopsis eminii*, *Palicourea riparia*, *Prestoea montana*, *Schefflera morototoni*, *Syzygium jambos* y *Thespesia grandiflora*. Los huracanes de 1989 y 1998 provocaron una disminución en los números de especies y la densidad de plantas en el sotobosque.

## Otras especies arbóreas y hierbas comunes

Mientras se asciende por la ruta PR 191, la especie *Bambusa vulgaris*, que se estableció durante la década de 1930 y 1940, se puede ver a lo largo del borde del camino y en quebradas donde se plantó para ayudar a estabilizar el suelo (Little y Wadsworth, 1964). Sin embargo, la especie se extiende gradualmente a lo largo de los arroyos donde su aumento podría impactar a las comunidades acuáticas que dependen de las hojas de la hojarasca (O'Conner et al., 2000) (Apéndice E). En una encuesta reciente, se consideró que el riesgo de colonización era lo suficientemente grave como para recomendar el control y la investigación (Blundell et al., 2003).

Durante el muestreo de los gradientes, algunas especies exóticas de árboles que no se asociaban con las plantaciones se observaron en bosques cerrados. *Castilla Elastica* se observó a 730 m por encima del área de recreación de La Mina. La fruta puede haber sido llevada por las aves desde las plantaciones ornamentales a lo largo de la ruta. *Mangifera indica*, que se observa en el valle Mameyes cerca del límite del bosque, es muy probable que se haya introducido como un árbol frutal durante el establecimiento. *Syzygium jambos*, nativa del sudeste asiático e introducida en Puerto Rico hace casi 200 años, proporciona fruta comestible y leña, y no está restringida por la topografía, el estado de nutrientes del suelo o la elevación (Brown et al., 2006). La especie es tolerante a la sombra y se extiende gradualmente a lo largo de arroyos y laderas inferiores donde puede excluir a las

nativas por alelopatía (O'Conner et al., 2000). Su presencia en el bosque cerrado se debe a la actividad humana pasada, posiblemente excursionistas u obreros que atravesaban el bosque hace años. Además, *Psidium guajava*, *Pinus caribaea* y *Annona* sp. se registraron durante la investigación del gran desprendimiento en el km 21 a lo largo de la ruta PR 191. El pino se plantó para ayudar a estabilizar el suelo. Los excursionistas probablemente desecharon las otras especies, ambas comestibles.

Las plantas ornamentales exóticas, incluidos los arbustos (*Hibiscus* sp.), las hierbas (*impatiens* sp., *Heliconia* spp. y *Zingiber* sp.) y varias gramíneas también crecen a lo largo de los bordes del camino del LEF y en áreas de recreación. Después de la construcción del FS-27, la gramínea exótica *Melinis minutiflora* Beauv. se sembró con fertilizante para reducir la erosión y sedimentación (Olander et al., 1998). *Pennisetum purpureum* Schumach, otra gramínea exótica, también crece a lo largo de la misma ruta. Curiosamente, estas gramíneas permanecieron en gran parte confinadas al borde del camino. Una investigación reciente que se llevó a cabo en el área silvestre El Toro contabilizó 82 especies invasoras: 23 vides, 14 árboles, 11 gramíneas, 11 hierbas, 10 arbustos, 8 helechos, 1 orquídea, 1 junco y 3 que se catalogaron como malezas (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 2009; ver referencias).

Al menos, 41 de las especies exóticas de árboles que se plantaron en el LEF se naturalizaron en diferentes grados (Francis y Liogier, 1991) (Apéndice E). Las especies naturalizadas que muestran el grado más alto de integración incluyen aquellas que son capaces de competir en los bosques maduros o primarios después de escapar de los sitios originales de plantación. Las especies que entraron en los bosques secundarios muestran menor integración. Las especies de menor integración incluyen aquellas que se reproducen con poca frecuencia o por casualidad y que dependen de la perturbación humana para sobrevivir. Al menos, 35 especies exóticas de árboles se clasificaron de manera independiente como especies adaptadas al clima y a los suelos del LEF (Francis, 1987) (Apéndice E).

## Capítulo 7. FAUNA VERTEBRADA

El LEF tiene 165 especies de vertebrados de los cuales 158 son terrestres y 7 son acuáticos (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., 1997a, 1997b). Además, el bosque tiene macroinvertebrados acuáticos.

### Mamíferos

El LEF tiene 16 especies de mamíferos. Once son murciélagos nativos y cinco son especies introducidas comunes a las islas caribeñas (Tabla 14). De los nativos, *Artibeus jamaicensis* (murciélago frugívoro) es el más común, aunque no necesariamente el murciélago más abundante en Puerto Rico (Joglar, 2005). La especie se alimenta de una variedad de frutas y ocupa cuevas, las superficies inferiores de las palmeras o el follaje denso durante el día. *Brachyphylla cavernarum* (murciélago cavernícola) tiene hábitos similares y puede desplazar al murciélago frugívoro cuando buscan alimentos en el mismo árbol. *Eptesicus fuscus* (murciélago marrón mayor) es común, nocturno e insectívoro, y busca alimentos en las aberturas en la vegetación. Se pasa los días en cuevas y se ha registrado debajo de estructuras de concreto que se usan para canalizar arroyos. *Erophylla sezekorni* (murciélago marrón comeflores) es completamente nocturno y principalmente frugívoro, pero también consume algunos insectos. Durante el día ocupa cuevas cálidas. *Lasiurus borealis* (murciélago rojo) es insectívoro y se esconde en el follaje de los árboles durante el día. Se lo ha encontrado en zonas costeras, urbanas y muy húmedas y es difícil de capturar. *Molossus molossus* (murciélago casero) es común en toda la isla y, a menudo, se esconde en las casas. Es nocturno e insectívoro y se alimenta con frecuencia de escarabajos y polillas.

*Monophyllus redmanii* (murciélago de flores), nativo exclusivamente de las Antillas Mayores, está muy extendido en Puerto Rico. Es nocturno y nectívoro y pasa el día en cavernas. *Mormoops blainvilli* (murciélago de flores) es nocturno e insectívoro, y se alimenta principalmente de las polillas en el sotobosque. *Pteronotus quadridens* (murciélago bigotudo menor) es insectívoro y comienza su actividad justo antes del atardecer. Vuela en formación y sigue la misma ruta cada noche. *Stenoderma rufum* (murciélago frutero nativo) es endémico de Puerto Rico y de las islas alejadas de la costa. Pasa el día en los árboles, comienza las actividades al atardecer y vuela distancias cortas para alimentarse de frutas. *Tadarida brasiliensis* (murciélago de cola libre) es insectívoro y comienza a buscar alimentos en áreas abiertas al atardecer. Durante el día, ocupa grietas en rocas o cuevas en grupos densos.

Los mamíferos que se introdujeron incluyen dos especies de ratas, un ratón, la omnipresente *Herpestes auropunctatus* (mangosta) (Tabla 14) y un ocasional gato salvaje. Las ratas se han relacionado con la pérdida de los huevos del loro de Puerto Rico (Snyder et al., 1987). La mangosta, que se introdujo entre 1877 y 1879 para controlar ratas en campos

de caña de azúcar, es ahora el depredador más perjudicial de aves y lagartos que anidan en el suelo de Puerto Rico (Raffaele, 1983). Las mangostas también consumen ranas, serpientes ciegas y varias especies de invertebrados, incluidas las hormigas (Danforth, 1926; Wolcott, 1953), pero aparentemente no se alimentan de loros (Snyder et al., 1987).

### Pájaros

La lista de avifauna del LEF incluye 26 familias y 107 especies, de las cuales 61 son residentes en Puerto Rico (54 nativas y 7 introducidas que también residen en la isla) y 46 son migratorias o transitorias (Tabla 15). Los parúlidos con 27 especies, solo dos de los cuales son migrantes, son la familia mejor representada. Las colúmbidas con nueve especies, los falcónidos con seis y los colibríes, los vireónidos y los icteridos cada uno con cinco especies, también están bien representados. Cinco familias tienen únicamente una sola especie registrada en el LEF.

Muchas especies se han informado durante el conteo navideño de Fajardo, el cual se realiza como parte del conteo navideño de aves de National Audubon Society desde 1994. La Sociedad Ornitológica Puertorriqueña, la Sociedad de Historia Natural de Puerto Rico, el Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico y el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical son copatrocinadores del evento. Se registraron varias especies adicionales durante los conteos de punto mensuales y las observaciones casuales de los biólogos de la vida silvestre del Servicio Forestal (Wayne Arendt, ver referencias). Del total, 25 especies son comunes, 34 pocas comunes y 48 poco frecuentes. Además, 13 especies y 2 subespecies son endémicas de Puerto Rico. *Corvus leucognaphallus*, que se informó anteriormente dentro del LEF, desaparece localmente (Raffaele, 1983). Sin embargo, sobrevive en otras islas caribeñas.

La historia de tres especies, *Amazona vittata*, *Margarops fuscatus* y *Dendroica angelae*, presenta contrastes interesantes con respecto a su descubrimiento y a la adaptación al asentamiento humano. Durante la época de los taínos, la caza de loros era una ocupación para los jóvenes (Alegria, 1972). En 1493, el loro ocupó la mayor parte de Puerto Rico, incluidas las islas alejadas de la costa de Vieques y Culebra. Es muy probable que la especie haya sido una de las primeras en ser vista y oída por los primeros exploradores. La perturbación humana, la deforestación y la destrucción del hábitat, entre mediados y fines del siglo XIX redujo considerablemente la población (Snyder et al., 1987; Wunderle et al., 2003). En 1900, los loros vivieron solo en dos áreas de la isla; en la década de 1930, solo en la sierra de Luquillo (Danforth, 1936; Gerhart, 1936; ver referencias). En 1936, se recomendó al LEF como santuario de aves. Sin embargo, al mismo tiempo, una autopista

**Tabla 14: especies de animales vertebrados, excepto aves con información ambiental y de estado para el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>**

| Grupo y especies  | Nombres en español <sup>b</sup>       | Clasificación de estado |      |         |            |    |
|---|---------------------------------------|-------------------------|------|---------|------------|----|
|   |                                       | Origen <sup>c</sup>     | USFS | Federal | Pat. Nac.  | PR |
| <b>Mamíferos: murciélagos nativos (11) y especies exóticas (5)</b>    |                                       |                         |      |         |            |    |
| <i>Artibeus jamaicensis</i>   | Murciélago frugívoro                  | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Brachyphylla cavernarum</i>  | Murciélago cavernícola                | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Eptesicus fuscus</i>   | Murciélago marrón mayor               | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Erophylla sezekorni</i>  | Murciélago marrón comeflores          | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Lasiurus borealis</i>  | Murciélago rojo                       | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Molossus molossus</i>  | Murciélago casero                     | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Monophyllus redmanii</i>   | Murciélago de flores                  | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Mormoops blainvillii</i>   | Murciélago barbicacho                 | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Pteronotus quadridens</i>  | Murciélago bigotudo menor             | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Stenoderma rufum</i>   | Murciélago frutero nativo             | N/D                     | S    |         | G3, L4     |    |
| <i>Tadarida brasiliensis</i>  | Murciélago de cola libre              | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Felis catis</i>  | Gato salvaje                          | EX                      |      |         |            |    |
| <i>Herpestes auropunctatus</i>  | Mangosta                              | EX                      |      |         |            |    |
| <i>Mus musculus</i>   | Ratón casero                          | EX                      |      |         |            |    |
| <i>Rattus norvegicus</i>  | Rata negra                            | EX                      |      |         |            |    |
| <i>Rattus rattus</i>  | Rata del tejado                       | EX                      |      |         |            |    |
| <b>Reptiles: lagartos y geos nativos (13) y especies exóticas (1)</b> |                                       |                         |      |         |            |    |
| <i>Ameiva exsul</i>   | Siguana                               | EN                      |      |         |            |    |
| <i>Amphisbaena caeca</i>  | Culebrita ciega común                 | EN                      |      |         |            |    |
| <i>Anolis cristatellus</i>  | Lagartijo común                       | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Anolis cuvieri</i>   | Lagarto verde                         | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Anolis evermanni</i>   | Lagartijo verde                       | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Anolis gundlachi</i>   | Lagartijo barba amarilla              | N/D                     | I    |         |            |    |
| <i>Anolis krugi</i>   | Lagartijo de las yerbas de la montaña | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Anolis occultus</i>  | Lagartijo pigmeo                      | EN                      |      |         |            |    |
| <i>Anolis pulchellus</i>  | Lagartijo jardinero                   | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Anolis stratulus</i>   | Lagartijo manchado                    | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Diploglossus pleei</i>   | Culebra de cuatro patas               | EN                      |      |         |            |    |
| <i>Hemidactylus brooki</i>  | Salamanquesa                          | EX                      |      |         |            |    |
| <i>Sphaerodactylus klauberi</i>                                       | Salamanquita negra                    | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Sphaerodactylus macrolepis</i>                                     | Salamanquita común                    | N/D                     |      |         |            |    |
| <b>Reptiles: víboras nativas (5)</b>                                  |                                       |                         |      |         |            |    |
| <i>Alsophis portoricensis</i>   | Culebra corredora                     | EN                      |      |         |            |    |
| <i>Arrhyton exiguum</i>   | Culebrita de jardín                   | EN                      |      |         |            |    |
| <i>Epicrates inornatus</i>  | Culebrón                              | EN                      | E    | E       | G1, G2, N3 | E  |
| <i>Typhlops richardii</i>   | Víbora común                          | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Typhlops rostellatus</i>   | Víbora de pico                        | EN                      |      |         |            |    |

(la tabla continúa en la página siguiente)

**Tabla 14 (continuación): especies de animales vertebrados, excepto aves con información ambiental y de estado para el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>**

| Grupo y especies  | Nombres en español <sup>b</sup> | Clasificación de estado |      |         |            |    |
|---|---------------------------------|-------------------------|------|---------|------------|----|
|   |                                 | Origen <sup>c</sup>     | USFS | Federal | Pat. Nac.  | PR |
| <b>Anfibios: ranas nativas (14) y especies exóticas (1)</b> |                                 |                         |      |         |            |    |
| <i>Bufo marinus</i>   | Sapo marino                     | EX                      |      |         |            |    |
| <i>Eleutherodactylus antillensis</i>                        | Coquí churí                     | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Eleutherodactylus brittoni</i>                           | Coquí de las hierbas            | EN                      |      |         |            |    |
| <i>Eleutherodactylus cochranae</i>                          | Coquí pitito                    | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Eleutherodactylus coqui</i>                              | Coquí común                     | EN                      |      |         |            |    |
| <i>Eleutherodactylus eneidae</i>                            | Coquí de Eneida                 | EN                      | S    |         | G2, G3, N3 |    |
| <i>Eleutherodactylus gryllus</i>                            | Coquí grillo                    | EN                      |      |         |            |    |
| <i>Eleutherodactylus hedricki</i>                           | Coquí de Hedrick                | EN                      | I    |         |            |    |
| <i>Eleutherodactylus karlschmidti</i>                       | Coquí palmeado                  | EN                      | S    |         | G1, N1     | A  |
| <i>Eleutherodactylus locustus</i>                           | Coquí martillito                | EN                      | I, S |         | G2, N?     |    |
| <i>Eleutherodactylus portoricensis</i>                      | Coquí de la montaña             | EN                      |      |         |            |    |
| <i>Eleutherodactylus richmondi</i>                          | Coquí caoba                     | EN                      | S    |         | G3, N?     | A  |
| <i>Eleutherodactylus unicolor</i>                           | Coquí duende                    | EN                      | I, S |         | G1, G2, N? |    |
| <i>Eleutherodactylus wightmanii</i>                         | Coquí melodioso                 | EN                      |      |         |            |    |
| <i>Leptodactylus albilabris</i>                             | Sapito de labio blanco          | N/D                     |      |         |            |    |
| <b>Peces: peces nativos (6) y peces exóticos (3)</b>        |                                 |                         |      |         |            |    |
| <i>Agonostomus monticola</i>                                | Lisa de río                     | N/D                     | I    |         |            |    |
| <i>Anguilla rostrata</i>                                    | Anguila de río                  | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Awaous tajasica</i>                                      | Lamearenas, Saga                | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Carpinus carpio</i> <sup>e</sup>                         | Carpa (carpa común)             | EX                      |      |         |            |    |
| <i>Eleotris pisonis</i>                                     | Morón                           | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Gobiomorus dormitor</i>                                  | Guavina del Atlántico           | N/D                     |      |         |            |    |
| <i>Oncorhynchus mykiss</i> <sup>e</sup>                     | Trucha arcoíris                 | EX                      |      |         |            |    |
| <i>Poecilia reticulata</i> <sup>e</sup>                     | Gupi                            | EX                      |      |         |            |    |
| <i>Sicydium plumieri</i>                                    | Chupapiedra                     | N/D                     | I    |         |            |    |

<sup>a</sup>Fuentes: Brown et al. (1983); Gannon et al. (2005); Nieves (1998); Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU. (1997b); Weaver (1994); Willig y Bauman (1984).

<sup>b</sup>Nombres comunes de murciélagos (Joglar, 2005).

<sup>c</sup>Origen: EN = endémica; EX = exótica; NA = nativa.

<sup>d</sup>Clasificación del estado: EN = endémica; Pat. Nat. = sistema de clasificación del patrimonio natural: G = global, N = nacional, T = taxones antes indicados, 1 = en peligro grave, 2 = en peligro, 3 = vulnerable, 4 = aparentemente seguro, 5 = extendida y segura, ? = especie no clasificada; USFS = Servicio Forestal; PR = Puerto Rico; E = en peligro; I = indicadora de gestión; S = sensible; A = amenazada.

<sup>e</sup>Especies introducidas: La carpa sobrevivió en una zona excavada y poco profunda a lo largo de la ruta de Pico del Este durante varios años; los huevos de la trucha arcoíris se introdujeron durante mediados de la década de 1930, pero las adultas no se pudieron reproducir; y el gupi se encuentra en la mayoría de los arroyos del LEF.

Tabla 15: especies de aves con información ambiental y de estado para el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>

| Nombre científico               | Nombre común               | Tipo <sup>b</sup> | Pres. <sup>c</sup> | Bosque <sup>d</sup> | Sitio <sup>e</sup> | Clasificación de estado <sup>f</sup> |      |      |           |    |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------------------------|------|------|-----------|----|
|                                 |                            |                   |                    |                     |                    | Endémica                             | USFS | Fed. | Pat. Nac. | PR |
| <b>ARDEIDAS</b>                 |                            |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Bubulcus ibis</i>            | Garza del ganado           | R                 | PF                 | BB                  | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Butorides striatus</i>       | Martinete                  | T                 | PF                 | BB-BM               | O                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Egretta caerulea</i>         | Garza azul                 | R                 | PF                 | BB                  | O                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Egretta thula</i>            | Garza blanca               | R                 | PF                 | BB                  | O                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Nycticorax violaceus</i>     | Yaboa común                | R                 | PC                 | BB                  | O                  |                                      |      |      |           |    |
| <b>ESCOLOPÁCIDOS</b>            |                            |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Actitis macularia</i>        | Playero coleador           | T                 | PC                 | BB-BM-M             | O                  |                                      |      |      |           |    |
| <b>FALCÓNIDOS</b>               |                            |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Accipiter striatus</i>       | Falcón de sierra           | R                 | PC/PF              | BB-BM               |                    | SEN                                  | E, I | E    | G5, N2    | E  |
| <i>Buteo jamaicensis</i>        | Guaraguo colirrojo         | R                 | C                  | BB-BM-M-BE          |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Buteo platypterus</i>        | Guaraguo de bosque         | R                 | C                  | BB-BM               |                    | SEN                                  | E, I | E    | G5, N2    | E  |
| <i>Falco columbarius</i>        | Falcón migratorio          | T                 | PC                 | BB-BM-M             |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Falco peregrinus</i>         | Falcón peregrino           | T                 | PC/PF              | BB-BM-M             |                    |                                      | A    | A    | G2, NN    | A  |
| <i>Falco sparverius</i>         | Falcón común               | R                 | PC                 | BB-BM-P             | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <b>COLÚMBIDAS</b>               |                            |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Columba leucocephala</i>     | Paloma cabeciblanca        | R                 | PF                 | BB-BM               |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Columba livia</i>            | Paloma doméstica           | R-I               | PC                 | BB-P                | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Columba squamosa</i>         | Paloma turca               | R                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Columbina passerina</i>      | Rolita                     | R                 | PC                 | BB-P                | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Geotrygon montana</i>        | Paloma perdiz rojiza       | R                 | C                  | BB-BM-M-P           |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Patagioenas inornata</i>     | Paloma sabanera            | R                 | PF                 | BB-BM-M-P           | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Zenaida asiatica</i>         | Tórtola aliblanca          | R                 | PC                 | BB-BM-P             | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Zenaida aurita</i>           | Tórtola cardosantera       | R                 | C                  | P                   | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Zenaida macroura</i>         | Tórtola rabiblanca         | R                 | PF                 | BB-P                | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <b>PSITÁCIDAS</b>               |                            |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Amazona vittata</i>          | Cotorra puertorriqueña     | R                 | PF                 | BB-BM-M             |                    | EEN                                  | E, I | E    | G1, N1    | E  |
| <i>Aratinga canicularis</i>     | Periquito frentianaranjado | R-I               | PC                 | P                   | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Brotogeris versicolurus</i>  | Periquito aliamarillo      | R-I               | PC/PF              | P                   | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Myiopsitta monachus</i>      | Perico monje               | R-I               | PF                 | BB-P                | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <b>CUCÚLIDOS</b>                |                            |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Coccozygus americanus</i>    | Pájaro bobo pechiblanco    | T                 | PF                 | BB-BM-P             | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Coccyzus minor</i>           | Pájaro bobo menor          | R                 | PC                 | BB-P                | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Crotophaga ani</i>           | Garrapatero                | R                 | PC/PF              | BB-P                | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Saurothera vieilloti</i>     | Pájaro bobo mayor          | R                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        | B                  | EEN                                  |      |      |           |    |
| <b>ESTRÍGIDOS</b>               |                            |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Megascops nudipes</i>        | Múcaro de Puerto Rico      | R                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        |                    | EEN                                  |      |      |           |    |
| <i>Tyto alba</i>                | Lechuza común              | R                 | PF                 | BB-P                | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <b>CAPRIMÚLGIDOS</b>            |                            |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Caprimulgus carolinensis</i> | Guabairo de la Carolina    | T                 | PF                 | BB-BM-M             |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Chordeiles gundlachi</i>     | Querequequé antillano      | R                 | PF                 | BB-P                | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <b>APÓPIDOS</b>                 |                            |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Cypseloides niger</i>        | Vencejo negro              | R                 | C/PC               | BB-BM-M-BE          |                    |                                      |      |      |           |    |
| <b>COLIBRÍES</b>                |                            |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Anthracothorax dominicus</i> | Zumbador dorado            | R                 | PC/PF              | P-BB-BM             | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Anthracothorax viridis</i>   | Zumbador verde             | R                 | PC/PF              | BB-BM-M-BE          | B                  | EEN                                  |      |      |           |    |

(la tabla continúa en la página siguiente)

Tabla 15 (continuación): especies de aves con información ambiental y de estado para el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>

| Nombre científico               | Nombre común                | Tipo <sup>b</sup> | Pres. <sup>c</sup> | Bosque <sup>d</sup> | Sitio <sup>e</sup> | Clasificación de estado <sup>f</sup> |      |      |            |    |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------------------------|------|------|------------|----|
|                                 |                             |                   |                    |                     |                    | Endémica                             | USFS | Fed. | Pat. Nac.  | PR |
| <i>Chlorostibon maugaeus</i>    | Zumbadorcito de Puerto Rico | R                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        | B                  | EEN                                  |      |      |            |    |
| <i>Eulampis holosericeus</i>    | Zumbador de pecho azul      | R                 | PF                 | BB-P                | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <i>Orthorhyncus maugaeus</i>    | Zumbadorcito crestado       | R                 | PF                 | BB-P                | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <b>TÓDIDOS</b>                  |                             |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |            |    |
| <i>Todus mexicanus</i>          | San Pedrito                 | R                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        | B-O                | EEN                                  |      |      |            |    |
| <b>ALCEDÍNIDOS</b>              |                             |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |            |    |
| <i>Ceryle alcyon</i>            | Martín pescador norteño     | T                 | PF                 | BB                  | O                  |                                      |      |      |            |    |
| <b>PÍCIDOS</b>                  |                             |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |            |    |
| <i>Melanerpes portoricensis</i> | Carpintero de Puerto Rico   | R                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        | B-O                | EEN                                  |      |      |            |    |
| <i>Sphyrapicus varius</i>       | Carpintero de paso          | T                 | PF                 | BB-BM-M-BE-P        |                    |                                      |      |      |            |    |
| <b>TIRÁNIDOS</b>                |                             |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |            |    |
| <i>Elaenia martinica</i>        | Juí blanco                  | R                 | PF                 | BB-P                |                    |                                      |      |      |            |    |
| <i>Myiarchus antillarum</i>     | Juí de Puerto Rico          | R                 | PC                 | BB-BM-P             | B                  | EEN                                  |      |      |            |    |
| <i>Tyrannus caudifasciatus</i>  | Clérigo                     | R                 | PC                 | BB-BM-P             | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <i>Tyrannus dominicensis</i>    | Pitirre gris                | R                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        | B-O                |                                      |      |      |            |    |
| <b>VIREÓNIDOS</b>               |                             |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |            |    |
| <i>Vireo altiloquus</i>         | Julián chiví bigotinegro    | R                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        | B-O                |                                      |      |      |            |    |
| <i>Vireo flavifrons</i>         | Vireo gargantiamarillo      | T                 | PF                 | BB-BM-P             | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <i>Vireo griseus</i>            | Julián chiví ojiblanco      | T                 | PF                 | BB-P                | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <i>Vireo latimeri</i>           | Bienteveo                   | R                 | PF                 | BB-BM               |                    | EEN                                  |      |      |            |    |
| <i>Vireo olivaceus</i>          | Julián chiví ojirrojo       | T                 | PF                 | BB-P                | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <b>HIRUNDÍNIDOS</b>             |                             |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |            |    |
| <i>Hirundo rustica</i>          | Golondrina de horquillada   | T                 | PC/PF              | BB-BM-M-BE-P        | B-O                |                                      |      |      |            |    |
| <i>Pretochelidon fulva</i>      | Golondrina de cuervas       | R                 | PC/PF              | P                   | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <i>Progne diminiensis</i>       | Golondrina de iglesias      | R                 | PF                 | BB-BM-M-BE-P        | B-O                |                                      |      |      |            |    |
| <b>TÚRDIDOS</b>                 |                             |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |            |    |
| <i>Catharus bicknelli</i>       | Zorzal de Bicknell          | T                 | PF                 | P                   | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <i>Catharus ustulatus</i>       | Zorzal de Swainson          | T                 | PF                 | BB-BM-P             |                    |                                      |      |      |            |    |
| <i>Hylocichia mustelina</i>     | Zorzal pecho manchado       | T                 | PF                 | BB-P                | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <i>Turdus plumbeus</i>          | Zorzal patirrojo            | R                 | C                  | BB-BM-P             | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <b>MÍMIDOS</b>                  |                             |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |            |    |
| <i>Dumetella carolinensis</i>   | Maulador gris               | T                 | PF                 | BB-BM-P             | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <i>Margarops fuscatus</i>       | Zorzal pardo                | R                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        | B-O                |                                      |      |      |            |    |
| <i>Mimus ployglottos</i>        | Ruiseñor                    | R                 | PC/PF              | BB-P                | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <b>BOMBICÍLIDOS</b>             |                             |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |            |    |
| <i>Bombycilla cedrorum</i>      | Ampelis americano           | T                 | PF                 | BB-BM-P             |                    |                                      |      |      |            |    |
| <b>PARÚLIDOS</b>                |                             |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |            |    |
| <i>Coereba flaveola</i>         | Reinita común               | R                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        | B-O                |                                      |      |      |            |    |
| <i>Dendroica angelae</i>        | Reinita de bosque enano     | R                 | PC                 | BM-M-BE             |                    | EEN                                  | I, S |      | G1, G2, N? | E  |
| <i>Dendroica caerulescens</i>   | Reinita azul                | T                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        |                    |                                      | I    |      |            |    |
| <i>Dendroica castanea</i>       | Reinita castaña             | T                 | PF                 | BB-P                | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <i>Dendroica coronata</i>       | Reinita coronada            | T                 | PF                 | BB-P                | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <i>Dendroica discolor</i>       | Reinita galana              | T                 | PC                 | BB-BM-P             | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <i>Dendroica fusca</i>          | Reinita de fuego            | T                 | PF                 | BB-P                |                    |                                      |      |      |            |    |
| <i>Dendroica magnolia</i>       | Reinita manchada            | T                 | PC/PF              | BB-BM-P             | B                  |                                      |      |      |            |    |
| <i>Dendroica pensylvanica</i>   | Reinita flanquicastaña      | T                 | PF                 | BB-BM-P             | B                  |                                      |      |      |            |    |

(la tabla continúa en la página siguiente)

Tabla 15 (continuación): especies de aves con información ambiental y de estado para el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>

| Nombre científico                   | Nombre común           | Tipo <sup>b</sup> | Pres. <sup>c</sup> | Bosque <sup>d</sup> | Sitio <sup>e</sup> | Clasificación de estado <sup>f</sup> |      |      |           |    |
|-------------------------------------|------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------------------------|------|------|-----------|----|
|                                     |                        |                   |                    |                     |                    | Endémica                             | USFS | Fed. | Pat. Nat. | PR |
| <i>Dendroica petechia</i>           | Reinita amarilla       | T                 | PF                 | BE                  |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Dendroica pinus</i>              | Reinita de pinos       | T                 | PF                 | BM-M                |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Dendroica striata</i>            | Reinita rayada         | T                 | PC                 | BB-BM-M-BE-P        | B-O                |                                      |      |      |           |    |
| <i>Dendroica tigrina</i>            | Reinita tigre          | T                 | PC/PF              | BB-BM-P             | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Dendroica virens</i>             | Reinita verdosa        | T                 | PF                 | BM                  |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Geothlypis trichas</i>           | Reinita pica tierra    | T                 | PF                 | BB-P                | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Helmitheros vermivorus</i>       | Reinita gusanera       | T                 | PF                 | BB-BM-M             |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Mniotilta varia</i>              | Reinita trepadora      | T                 | PC                 | BB-BM-M-BE-P        | B-O                |                                      |      |      |           |    |
| <i>Oporornis formosus</i>           | Reinita de Kentucky    | T                 | PF                 | BB-BM-BE-P          | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Parula americana</i>             | Reinita pechidorada    | T                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        | B-O                |                                      |      |      |           |    |
| <i>Seiurus aurocapillus</i>         | Pizpita dorada         | T                 | PC                 | BB-BM-M-BE-P        | B-O                |                                      |      |      |           |    |
| <i>Seiurus motacilla</i>            | Pizpita de río         | T                 | PC                 | BB-BM-M-P           | B-O                |                                      |      |      |           |    |
| <i>Seiurus noveboracensis</i>       | Pizpita de mangle      | T                 | PC                 | BB-BM-M             | O                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Setophaga ruticilla</i>          | Reinita candelita      | T                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        | B-O                |                                      |      |      |           |    |
| <i>Vermivora chrysotera</i>         | Reinita alidorada      | T                 | PC                 | BB-BM-M             |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Vermivora peregrina</i>          | Reinita de Tennessee   | T                 | PF                 | BB-BM-P             |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Vermivora pinus</i>              | Reinita aliazul        | T                 | PF                 | BB-BM-P             | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Wilsonia citrina</i>             | Reinita viuda          | T                 | PF                 | BB-BM-P             | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <b>TRÁUPIDOS</b>                    |                        |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Nesospingis speculiferus</i>     | Llorosa de Puerto Rico | R                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        | B-O                | EEN                                  |      |      |           |    |
| <i>Spindalis zena portoricensis</i> | Reina mora             | R                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        | B-O                | EEN                                  |      |      |           |    |
| <b>EMBERÍZIDOS</b>                  |                        |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Tiaris bicolor</i>               | Gorrión negro          | R                 | C                  | P                   | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Tiaris olivacea</i>              | Gorrión barba amarilla | R                 | PC                 | P                   | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Loxigilla portoricensis</i>      | Gallito                | R                 | C                  | BB-BM-M-BE-P        | B-O                | EEN                                  |      |      |           |    |
| <b>CARDINÁLIDOS</b>                 |                        |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Passerina ciris</i>              | Mariposa               | T                 | PF                 | BM                  |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Passerina cyanea</i>             | Gorrión azul           | T                 | PC/PF              | BB-P                | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Pheucticus ludovicianus</i>      | Piquigrueso pechirrojo | T                 | PF                 | P                   |                    |                                      |      |      |           |    |
| <b>ICTÉRIDOS</b>                    |                        |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Icterus dominicensis</i>         | Turpial cabecinegro    | R                 | C/PC               | BB-BM-P             | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Icterus galbula</i>              | Calandria del norte    | T                 | PF                 | P                   | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Icterus icterus</i>              | Turpial                | R                 | PF                 | P                   | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Molothris bonariensis</i>        | Tordo lustroso         | R                 | PC                 | BB-BM-P             | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Quiscalus niger</i>              | Mozambique             | R                 | PF                 | P                   | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <b>FRINGÍLIDOS</b>                  |                        |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Euphonia musica</i>              | Jilguero               | R                 | C/PC               | BB-BM-M-BE-P        | B-O                |                                      |      |      |           |    |
| <b>ESTRÍLIDOS</b>                   |                        |                   |                    |                     |                    |                                      |      |      |           |    |
| <i>Estrilda melopoda</i>            | Veterano               | R-I               | PF                 | P                   | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Lonchura cucullata</i>           | Diablito               | R-I               | PC                 | P                   | B                  |                                      |      |      |           |    |
| <i>Lonchura punctulata</i>          | Gorrión canela         | R-I               | PC                 | P                   | B                  |                                      |      |      |           |    |

<sup>a</sup>Fuentes: Kepler y Kepler (1970); Recher y Recher (1966); Snyder y others (1987); Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU. (1997b); Wiley y Bauer (1985); conteos de punto mensuales y observaciones casuales (Wayne Arendt, ver referencias). El cuervo de cuello blanco (*Corvus leucognathus*) fue visto por último vez en el LEF en 1963.

<sup>b</sup>Tipo (en Puerto Rico): I = introducida (o exótica); R = residente; T = transitoria (o migratoria).

<sup>c</sup>Presencia (en el LEF): C = común; PC = poco común; PF = poco frecuente.

<sup>d</sup>Preferencia forestal: BB = Bosque tropical montano bajo; BM = Bosque tropical montano; M = Matorral de palmeras; BE = Bosque enano; P = plantación.

<sup>e</sup>Preferencia de sitio: B = borde del bosque en la interfaz con pasturas, campos de cultivo o barbechos; O = orilla de arroyo.

<sup>f</sup>Clasificación del estado: EEN = especie endémica; SEN = subespecie endémica; USFS = Servicio Forestal; Fed. = Federal; Pat. Nat. = sistema de clasificación del patrimonio natural: G = global, N = nacional, 1 = en peligro grave, 2 = en peligro, 3 = vulnerable, 4 = aparentemente segura, 5 = extendida y segura, ? = especie no clasificada; PR = Puerto Rico; E = en peligro; I = indicadora de gestión; S = sensible; A = amenazada.



*Amazona vittata* (cotorra puertorriqueña), que una vez fue común en gran parte de Puerto Rico, actualmente se clasifica como poco frecuente y en peligro. (Fotografía de Gerald P. Bauer)

importante diseccionaba las montañas, lo que abrió la zona al público, incluidos cazadores y buscadores de mascotas. Con la disminución de la población, los loros se volvieron más vulnerables a numerosos competidores, depredadores y parásitos. Entre 1953 y 1956, los registros que se realizaron dentro del LEF estimaron que la población ascendía a 200 aves (Rodríguez Vidal, 1959, 1962). En ese momento, el loro se concentraba en tres valles de los ríos, Río Espíritu Santo, Río Hicaco y Río de la Mina, donde consumía los frutos de al menos 54 especies de árboles y vides. Durante la década de 1960, se estimaron aproximadamente 50 ejemplares; a principios de la década de 1970, un conteo completo reveló solo 13 aves (Recher y Recher, 1966; Snyder et al., 1987).

En 1968, se denominó al loro como una especie en peligro, una de las 10 más amenazadas en el mundo, y, en 1972, se estableció una pajarera en los cuarteles de La Mina en el FS 10 (Snyder et al., 1987) (Fig. 20) (Tabla 3). Después de un esfuerzo exitoso para aumentar las poblaciones cautivas y salvajes a aproximadamente 100 aves, el huracán Hugo eliminó cerca de la mitad de la población silvestre (es decir, alrededor de una cuarta parte de la población entera) (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., 1997b). Para cuando el huracán George pasó sobre el bosque, varias aves se habían trasladado a la pajarera de Río Abajo dentro del sistema de reserva forestal al sur de Arecibo. Cuatro factores parecen ser los responsables de mantener los obstáculos que impiden la recuperación del loro (Beissinger et al., 2008): reducción en el éxito de eclosión debido a la endogamia; incapacidad de los adultos para anidar; fracaso de la nidificación; y reducción de la supervivencia de adultos y jóvenes. En la actualidad, varios huevos de loro se eclosionan y desarrollan en cautiverio tanto en la pajarera de Río Abajo como en la nueva pajarera

“La Iguaca”, que se construyó en las laderas inferiores al norte de El Yunque en 2007. A continuación, se prepara a las aves para la vida silvestre y se liberan. Entre 2000 y 2002, se llevaron a cabo tres liberaciones recientes que sumaban en total 34 aves (White et al., 2005). Un poco menos de la mitad de las aves que se liberaron sobrevivió en su hábitat natural, con una quinta parte que se perdió a causa de las aves de rapiña. La población actual de loros de aproximadamente 250 aves se encuentra en cautiverio o en su hábitat natural.

El zorzal pardo era relativamente escaso y solo se distribuyó de forma desigual en las tierras bajas y colinas de Puerto Rico hasta la década de 1920 cuando los biólogos observaron un aumento constante de sus números (Arendt, 2006). La propagación continuó hasta 600 m en el LEF en 1930 y en todo el bosque a principios de la década de 1950 (Snyder et al., 1987). El zorzal tiene capacidades superiores de colonización y rasgos característicos de un “excursionista” aviar (Arendt, 2006). Es un gran volador, se dispersa bien y ocupa todos los hábitats disponibles dentro de Puerto Rico y otras islas caribeñas. Es omnívoro, muestra variabilidad en la alimentación y búsqueda de alimentos y tiene varias estrategias reproductivas que le facilitan la supervivencia y propagación. Además, el zorzal es resiliente a perturbaciones importantes, como huracanes y sequías.

El zorzal, un enemigo natural del loro de lo más notable, anida en los huecos de los árboles (Snyder et al., 1987). A menudo, también entra en los nidos del loro donde destruye los huevos, ataca la anidación y puede tomar el control del sitio de anidación. El aumento gradual del zorzal en las elevaciones superiores dentro del bosque generó encuentros con el loro, especialmente durante las temporadas de cría coincidentes. El zorzal, junto con depredadores, como la



Pajarreras de loros. Derecha: Los cuarteles de La Mina sirvieron como la primera pajarrera de loros del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos desde 1972 hasta después de 2000. Derecha: La nueva pajarrera Iguaca abrió en 2007 en la ruta PR 9966 a lo largo del límite norte del bosque. (Fotografías de Peter L. Weaver)

especie *Buteo jamaicensis* (guaragua colirrojo) y las ratas, y parásitos y competidores del sitio, como los tábanos y las abejas melíferas, provocó una disminución en la población del loro hasta mínimos históricos durante mediados de la década de 1970.

En 1971, mucho después de que las especies de aves nativas de la isla se identificaran y describieran, se descubrió la reinita de bosque enano en el bosque enano y en los tramos superiores del bosque montano en el LEF (Kepler y Parkes, 1972). Curiosamente, otro observador de aves que trabaja en Roosevelt Roads había visto a la especie poco tiempo antes. Similar a la especie *Mniotilta varia* (reinita trepadora), la reinita de bosque enano requería especímenes para asegurar su identificación como nueva especie (Kepler 2009). El descubrimiento tardío de la reinita, décadas después de la identificación de todas las demás especies en Puerto Rico, se debe en parte a su hábitat y distribución limitados. (Raffaele, 1983). Posteriormente, se encontraron otras poblaciones en la Cordillera Central. En la actualidad, la especie se encuentra protegida en toda la isla.

## Reptiles

De las 19 especies de reptiles que se encontraron en el LEF, 14 son lagartos o gecos y 5 son víboras (Tabla 14). Algunas se restringen a determinados tipos de bosques o hábitats, mientras que otras tienen áreas de búsqueda de alimentos más amplias. Hace casi un siglo, se investigó la alimentación de 11 especies (es decir, una iguana, un eslizón, dos gecos y siete lagartos) desde el punto de vista de la economía agrícola (Wolcott, 1924). Los contenidos estomacales revelaron una variedad de insectos, pero ningún mosquito o mosca doméstica. Las muestras se basaron en observaciones que se realizaron fuera del bosque nacional.

*Ameiva exsul* (siguana) se encuentra en áreas abiertas, incluidas rutas y senderos, en elevaciones bajas cerca

del límite. *Anolis cristatellus* (lagartijo común) y *Anolis gundlachi* (lagartijo barba amarilla) buscan alimentos en los troncos y en el suelo (Joglar, 2005; Rivero, 1978). *Anolis cuvieri* (lagarto verde), la especie más grande en Puerto Rico, parece preferir los doseles arbóreos en áreas con sombra y frescas en elevaciones intermedias. *Anolis evermannii* (lagartijo verde) y *Anolis stratulus* (lagartijo manchado) buscan alimentos en los doseles arbóreos y troncos. Tanto *Anolis krugi* (lagartijo de las yerbas de la montaña) como *Anolis pulchellus* (lagartijo jardinero) frecuentan áreas con césped, vegetación herbácea y arbustos, mientras que *Anolis occultus* (lagartijo pigmeo) busca alimentos en ramitas y ramas. *Amphisbaena caeca* (culebrita ciega común) se esconde bajo los residuos de la vegetación, los troncos y las raíces y consume larvas de escarabajos (Reagan y Waide, 1996). *Hemidactylus brooki* (salamanquesa), muy extendida en los trópicos, vive en la hojarasca y entre las raíces y los soportes de los árboles donde come arañas, cucarachas y otros insectos.

*Diploglossus pleei* (culebra de cuatro patas), la única especie de su género en Puerto Rico, se esconde bajo rocas, troncos y vegetación en descomposición en el suelo donde puede consumir varios invertebrados, incluidos insectos y ranas (Joglar, 2005; Rivero, 1978) (Tabla 14). *Sphaerodactylus klauberi* (salamanquita negra) se encontró por encima de los 900 m de altura y *S. macrolepis* (salamanquita negra), la más extendida de su género, a 880 m.

Cinco especies no venenosas de víboras se encuentran en el LEF. Estas habitan desde las costas de la isla hasta las elevaciones medianas en las montañas. *Alsophis portoricensis* (culebra corredora) se distribuye ampliamente, es diurna y terrestre, aunque a veces se encuentra en árboles. *Arrhyton exiguum* (culebrita de jardín), la más común en toda la isla, es terrestre y un poco sigilosa, por lo general, se encuentra bajo troncos y tocones de árboles (Joglar, 2005; Rivero, 1978). Ambas consumen lagartos, ranas y huevos de ranas. *Epicrates inornatus*, la especie más grande, se encuentra en

PARTE INFERIOR: Lagarto. *Anolis evermanni* (lagartijo verde), uno de los ocho lagartijos nativos, frecuenta los bosques profundos y muy húmedos del Bosque Experimental de Luquillo y los sitios montañosos y húmedos en otras partes de la isla. DERECHA: Víbora. *Epicrates inornatus* (boa constrictora de Puerto Rico), que se alimenta de mamíferos pequeños, aves y lagartos, es la víbora más grande de la isla. La boa endémica, que alcanza 2.5 m de largo, permanece catalogada como una especie en peligro en gran medida debido a la destrucción del hábitat en el pasado. (Fotografías de Iván Vicéns)



el suelo o los árboles donde se alimenta de ratas, ratones, aves y, a veces, murciélagos (Rivero, 1978). Aparentemente, es menos común en el LEF que en otras ubicaciones, como las colinas de piedra caliza. Tanto *Typhlops richardii* (víbora común) como *Typhlops rostellatus* (víbora de pico) son ciegas y de hábitos subterráneos. Por lo general, se alimentan de termitas, hormigas y otros invertebrados.

## Anfibios

El LEF tiene 15 especies de anfibios. Todas las especies de ranas arbóreas, excepto dos (*Eleutherodactylus* spp., que se denominan localmente coquíes) son endémicas de Puerto Rico y se alimentan de una gran variedad de insectos y caracoles que se encuentran en el bosque (Tabla 14). Entre los depredadores naturales, se incluyen las arañas, principalmente en los individuos jóvenes, así como los lagartos, las víboras, los pájaros, las ratas y las mangostas.

*Eleutherodactylus antillensis* (coquí churí), que se distribuye ampliamente en áreas abiertas y a lo largo de los límites del bosque, se encuentra con mayor frecuencia en las elevaciones bajas a intermedias (Joglar 1998, Rivero 1978). Por lo general, la especie se esconde debajo de las rocas, las raíces herbáceas, los troncos y la corteza suelta. *E. brittoni* (coquí de las hierbas) habita con más frecuencia las elevaciones bajas

en campos y pastizales expuestos al sol, pero también puede encontrarse en la vegetación herbácea a lo largo de las rutas y los límites de los bosques. *E. cochraniae* (coquí silbador), que vive tanto en los lugares secos como húmedos de la isla, habita en las elevaciones bajas del LEF, donde frecuenta la vegetación cercana al suelo, incluidos los arbustos, los árboles y las bromelias. Esta especie espera por su presa y se alimenta, principalmente, de artrópodos y una variedad de insectos. *E. coqui* (coquí común), que vive desde la costa hasta la cima de las montañas, es el mejor conocido y el más estudiado de los anfibios de la isla. Durante el día, se esconde debajo de las hojas caídas, en las bromelias, en las axilas de las hojas de palma en elevaciones intermedias a altas y, en los pastizales, en elevaciones bajas cerca del límite del LEF.

*E. eneidae* (coquí de Eneida) habita los bosques húmedos en las elevaciones de entre 300 m y las cimas, donde prefiere las laderas a lo largo de los senderos y los troncos cubiertos de moho cerca del suelo (Joglar 1998). *E. gryllus* (coquí grillo) también habita en elevaciones similares. En las elevaciones inferiores, prefiere las áreas abiertas y los límites del bosque, mientras que en las elevaciones superiores se encuentra en las bromelias y debajo del moho de las rocas. *E. hedricki* (coquí de Hedrick) es arbórea y habita en los bosques espesos y muy húmedos entre los 450 m y las cimas. Los refugios diurnos incluyen los huecos de los árboles de hasta 18 m de altura. *E. karlschmidti* (coquí palmeado) se encuentra en elevaciones



*Rana. Eleutherodactylus coqui* (coquí común) es 1 de las 13 ranas nativas del género, 12 de las cuales también son endémicas de la isla y viven en el Luquillo Experimental Forest. La coquí común es el anfibio más conocido y apreciado de la isla. (Fotografía de Iván Vicéns)

de entre 50 y 650 m en rocas a lo largo de los arroyos y cerca de las cascadas y las rocas salpicadas de agua. Las búsquedas exhaustivas recientes tanto del coquí de Eneida como del palmeado no han tenido éxito, y se presume que están extintos.

*E. locustus* (coquí martillito) se encuentra en los bosques húmedos y montanos por encima de los 370 m, incluido el bosque enano, donde parece ser más abundante a lo largo del límite del bosque y en áreas abiertas (Joglar 1998).

*E. portoricensis* (coquí de la montaña) se encuentra en las elevaciones a partir de los 180 m y hasta las cimas, donde habita en arbustos, palmeras y bromelias, pero parece preferir la superficie del suelo y la arena. Los datos recientes sugieren que estas dos especies son menos abundantes que antes (Joglar 1998). *E. richmondi* (coquí caoba) se encuentra en el interior de la isla, en elevaciones desde los 40 m hasta cerca de las cimas. Sin embargo, parece haberse reducido en las elevaciones por encima de los 600 m en el LEF desde principios de la década de 1980. *E. unicolor* (coquí duende) es endémico de los picos por encima de los 675 m en el LEF, donde vive en huecos subterráneos debajo de las raíces superficiales, y en el musgo que crece sobre el suelo.

*E. wightmanii* (coquí melodioso) también se encuentra en el interior de Puerto Rico, desde los 150 m hasta las cimas. Vive principalmente sobre el suelo o muy cerca de este.

El resto de los anfibios son de otro género (Rivero 1978) (Tabla 14). *Leptodactylus albilabris* (ranita de labio blanco) es terrestre, pero rara vez se encuentra lejos de los arroyos y las áreas pantanosas. Atraviesa una etapa de renacuajo y, por lo general, busca las áreas lodosas. *Bufo marinus* (sapo marino) se importó desde Jamaica y Barbados durante la década de 1920 para controlar las larvas en la caña de azúcar. Algunos años después, se volvió abundante.

La aparente extinción de *E. eneidae* y *E. karlschmidti* en el LEF, y de *E. jasperi* (coquí dorado) de la Cordillera Central cerca de Cayey (Joglar 1998) sugiere problemas

generalizados en la isla entre ciertas poblaciones de anfibios. Esta tendencia está corroborada por la aparente reducción de otras especies, como *E. locustus*, *E. portoricensis* y *E. gryllus* en el LEF (Woolbright 1997). No se sabe con certeza si la reducción de estas poblaciones está relacionada con fluctuaciones o migraciones normales. El LEF no sufrió golpes de huracanes durante el extenso período entre 1932 y 1989. Sin embargo, los huracanes recientes pueden haber provocado cambios temporarios en el sotobosque y reducido algunas de las poblaciones o generado migraciones a otros sitios. Entre las posibilidades más graves, se encuentra la quitridiomycosis fúngica de los anfibios, que devastó poblaciones de ranas en todo el mundo (Daszac et al., 2003).

## Peces

Se registraron seis especies nativas en el nacimiento del Río Espíritu Santo y del Río Mameyes, incluidas las cuencas de Bisley (Nieves 1998) (Tabla 14). Tres se encuentran en las partes superiores de los ríos; *Agonostomus monticola* (lisa de río), *Anguilla rostrata* (anguila americana) y *Sicydium plumieri* (chupapiedras), y las otras, *Awaous tajasica* (lamearenas), *Eleotris pisonis* (dormilón) y *Gobiomorus dormitor* (guabina del Atlántico) río abajo. Ninguna de las seis es endémica ni está en peligro. Todas se alimentan de camarones, excepto el chupapiedras, que es hervívoro. Además, al menos tres especies introducidas llegaron al LEF en algún momento; la común *Poecilia reticulata* (gupi), *Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoíris) y algunos ejemplares de *Carpinus carpio* (carpa o carpa común). Los huevos de las truchas arcoíris se introdujeron en las zonas de cría de La Mina en 1934 y 1935 para intentar promover la pesca deportiva. El esfuerzo no dio resultados porque los arroyos eran demasiado cálidos para su reproducción (Gerhart 1936, consulte las notas finales). Durante la década de 1990, la carpa se colocó en una depresión poco profunda de 75 m<sup>2</sup> cavada sobre suelo impermeable a lo largo del FS-27. Las lluvias, las precipitaciones húmedas de las nubes y, posiblemente, la escorrentía de las rutas proporcionan suficiente agua para que la carpa sobreviva.

Con respecto a las migraciones, la anguila americana es catádróma (es decir, los adultos viven en aguas dulces y migran al mar para desovar), mientras que el resto de las especies nativas son anfidromos (los adultos desovan en arroyos de tierras altas; las larvas son arrastradas corriente abajo durante las lluvias y los individuos jóvenes regresan corriente arriba). El nacimiento de los ríos del LEF sirven como refugio de los depredadores; allí los peces crecen, maduran y se reproducen. La lisa de río, el pez para pesca deportiva más importante, que se encuentra en los arroyos de las tierras altas de Puerto Rico, también se adapta a las corrientes lentas (Erdman 1972, Hildebrand 1935). El chupapiedras tiene la capacidad de subir las cascadas y las obstrucciones, como las represas que se encuentran en niveles bajos, y se registró en elevaciones de 650 m en el nacimiento del Mameyes (Nieves 1998). Esta especie se considera un indicador biológico de la salud ecológica de los arroyos (Erdman 1984).

## Capítulo 8. DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES: PLANTAS Y ANIMALES

### Diversidad de las plantas

El LEF tiene una vida vegetal diversa. 225 especies de árboles nativos (Little y Wadsworth 1964; Little y Woodbury 1976, 1980; Little et al. 1974), al menos 79 especies de orquídeas (Ackerman 1992, 1995; Kasomenakis 1988) y alrededor de 150 especies de helechos (Kepler 1975). La cantidad de árboles supera la que puede encontrarse en todos los otros bosques nacionales combinados (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., 1997b). Además, 120 de las 144 especies plantadas en el LEF fueron especies introducidas (es decir, 112 eran exóticas y 8 eran nativas de Puerto Rico que crecían fuera del bosque). Solo 24 de las especies plantadas eran autóctonas del bosque (Apéndice E). Si bien la mayoría de estas introducciones se realizaron para fines de forestación, algunas especies se plantaron con propósitos agrícolas u ornamentales.

La abundancia relativa de las especies de árboles dentro del LEF varía según el tiempo y el espacio. En el 1500, antes de la colonización, el bosque contenía especies nativas de árboles en abundancia, que eran controladas por los ciclos de la vida, las variables ambientales y los eventos climáticos. Durante los siglos XIX y XX, la agricultura y la plantación de árboles en las laderas inferiores, junto con la construcción de rutas, senderos e instalaciones en las elevaciones superiores, introdujeron especies exóticas y secundarias. El largo período de recuperación posterior a los huracanes San Felipe y San Cipriano presentó una reducción gradual de las especies de árboles secundarias en parcelas permanentes (Crow 1980, Weaver 1983, 1989b), una tendencia que se revirtió luego de los huracanes Hugo y Georges (Weaver 2002b).

Si bien la cantidad total de especies de árboles registradas por tipo de bosque disminuye según la altura en el LEF (Tabla 8), una muestra de los gradientes indicó una cantidad de especies mayor en la parte montañosa alta del bosque, en vez de en la parte montañosa baja de este (Fig. 18) (Tabla 8) (Tablas del Apéndice 9A a 9D). Esto se debe en parte al sistema de clasificación del bosque y en parte al procedimiento de muestreo. En principio, los tipos de bosques se definen ampliamente por la elevación. Sin embargo, la distribución de especies en el terreno montañoso también se ve afectada por el aspecto y la topografía (Weaver 1991, 2010a, 2010b). La mayor abundancia actual de especies se da en los terrenos altamente disecados en el ecotono entre los tipos de bosques montanos bajos y bosques montanos (Fig. 17). En segundo lugar, se tomaron más muestras de las parcelas en los tipos de bosque montano y enano que en los bosques montanos bajos o los matorrales de palmeras (Apéndice C). Las cantidades de parcelas más grandes producen muestras más grandes de árboles y una mayor probabilidad de encontrar nuevas especies.

En tercer lugar, el tamaño de la parcela se limitó a 500 m<sup>2</sup> para poder tomar muestras de las características topográficas. El tamaño de esta parcela pudo haber sido insuficiente para abarcar muestras representativas de las características de los tallos más grandes del bosque montano bajo. Además, las actividades humanas anteriores impidieron que se tomaran muestras sin alteraciones del bosque nativo en las elevaciones inferiores cerca del límite del bosque (es decir, cerca del ecotono entre los bosques costeros bajos y los bosques montanos bajos). Es muy probable que la riqueza de las especies haya sido mayor en esta área antes de la explotación forestal y la colonización. Finalmente, la riqueza de las especies en los matorrales de palmeras, independientemente de la elevación, y del bosque enano, está limitada por las condiciones ambientales.

### Diversidad animal

La fauna vertebrada actual dentro del LEF es bastante diversa, e incluye 157 especies terrestres y 7 acuáticas (Tablas 11 y 12): 16 especies de mamíferos; 107 de pájaros, incluidos 61 residentes y 46 migrantes; 19 de reptiles; 15 de anfibios y 7 especies de peces de agua dulce. Además de los peces, en los aproximadamente 1800 km de ríos y arroyos del bosque viven 9 especies de camarones y un cangrejo de agua dulce (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., 1997a, 1997b). La abundancia relativa de varias especies de animales ha variado con el tiempo y el espacio como resultado de las actividades humanas. Los cambios más notables incluyen los de las poblaciones de *Amazona vittata*, *Buteo jamaicensis*, y *Corvus leucognaphallus*.

Al igual que sucede con todas las islas, la llegada de los animales desde el continente a Puerto Rico fue restringida. La riqueza de las especies de pájaros en el LEF, si bien es bastante alta, es menor que en el Bosque de Guánica, en la parte suroeste seca de la isla (Kepler y Kepler 1970). Una posible explicación es que las poblaciones de insectos en el bosque están controladas por las abundantes poblaciones residentes de lagartos y ranas que efectivamente compiten con las especies de pájaros (Tabla 14). Las diferencias en la riqueza de las especies también puede deberse, en parte, a las condiciones climáticas pasadas de Puerto Rico. Durante el Pleistoceno, las Indias Occidentales eran más extensas y secas que en la actualidad (Faaborg y Arendt 1990, 1992). Los resúmenes de los recuentos recientes de pájaros en el suroeste muestran al menos 157 especies en el Bosque de Guánica, lo cual corrobora las observaciones anteriores (Weaver and Schwagerl 2009).

## Capítulo 9. CLASIFICACIÓN DE ESPECIES DE PLANTAS Y ANIMALES

El Servicio Forestal y las agencias del territorio autónomo utilizan varios términos para clasificar el estado de las especies de plantas y animales (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., 1997b):

- **Endémica:** la característica de ser exclusivas de una región geográfica particular (es decir, una isla, un hábitat, un bosque u otra área definida).
- **Rara:** una especie para cual la viabilidad de la población es un problema, ya que existe en cantidades extremadamente bajas dentro de un bosque o hábitat particular.
- **En peligro:** una especie que está en peligro de extinción en general o en una parte significativa de su rango.
- **Amenazada:** una especie que tiene probabilidades de estar en peligro en el futuro, ya sea en general o en una parte significativa de su rango.
- **Sensible:** una especie para la cual la viabilidad de la población es un problema, según lo indican las tendencias decrecientes en la cantidad o densidad de la población, o en la disponibilidad del hábitat que reduciría aún más la distribución de una especie.
- **Especies indicadoras de gestión:** especies cuyos cambios en la población podrían reflejar prácticas de gestión.

### Clasificación de plantas

El LEF tiene 38 especies de plantas clasificadas, incluidas 24 de árboles, 2 de arbustos y 12 de hierbas (1 de liana, 1 de grama, 1 de helecho, 2 de licopodios y otras 7) (Tabla 16). De esas, 30 son endémicas de Puerto Rico, y 13 están confinadas únicamente a las Montañas de Luquillo. El Servicio Forestal enumera 8 como en peligro, 30 como sensibles y 11 como especies indicadoras de gestión (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., 1997a). También el gobierno federal y el de Puerto Rico enumeran 8 como en peligro, y el gobierno federal indica otra como amenazada y bajo consideración para incluir en la lista. El sistema de clasificación del patrimonio natural considera 30 de las especies como en peligro grave o en peligro, ya sea a nivel global o local.

### Clasificación de animales

El LEF tiene 32 especies endémicas de animales, incluidas 11 de anfibios, 8 de reptiles y 13 de pájaros; además, hay dos subespecies de aves endémicas (Tablas 11 y 12). Lo que es más, hay 13 especies de aves clasificadas, incluida 1 de mamífero (murciélago), 1 de reptil (víbora), 5 de anfibios (ranas) y 6 de pájaros. El Servicio Forestal enumera 5 animales como en peligro, 7 como sensibles, 1 como amenazado y 11 como especies indicadoras de gestión (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., 1997a). También el gobierno federal como el de Puerto Rico enumera 5 como en peligro. Además, el gobierno federal cita una especie como amenazada, y el gobierno de Puerto Rico, tres. La clasificación del patrimonio natural clasifica 13 especies en varias clases. Por último, el Servicio Forestal clasifica 5 como especies indicadoras de gestión (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., 1997b).

Tabla 16: Clasificación de plantas dentro del Bosque Experimental Luquillo<sup>a</sup>

| Nombre científico   | Forma de vida <sup>b</sup> | Clasificación del estado <sup>d</sup> |      |      |            |    |
|---|----------------------------|---------------------------------------|------|------|------------|----|
|   |                            | Endémica                              | USFS | Fed. | Pat. nac.  | PR |
| <i>Brachionidium ciliolatum</i> Garay                                     | HI                         | ENL                                   | S    |      | G1, N1     |    |
| <i>Brachionidium sherringii</i> Rolfe                                     | HI                         |                                       | S    |      | G1, N1     |    |
| <i>Brunfelsia portoricensis</i> Krug y Urban                              | A                          | EN                                    | S    |      | G1, N2     |    |
| <i>Callicarpa ampla</i> Schauer   | A                          | EN                                    | E, G | E    | G1, N1     | E  |
| <i>Calyptanthes luquillensis</i> Alain                                    | A                          | ENL                                   | S    |      | G1, N1     |    |
| <i>Calyptanthes woodburyi</i> Alain                                       | A                          | EN                                    | S    |      | G1, N2     |    |
| <i>Coccoloba rugosa</i> Desf.   | A                          |                                       | G, S | P, A | G2, N2     |    |
| <i>Conostegia hotteana</i> Urban y Ekman                                  | A                          |                                       | S    |      | G2, N2     |    |
| <i>Cordia wagnerorum</i> R. Howard  | S                          | ENL                                   | S    |      | G1, N1     |    |
| <i>Cybianthus sintenisii</i> (Urban) Agostini                             | S                          | ENL                                   | S    |      | G1, N1     |    |
| <i>Dichantherium aciculare</i> (Desv. ex Poir) Gould y Clark              | C                          |                                       | S    |      | G4, G5, N1 |    |
| <i>Eugenia eggersii</i> Kiaersk.  | A                          | EN                                    | S    |      | G2, N2     |    |
| <i>Eugenia haematocarpa</i> Alain   | A                          | EN                                    | E, G | E    | G1, N1     | E  |
| <i>Ilex sintenisii</i> (Urban) Britton                                    | A                          | EN                                    | E, G | E    | G1, N1     | E  |
| <i>Laplacea portoricensis</i> (Krug & Urban) Dyer                         | A                          | EN                                    | S    |      |            |    |
| <i>Lepanthes dodiana</i> Stimson  | HI                         | EN                                    | S    |      | G1, N2     |    |
| <i>Lepanthes eltorensis</i> Stimson                                       | HI                         | EN                                    | E, G | E    | G1, N1     | E  |
| <i>Lindsaea stricta</i> (Sw.) Dryander var. <i>jamesoniiformis</i> Kramer | HI                         |                                       | S    |      | G1, N1     |    |
| <i>Lycopodium tenuicaule</i> Underw. y Lloyd                              | LY                         |                                       | S    |      |            |    |
| <i>Lycopodium wilsonii</i> Underw. y Lloyd                                | LY                         |                                       | S    |      |            |    |
| <i>Marliera sintenisii</i> Kiaersk.                                       | A                          | ENL                                   | S    |      | G1, N1     |    |
| <i>Marsdenia elliptica</i> Decne.   | LI                         | ENL                                   | S    |      |            |    |
| <i>Maytenus elongata</i> (Urban) Britton                                  | A                          | EN                                    | S    |      | G1, N1     |    |
| <i>Miconia faveolata</i> Cogn.  | A                          | ENL                                   | G, S |      | G1, N1     |    |
| <i>Miconia pycnoneura</i> Urban   | A                          | EN                                    | S    |      | G1, N1     |    |
| <i>Myrcia holdridgeana</i> Lundell  | A                          | EN                                    | S    |      | G2, N2     |    |
| <i>Pilea multicaulis</i> Urban  | HI                         | ENL                                   | S    |      |            |    |
| <i>Pilea yunquensis</i> Urban (Britton y Wilson)                          | HI                         | EN                                    | S    |      |            |    |
| <i>Pleodendrum macranthum</i> (Baill.) v. Tiegh.                          | A                          |                                       | E, G | E    | G1, N1     | E  |
| <i>Psidium sintenisii</i> (Kiaersk.) Alain                                | A                          | EN                                    | S    |      | G1, N1     |    |
| <i>Ravenia urbanii</i> Engler   | A                          | EN                                    | S    |      |            |    |
| <i>Solanum woodburyi</i> R.A. Howard                                      | HI                         | EN                                    | G, S |      | G1, N1, N2 |    |
| <i>Styrax portoricensis</i> Krug y Urban                                  | A                          | EN                                    | E, G | E    | G1, N1     | E  |
| <i>Ternstroemia hepatasepala</i> Krug y Urban                             | A                          | ENL                                   | S    |      | G1, N1     |    |
| <i>Ternstroemia luquillensis</i> Krug y Urban                             | A                          | EN                                    | E, G | E    | G1, N1     | E  |
| <i>Ternstroemia subsessilis</i> (Britton) Kobuski                         | A                          | EN                                    | E, G | E    | G1, N1     | E  |
| <i>Urera chlorocarpa</i> Urban  | A                          | EN                                    | S    |      | G2, N2     |    |
| <i>Xylosma schwaneckeianum</i> (Krug y Urban) Urban                       | A                          | EN                                    | S    |      | G1, N1     |    |

<sup>a</sup>Fuente: Liogier (1985, 1997); Little y Wadsworth (1964); Little et al. (1974); Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU. (1997b).

<sup>b</sup>Forma de vida: H = helecho; C = césped; HI = hierba; LI = liana; LY = lycopodium; A = arbusto; AR = árbol.

<sup>c</sup>Clasificación del estado: EN = endémica de Puerto Rico, ENL = endémica de la sierra de Luquillo; USFS = Servicio Forestal; Fed. = Federal; Pat. nac. = sistema de clasificación del patrimonio natural: G = global, N = nacional, 1 = en peligro grave, 2 = en peligro, 3 = vulnerable, 4 = aparentemente seguro, 5 = extendida y segura; PR = Puerto Rico; E = en peligro; S = sensible; A = amenazada; P = propuesta para clasificación.

## Capítulo 10. OTROS RECURSOS

### El agua y los camarones

Los recursos de agua del LEF comienzan con abundantes lluvias y humedad de las nubes interceptada. Las variaciones estacionales y los fenómenos climáticos, junto con represas y entradas en los tramos más bajos de los arroyos influyen en las cantidades que, en última instancia, llegan a las desembocaduras costeras de la isla. Un día común, el 70 % del agua que se origina dentro del LEF se desvía para utilizarla antes de que llegue al océano (Crook et al., 2007).

Tres arroyos drenan hacia algunas partes del LEF, siete de los cuales proporcionan suministros de agua domésticos y comerciales a las comunidades que rodean el bosque (Fig. 1 y 9) (Apéndice A). Desde 1945, El Servicio Geológico de EE. UU. ha mantenido en algún momento 17 medidores de caudal en 7 ríos (Crook et al., 2007) (Fig. 9). En este momento, 31 represas y 35 tomas de agua interceptan el caudal en algún punto entre el LEF y las tierras bajas circundantes (Crook, 2005; Crook et al., 2007):

- Autoridad de Acueductos y Alcantarillado de Puerto Rico, 15
- Entidades privadas, 13
- Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico, 4
- Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1
- Tomas sin registro de permiso, 2

Además, el agua también se desvía desde cuatro ríos (Río Cubuy, Río Sabana, Río Icacos y Río Prieto) a causa de la gravedad hacia una tubería forzada y, finalmente, hacia la planta hidroeléctrica de Río Blanco (Naumann, 1994) (Fig. 9). Sin embargo, a principios de la década de 1990, la extracción de agua de ambas tomas se había interrumpido debido a que las tuberías estaban rotas. Se requieren alrededor de 225 litros de agua para generar un kilovatio-hora de energía.

Los camarones se consideran una parte integral de los recursos de agua, porque son los animales dominantes que corresponden a la mayor parte de la biomasa de la fauna acuática. Además, habitan desde las elevaciones más altas hasta los estuarios costeros, donde tienen un rol clave como reguladores de la descomposición de hojas (Crook, 2005). Las especies de camarones migran hacia arriba y hacia abajo de las corrientes durante el año, y son vulnerables a la extracción de agua cuando los caudales son bajos, especialmente en los ríos con varias represas (Crook, 2005). Las tomas de agua reducen el hábitat de los camarones y afectan de manera negativa sus poblaciones, diversidad y distribución. La naturaleza migratoria del camarón destaca la necesidad de proteger la conectividad de los ríos y la salud del ecosistema.

Antes de 1990, se habían construido represas para suministro de agua en todos los ríos principales del LEF, excepto el Río Mameyes (Benstead et al., 1999). Sin embargo, para 1993, la Autoridad de Agua y Alcantarillado de Puerto Rico tenía

planeado instalar una represa en ese río (Nieves, 1998). La oposición pública a la propuesta derivó en la instalación de una serie de plataformas de acero inoxidable (es decir, tomas) que permiten bombear agua hacia afuera de la corriente. Este sistema altera el canal y el caudal del río menos que un vertedero hidráulico, y tiene un impacto mínimo en las especies migratorias (March et al., 2003).

Además de los impactos humanos, los arroyos de las montañas suelen verse afectados por perturbaciones naturales, incluidos los huracanes, las lluvias fuertes, los aludes de lodo y la acumulación de residuos, como árboles caídos y desprendimientos. La abundancia de palemónidos (*Macrobrachium* spp.) que se midió entre 1988 y 2002 en Quebrada Prieta, un afluente del Río Espíritu Santo, fue más baja en 1994, durante la sequía regional. En contraste, los huracanes y los flujos de agua durante las tormentas tuvieron muy poca influencia en su abundancia (Covich et al., 2006).

### Recreación

La población de Puerto Rico se está acercando a los 4 millones (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 2009). Entre 1975 y 1988, las visitas al LEF aumentaron más del doble, y alcanzaron un cálculo estimado de 750,000. Alrededor del 60 % de las visitas se produjeron entre abril y septiembre, ya sea en los centros de recreación desarrollados para el uso concentrado o a través de las actividades de recreación dispersas, como las caminatas o los picnics (Bauer, 1987). Las encuestas más recientes se basan en un proceso de monitoreo que proporciona cálculos de visitantes dentro del 15 % con un nivel de fiabilidad del 80 % (English et al., 2002). Para el 2006, las visitas totales al bosque habían aumentado alrededor de 1.2 millones, y los recorridos guiados en 2007 trajeron más de 110,000 visitantes al bosque (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 2006, 2009). Las respuestas de los visitantes mostraron que el 40 % eran de Puerto Rico, el 5 % de países extranjeros y las Islas Vírgenes de EE. UU., y el resto, de 44 estados y el Distrito de Columbia en Estados Unidos. De los últimos, el 30 % era de 5 estados: Nueva York, Florida, Nueva Jersey, California y Massachusetts, en orden decreciente. Alrededor del 50 % de las personas que respondieron eran de origen hispano o latino, y casi el 60 % tenía entre 20 y 50 años. Las encuestas mostraron que el uso de los visitantes era mayor durante los fines de semana y los días festivos que durante los días de semana, y que la mayoría de las visitas ser realizaban para ver las características naturales y la vida silvestre, caminar, hacer actividades en la naturaleza, conducir por placer, relajarse o visitar sitios históricos. Los visitantes locales eran más comunes durante los meses de verano, y los internacionales, durante el invierno. Los visitantes expresaron un alto nivel de satisfacción con su experiencia en el bosque.

Los centros más desarrollados se encuentran en la parte norte del LEF, a lo largo de la ruta PR 191. El Centro Forestal Tropical El Portal, que se encuentra en la entrada del bosque, tiene tres pabellones con más de 900 m<sup>2</sup> de espacios para exposiciones, una sala de cine, una tienda de regalos y un corto sendero natural a través de un bosque secundario (Fig. 5) (Tabla 17). El tema del centro es que los bosques tropicales y sus habitantes están vinculados a una comunidad global, y que los esfuerzos cooperativos pueden ayudar a conservar los bosques. Los visitantes experimentan la belleza, la diversidad y la complejidad de los bosques tropicales, y las actividades actuales están orientadas a su gestión. Se proporciona interpretación en seis áreas: una orientación, una presentación de los bosques tropicales, muestras que promueven un entendimiento del bosque, conexiones (es decir, beneficios y relaciones entre los humanos y los bosques), la administración del bosque y la esperanza de conservación en el futuro.

La ruta PR 191 asciende hacia las cimas, donde se encuentran otras dos grandes áreas de recreación al costado de la carretera. El Centro de Palma de Sierra, ubicado a una corta distancia de la torre Yokahú, cuenta con refugios para picnics, baños, un puesto de comidas y acceso a los senderos para caminar (Fig. 20) (Tabla 17). Un poco más adelante en el camino, el Centro Palo Colorado tiene instalaciones similares y un sendero que desciende hacia la cascada La Mina. Otros senderos ascienden hacia piscinas de natación de agua dulce en Baño de Oro, hacia sitios históricos cercanos como la casa de piedra y las piscinas de cría de truchas y, en última instancia, hacia el Monte Britton y el Pico El Yunque (Fig. 20 (Tabla 17). Los estacionamientos tienen un límite de alrededor de 200 lugares para todo el bosque.

Además de los sitios de recreación desarrollados, los visitantes del LEF frecuentan los cruces de los ríos (Kartchner, 2003). Se realizaron encuestas y recuentos de vehículos en los puentes sobre el Río Mameyes (es decir, Puente Roto) en la ruta PR 988 y sobre el Río Espíritu Santo en la ruta PR 186 (Fig. 5 y 9). La mayoría de los visitantes disfrutaron de comer cerca de los ríos y de bañarse en ellos. Otros puentes utilizados de forma similar fueron los de Quebrada Juan Diego en la ruta PR 191 y en la Quebrada Río Grande, sobre la ruta PR 186. En 1995, las encuestas de familias y recreación calcularon la disposición de los isleños a pagar por preservar los caudales internos del Río Mameyes y del Río Fajardo (González-Caban y Loomis, 1999). Los resultados de la encuesta indicaron que los visitantes estaban preocupados por proteger el ambiente para las generaciones futuras; además, estaban dispuestos a pagar \$21 por familia al año para evitar que se colocaran represas en los ríos. Si se extendiera a toda la isla, ese monto equivaldría a \$110 millones por año. Las encuestas también demostraron que las grandes extracciones reducirían las visitas a los ríos en más de un 90 %.

Otras oportunidades recreativas incluyen el avistaje de aves, los baños en los ríos, las caminatas y los campings agrestes. La nueva Selva El Toro protege la única población de *Amazona vittata* del LEF, y ofrece soledad y serenidad, recursos raros en el Puerto Rico moderno.



*El Centro Forestal Tropical El Portal es una entrada al Bosque Experimental Luquillo. El centro cuenta con varias muestras informativas, una sala de cine, una tienda de regalos, una cafetería y amplio espacio de estacionamiento. (Fotografía de Peter L. Weaver)*

## Paisaje y senderos

Las cimas de la sierra de Luquillo son lugares emblemáticos bien conocidos que pueden verse desde varias partes de la isla y el mar. En el pasado, ayudaron a orientar a los navegantes de las aguas circundantes. En la actualidad, pueden disfrutarse vistas espectaculares de diferentes tipos de bosques y panoramas que rodean la línea costera desde varios miradores accesibles, incluidos los siguientes (Fig. 5, 9 y 20) (Tabla 17):

- La torre de observación Yokahú, de 21 m, sobre la ruta PR 191 tiene vistas del área natural del Baño de Oro, en la parte superior del nacimiento del Mameyes; de diferentes tipos de bosques y de la costa noreste de la isla.
- La torre del Monte Britton, ubicada a lo largo del FS-10, ofrece una vista general del bosque enano y vistas al norte, hacia El Yunque; al este, hacia el Pico del Este; y al sur, hacia El Toro.
- El Pico El Yunque, al final del FS-10, donde se colocaron las instalaciones de radares militares en 1942, les proporciona a los visitantes una vista panorámica de la costa noreste de Puerto Rico y de todos los picos más altos los principales tipos de bosque del LEF.
- La Roca El Yunque ofrece una vista de la costa noreste de Puerto Rico desde San Juan hasta Fajardo.
- El punto de observación Los Picachos, ubicado en la parte superior de una cima volcánica, ofrece una subida rigurosa y una buena vista del bosque.
- La vista general Pico del Oeste, ubicada a lo largo del FS-27, permite observar claramente el Pico El Yunque, algunas partes del bosque de matorrales de palmeras, Los Picachos y la costa noreste de Puerto Rico.
- Pico del Este, situado en las instalaciones de la cúpula del radar al final del FS-27, tiene vistas al bosque enano,

Tabla 17: Instalaciones y estructuras en el Bosque Experimental Luquillo<sup>a, b</sup>

| Instalación o estructura principal <sup>c</sup>     | Fecha(s) <sup>d</sup>                  | Notas  |
|---|--|--|
| <b>Centros interpretativos</b>                      |  |  |
| Centro del Bosque Tropical El Portal                | 1993-96                                | Centro de información, estacionamiento, sendero, sala de cine, puesto de comidas, tienda de libros   |
| Área de picnics Palma de Sierra <sup>e</sup>        | fines de los años 30<br>1965+          | Estacionamiento, edificios de madera, acceso a picnics y baños en el río<br>Estacionamiento, baños, puesto de comida   |
| Centro de información de Palo Colorado <sup>e</sup> | fines de los años 30<br>1965+          | Estacionamiento, edificios de madera, acceso a picnics y baños en el río<br>Estacionamiento, información para visitantes, intérpretes, regalos, área de picnics  |
| <b>Área de picnic</b>                               |  |  |
| Caimitillo  | 1963+                                  | Área de picnics, sendero interpretativo de loros   |
| Palma de Sierra (ubicación histórica) <sup>e</sup>  | después de los 30<br>los 60-70<br>1999 | Instalaciones originales de madera reemplazadas posteriormente; 8 cabañas de cemento para pasar la noche convertidas luego en refugios para picnics<br>Estructuras actuales; baños, sistemas de agua, áreas de picnic<br>Remodelaciones y reparaciones |
| Palo Colorado (ubicación histórica) <sup>e</sup>    | después de los 30<br>los 60-70         | Instalaciones originales de madera reemplazadas posteriormente; 10 cabañas de cemento para pasar a noche convertidas luego en refugios para picnics<br>Estructuras actuales; baños, sistemas de agua, estacionamiento                                  |
| Quebrada Grande                                     | los 90                                 | Estacionamiento e instalaciones para picnics y de uso diario   |
| Río Sabana  | 2009                                   | Estacionamiento e instalaciones para picnics y de uso diario   |
| <b>Sitios de observaciones</b>                      |  |  |
| Baño de Oro (casa de baños/piscina) <sup>f</sup>    | 1935                                   | Excavación en el área de minas de extracción de oro españolas; base de concreto  |
| Baño Grande (casa de baños/piscina) <sup>f</sup>    | 1937-38                                | Instalaciones más grandes; represa de mampostería de piedra; puente en arco  |
| Torre El Yunque                                     | 1938                                   | Paredes de piedra y mortero; vista de las montañas de 360 grados   |
| Cascada La Coca (catarata de 26 m)                  | 1933                                   | Pequeña estructura en cascadas construida alrededor de 1991, luego del huracán Hugo  |
| Punto de observación Las Cabezas                    | años 30                                | Mirador hacia el noreste de Puerto Rico desde el estacionamiento al lado de la ruta  |
| Los Picachos (recinto en una cima)                  | 1938                                   | Cumbre con vista panorámica  |
| Torre en el Monte Britton (torre de 9 m)            | 1937-38                                | Torre de mampostería de piedra; vista panorámica y refugio para picnic cercano   |
| Río Espíritu Santo                                  | N/D                                    | Vista panorámica al oeste del puente   |
| Torre Yokahú (torre de 21 m)                        | 1962-63<br>~1991                       | Vista del área natural y las montañas<br>Mejoras en el estacionamiento y el sitio después del huracán Hugo   |
| <b>Comienzo de los senderos</b>                     |  |  |
| Sendero Angelito                                    | 2008                                   | Sendero hasta las piscinas de agua dulce en el Río Mameyes   |
| Sendero Big Tree                                    | 1934                                   | Interpretación del sitio; sendero hasta la cascada La Mina   |
| Sendero El Toro-Tradewinds                          | 1935-36?                               | Bosques montano y enano; Pico El Toro  |
| Sendero La Coca                                     | 1930?                                  | Descenso al Río Mameyes en el bosque montano bajo  |
| Sendero Monte Britton                               | 1935-36?                               | Sendero hasta Los Picachos; carretera El Yunque y Monte Britton  |
| <b>Otras estructuras</b>                            |  |  |
| Campamento 8 (campamento de trabajo del CCC)        | años 30                                | Remanentes del centro de trabajo del CCC (características en piedra y concreto)  |
| Centro de Servicios de Catalina                     | 1979-82                                | Oficinas de administración del bosque y estacionamiento; centro expandido a mediados de la década de 1990  |
| Casa Cubuy (casa en Ciénaga Alta)                   | 1979-82                                | Estación de guardaparques de un piso construida por el CCC, luego convertida en un centro de actividades   |
| Campamento de Girl Scouts Eliza Colberg             | 1948-50                                | Actividades de campo para los exploradores   |
| Estación de Campo El Verde                          | 1937-39                                | Laboratorios (décadas de 1960-1970), torre meteorológica (década de 1980); residencia (2005)   |
| Pabellón (o restaurante) El Yunque                  | 1936                                   | Comedor común y recreación; cabañas construidas cerca (1940); mejoras en el estacionamiento (1968); cerrado por el huracán Hugo (1989)   |
| Puesto de radar El Yunque                           | 1938                                   | Torre, baño, almacenamiento de diésel, residencia  |
| Torre El Yunque (empresa Microfleet)                | 1975-80                                | Torre de 50 m; instalaciones nuevas construidas en 1980  |
| Edificio de escuela La Condesa                      | fines de los años 30                   | Demolido alrededor de 1990 debido a las inundaciones recurrentes   |
| Pajarera La Iguaca                                  | 2007                                   | Instalaciones modernas para la cría de loros   |

(la tabla continúa en la página siguiente)

Tabla 17 (continuación): Instalaciones y estructuras en el Bosque Experimental Luquillo<sup>a, b</sup>

| Instalación o estructura principal <sup>c</sup>                 | Fecha(s) <sup>d</sup> | Notas   |
|---|-----------------------|---|
| <b>Centros interpretativos</b>                                  |                       |   |
| Cuarteles La Mina   | ~1938                 | Casas para militares; utilizados como pajarera para loros entre 1972 y la década de 1990  |
| Casa La Mina  | años 40               | Estación de guardaparques; entre 1972 y la década de 1990, casas para investigadores de loros   |
| Criadero de truchas La Mina                                     | 1934                  | Abrevadero para cría de animales, piscinas de cría circulares   |
| Cabañas de la carretera Molindero                               | 1936 - años 40        | Cabañas para vacaciones de verano; solo quedaban 3 en 2010  |
| Instalaciones de radar Pico del Este                            | 1958-62               | Dos cúpulas de radar, habitaciones para dormir, sala de máquinas, instalaciones de comunicación, cocina   |
| Torre de comunicaciones telefónicas de Puerto Rico <sup>h</sup> | 1949                  | Torre de 50 m e instalaciones consolidadas entre 1976 y 1981  |
| Área para picnics y estacionamiento Quebrada Grande             | 1978                  | Refugios para picnic a lo largo del río   |
| Edificio de oficinas y viviendas Sabana                         | fines de los años 30  | Estación de guardaparques; de 1986 a la actualidad, oficinas de investigación, viviendas y laboratorios   |
| Casa de piedra  | ~1934                 | Instalaciones para pasar la noche para exploradores; casa de descanso del gobernador; edificio más antiguo del CCC del bosque; potencial de futuro museo                |
| Cabañas de verano   | años 30 en adelante   | Cabañas de verano construidas por las personas autorizadas con un contrato a largo plazo. El programa finalizó más adelante y se destruyeron la mayoría de las cabañas. |
| Campo del Cuerpo de Conservación Juvenil (YCC)                  | 1973-76               | Actividades forestales para jóvenes de entre 16 y 18 años; plaza, dormitorios, talleres vocacionales, salones de clases, comedor común, administración                  |
| <b>Senderos</b>   |                       |   |
| Siete senderos históricos                                       | antes de 1936         | Big Tree, El Toro, El Yunque, Roca El Yunque, Los Picachos, Monte Britton y Río de la Mina  |

<sup>a</sup>La ruta PR 191, construida entre 1926 y 1942, posibilitó otros trabajos a lo largo de esta, incluidas las actividades del Cuerpo de Conservación Civil (CCC).

<sup>b</sup>Fuentes: Díaz Vega (2004); Gerhart (1936), consulte las notas finales; Huffaker (1989), consulte las notas finales; Rivera (2010), consulte las notas finales; Santiago Cazull (2000), consulte las notas finales; Walker et al. (1999), consulte las notas finales. Algunas fechas son aproximadas.

<sup>c</sup>Se construyeron originalmente varias estructuras de madera, como campamentos de trabajo, cabañas para pasar la noche, refugios, casas de guardaparques y centros de exhibición. Más adelante, se reemplazaron con estructuras de cemento.

<sup>d</sup>Las fechas se refieren a planes, construcción o apertura de centros (Bosque El Yunque 2009, consulte las notas finales).

N/D = la fecha es incierta.

<sup>e</sup>Llamada al principio área de recreación La Mina.

<sup>f</sup>Las piscinas de baño se cerraron a mediados de la década de 1950 debido a un peligro de seguridad.

<sup>g</sup>Un mapa de 1938 muestra la torre, que no se encuentra en el mapa de 1941, posiblemente por razones militares de la Segunda Guerra Mundial.

<sup>h</sup>La estación repetidora de alta densidad era anteriormente el centro de comunicaciones de El Yunque.



*Piscinas de natación. ARRIBA: Las piscinas de natación de Baño de Oro. La primera, en el área de La Mina, se construyó a finales de la década de 1930 en pozos que los buscadores de oro españoles habían excavado anteriormente. ABAJO: Baño Grande, una piscina más grande con un puente en arco, se construyó poco tiempo después en respuesta a la demanda pública. (Fotografías de Iván Vicéns)*

a la punta noreste de Puerto Rico con el faro Fajardo y al área que se encuentra al norte de la antigua base naval Roosevelt Roads.

Otros miradores familiares requieren de caminatas considerables:

- El Pico El Toro, a lo largo del sendero El Toro-Tradewinds, ofrece una vista panorámica de las montañas.
- El Pico La Mina tiene una vista similar del LEF desde una elevación un poco inferior.
- El gran desprendimiento de 1970 en la ruta PR 191 permitió ver la cuenca del Icacos y la vegetación secundaria bajo los matorrales de árboles *Cyathea arborea*.

Además de los miradores anteriores, el LEF cuenta con 15 senderos de caminata que suman más de 40 km y ofrecen a los visitantes una vista de cerca de las principales especies de animales y plantas (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997b) (Fig. 5) (Tabla 18). La elevación de los senderos varía entre 110 y 1074 m aproximadamente. Los senderos Angelito y El Portal tienen menos de 200 m de altura, y otros dos varían entre los 250 y los 450 m. Hay 11 senderos que tienen una altura igual o mayor a 500 m. Dos de estos son los senderos El Toro y Tradewinds, que se encuentran en el Pico El Toro y atraviesan los bosques montano y enano en su trayecto. El tiempo de caminata requerido para atravesar todos los senderos es de aproximadamente dos días. Cinco de los senderos se clasifican como fáciles; tres como moderados y siete como desafiantes. Desde cada uno de los senderos se observa al menos un tipo de bosque. Los puntos de interés incluyen la fauna y la flora, los cruces de los ríos, los diferentes picos, las antiguas estructuras del CCC y las vistas panorámicas. Una posible preocupación en relación con la red de carreteras y senderos es que fragmenta los hábitats de las especies silvestres, principalmente de la *Amazona vittata*.

Existen otras oportunidades de senderismo o caminata a lo largo de tres carreteras forestales que están actualmente limitadas a los vehículos administrativos, o en tres sitios de recreación (Fig. 5):

- La ruta PR 191 abandonada, que se extiende desde la entrada de la división montañosa (km 13) hasta el desprendimiento a 600 m (km 21), y luego atraviesa el corrimiento y desciende hasta una nueva área de picnic a lo largo del Río Sabana, cerca del km 23.
- El FS-27, que se extiende desde la entrada de la ruta PR 930 hasta las cúpulas del radar de Pico del Este.
- El FS-10, que sube desde la ruta PR 191 cerca del km 13 hasta el Pico El Yunque.
- Las áreas de picnic de Palo Colorado y Caimitillo, que tienen senderos de caminata (Tabla 17).

El LEF también tiene muchos cruces de ríos y pequeñas cascadas que pueden verse desde los senderos de caminata, o desde puentes como el que se encuentra sobre el Río Espíritu Santo en la ruta PR 186 y la cascada La Mina, en el sendero La Mina. Por último, los senderos corren en paralelo con algunos tramos de los tres ríos salvajes y paisajísticos

(es decir, Río Icacos, Río de La Mina y Río Mameyes).

Gran parte del paisaje a lo largo del Río Icacos se encuentra cerca de la ruta PR 191 abandonada, que desciende desde la división montañosa hasta el gran corrimiento, a 600 m.

## Patrimonio

Los recursos patrimoniales son sitios arqueológicos, artefactos o edificios que perduran de actividades humanas pasadas, e incluyen los recursos culturales del LEF de diferentes periodos, como el precolombino, la colonia española y los inicios del siglo XX (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997b). Desde 1983, se han realizado inventarios de superficie de recursos culturales en 3400 ha, lo cual revela más de 60 sitios precolombinos e históricos. Se evaluó la inclusión de siete sitios históricos en el Registro Nacional de Lugares Históricos como una designación de propiedad múltiple que abarca todas las propiedades del CCC (Walker, 1999, 2009; consulte las notas finales).

Antes de la colonización, los asentamientos precolombinos del noreste de Puerto Rico estaban confinados principalmente a las áreas costeras. Los campos de búsqueda de alimentos y pesca, las parcelas agrícolas, las aldeas, los petroglifos y los sitios funerarios son recursos patrimoniales posibles en las cercanías del límite del LEF. Desde el momento del descubrimiento hasta 1898, los españoles se dedicaron activamente a la minería de oro (p. ej., minas de placer o pozos) y a actividades agrícolas en el LEF (Robinson, 1997). Las diferencias en la vegetación y la presencia de vertederos de residuos proporcionan pruebas sobre el nivel del suelo de actividades de minería pasadas. En algún momento del futuro, podrían excavarse los restos arqueológicos que se encuentran debajo de la superficie. La última actividad histórica importante fue el trabajo que realizó el CCC durante la década de 1930, lo cual incluyó sitios de acampe, carreteras, senderos, edificios y puentes. Los principales recursos culturales e históricos que pueden encontrarse actualmente en el LEF son los siguientes (Oliver, 1973; Robinson, 1997):

- Grupos de petroglifo, incluida la cuenca de Coca (dos sitios), cerca de la confluencia de los Ríos Cubuy e Icacos, cerca de la confluencia entre los Ríos Camándulas y Sabana, en la cuenca de la Quebrada Jiménez y cerca del Pico La Mina.
- El pozo de una mina de oro a lo largo del Río de la Mina.
- Restos de minería de cobre en el Pico La Mina.
- Sitios y estructuras del CCC que datan de la década de 1930.

Además, se encontraron trozos de hierro y cerámica durante la construcción de las instalaciones del Baño de Oro, donde los españoles habían excavado en busca de oro anteriormente (Gerhart, 1936; consulte las notas finales).

Varias estructuras en las áreas de La Mina y El Yunque son históricas, incluida la casa de piedra, las piscinas del Baño de Oro y del Baño Grande, las torres del Monte Britton y

Tabla 18: Sistema de senderos dentro del Bosque Experimental Luquillo<sup>a</sup>

| Nombre del sendero<br>(ubicación del sendero)       | Ref. del<br>mapa <sup>b</sup> | Longitud<br>km | Tiempo <sup>c</sup><br>h o m | Dificultad <sup>d</sup> | Elevación <sup>e</sup><br>m | Tipos de<br>bosque <sup>f</sup> | Puntos de interés  |
|---|-------------------------------|----------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--|
| <b>Límite norte del bosque</b>                      |                               |                |                              |                         |                             |                                 |  |
| Angelito (PR 988, km 4.0)                           | 1                             | 0.7            | 15 m                         | F                       | 110-150                     | MB                              | Cruce de ríos  |
| El Portal (PR 191 en El Portal)                     | 2                             | 0.7            | 15 m                         | F                       | 160-180                     | MB-S                            | Especies de árboles y pájaros                            |
| <b>El Toro-Tradewinds<sup>g</sup></b>               |                               |                |                              |                         |                             |                                 |  |
| El Toro (PR 186, km 10.8)                           | 3                             | 4              | 2 h                          | D                       | 650-1074                    | M, E                            | Pico El Toro   |
| Tradewinds (PR 191, km 13.4)                        | 4                             | 7.4            | 4 h                          | D                       | 740-1074                    | M, E                            | Pico El Toro   |
| <b>Sistema de senderos de El Yunque</b>             |                               |                |                              |                         |                             |                                 |  |
| Baño de Oro (PR 191, km 12.2)                       | 5                             | 0.6            | 20 m                         | M                       | 650-720                     | M                               | Estructura del CCC <sup>h</sup> ,<br>criadero de truchas |
| Caimitillo (PR 191, km 12.1) <sup>i</sup>           | 6                             | 0.6            | 20 m                         | M                       | 630-740                     | M                               | Interpretación de loros                                  |
| El Yunque (PR 191 al FS-10)                         | 7                             | 4.4            | 2 h                          | D                       | 630-1050                    | M, E                            | Pico El Yunque, vista<br>panorámica                      |
| Roca El Yunque (en el FS-10)                        | 8                             | 0.3            | 7 m                          | F                       | 1030-1040                   | E                               | Vista panorámica   |
| Los Picachos (en el sendero<br>El Yunque)           | 9                             | 0.3            | 8 m                          | F                       | 900-930                     | E                               | Los Picachos, vista<br>panorámica                        |
| Monte Britton (PR 930 al<br>FS-10, torre)           | 10                            | 1.3            | 40 m                         | D                       | 760-940                     | M, E                            | Torre del Monte Britton,<br>vista panorámica             |
| Enlace con el Monte Britton<br>(El Yunque al FS-10) | 11                            | 0.5            | 10 m                         | F                       | 850-900                     | M, P                            | Gradiente en la vegetación                               |
| <b>Sistema de senderos La Mina</b>                  |                               |                |                              |                         |                             |                                 |  |
| Big Tree (PR 191, km 10.4) <sup>i</sup>             | 12                            | 1.4            | 40 m                         | M                       | 500-550                     | MB                              | Cascada La Mina, árboles<br>grandes                      |
| Carillo (PR 988, km 6.1)                            | 13                            | 3.4            | 1 h 30 m                     | D                       | 250-300                     | MB                              | Río Mameyes, cruce de ríos                               |
| La Coca (PR 191, km 8.6)                            | 14                            | 2.9            | 1 h 20 m                     | D                       | 250-450                     | MB                              | Cruce de ríos  |
| Río de la Mina (PR 191, km 12.2)                    | 15                            | 1.2            | 30 m                         | D                       | 500-650                     | MB, M                           | Cascada La Mina,<br>Río La Mina                          |
| <b>Totales (15 senderos)</b>                        |                               | <b>39.9</b>    | <b>&gt;14 h</b>              | <b>F-D-M</b>            | <b>110-1074</b>             | <b>5 tipos</b>                  | <b>Varios</b>  |

<sup>a</sup>Fuente: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., (2008).

<sup>b</sup>Referencia del mapa: Los números corresponden a la referencia de la Figura 5.

<sup>c</sup>Tiempo de caminata de ida (h = horas, m = minutos)

<sup>d</sup>Dificultad: D = difícil; M = moderado; F = fácil.

<sup>e</sup>Elevación: mínima y máxima

<sup>f</sup>Tipos de bosque: MB = Bosque tropical montano bajo; MB-S = Bosque tropical montano bajo secundario; M = Bosque tropical montano; P = Matorral de palmeras; BE = Bosque enano.

<sup>g</sup>El sendero El Toro-Tradewinds se designó como un Sendero Recreativo Nacional (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997b).

<sup>h</sup>CCC = Cuerpo Civil de Conservación.

<sup>i</sup>Senderos interpretativos (es decir, letreros o postes numerados con un folleto explicativo).



IZQUIERDA: La torre Yokahú se completó en 1962, y el estacionamiento se agrandó luego de un corrimiento en la década de 1990. La torre Yokahú es un lugar conveniente para observar los diferentes tipos de bosque y el Área Natural de Investigación Baño de Oro. DERECHA: Dos senderistas disfrutaron de la vista panorámica desde la Roca El Yunque, uno de los mejores miradores de la sierra de Luquillo. En este mismo lugar, hace 70 años, el entomólogo George Wolcott observó un enjambre de *Polistes americanus* (avispa de papel). (Fotografías de Peter L. Weaver)



ARRIBA, IZQUIERDA: El centro de visitantes en el área de recreación de Palo Colorado durante las primeras horas de la mañana. ARRIBA, DERECHA: El estacionamiento del área de recreación de Palma de Sierra, al mediodía. La placa que conmemora la designación del bosque como una reserva biosférica en 1976 está montada sobre un peñasco detrás de la sombrilla en el fondo. CENTRO, IZQUIERDA: Las áreas de recreación tienen refugios para picnics y senderos de caminata en las cercanías. DERECHA: Un senderista camina sobre el sendero Angelito recién terminado, un nombre que conmemora a Angel Torres, un trabajador forestal muy respetado que vivió y trabajó en las inmediaciones. El bosque tiene 15 senderos principales con diferentes elevaciones, longitudes y paisajes. (Fotografía de Iván Vicéns) ABAJO, IZQUIERDA: Un típico letrero de los senderos dentro del bosque incluye un mapa de los senderos del sistema, el nombre del sendero, su longitud (en km), el tiempo de caminata (en horas), la dificultad del recorrido (fácil o difícil) y el cambio en la elevación (en m). (Todas las fotografías son de Peter L. Weaver, excepto donde se indica lo contrario).



*ARRIBA: La vista del puente Espiritu Santo en la ruta PR 186 destaca la costa norte y las tierras bajas costeras de Puerto Rico en el fondo. (Fotografía de Iván Vicéns) ABAJO: La cascada La Coca, ubicada a lo largo de lo ruta PR 191, es una de las paradas más conocidas y favoritas de los visitantes. (Fotografía de Peter L. Weaver)*

El Yunque y los cuarteles de La Mina (Fig. 20) (Tabla 17). El campamento del CCC en La Mina se convirtió posteriormente en un estacionamiento para el área de recreación de Palma de Sierra (Gerhart, 1936). Los refugios para picnic se construyeron a partir de la madera talada durante la construcción de la ruta PR 191. Debido a los daños tempranos que sufrieron a causa de los insectos, los refugios se reemplazaron con edificios de concreto. Sin embargo, las áreas de picnic y estacionamiento son sitios históricos. Además, la construcción de siete senderos también se remonta a la época del CCC. También quedan estructuras históricas en El Verde, La Condesa y Sabana (Fig. 1 y 20) (Tabla 17). Las torres del Monte Britton y de Yokahú se mencionan brevemente en una guía regional que destaca las estructuras históricas (Instituto de Cultura Puertorriqueña, 1993). Se indicaba que la torre del Monte Britton era neomedieval, mientras que ese estilo estaba menos marcado en la Yokahú.

Por último, la mayoría de las estructuras de Pico del Este (es decir, edificio de dormitorios, dos cúpulas de radar e instalaciones de comunicación) se construyeron alrededor de 1960 (Fig. 20) (Tabla 17). La FAA aún utiliza el sitio, abandonado por el personal de la Marina de EE. UU. en 2003. En el pasado, los investigadores utilizaron el edificio de dormitorios como base para sus operaciones de campo. Actualmente, Pico del Este funciona como un sitio de campo para la recopilación de datos atmosféricos. Si el sitio se restaurara, los usos futuros pueden incluir excursiones de campo al bosque enano circundante y excursiones para disfrutar de vistas panorámicas del noreste de Puerto Rico.

## Historias de El Yunque: el mito, la leyenda y datos curiosos

Los mitos y las leyendas son un producto del tiempo en muchas regiones del mundo, y el LEF no es la excepción. Los mitos son falsos, mientras que las leyendas pueden estar basadas en observaciones que se enriquecen o, posiblemente, se malinterpretan con el tiempo. También hay algunos hechos difíciles de creer relacionados con el bosque.

En primer lugar, algunos nombres utilizados en relación con el bosque tienen una historia interesante. Los taínos llamaban al Pico El Yunque y al bosque circundante “Yuké”, o tierra blanca, haciendo referencia a las cimas cubiertas de nubes. El nombre actual del bosque, El Yunque, es una derivación alterada del término taíno (Domínguez-Cristóbal, 1997a; Moran Arce, 1971). Si bien algunas personas creen que las montañas se parecen a un yunque, la mayoría está de acuerdo en que las cimas están cubiertas de nubes gran parte del tiempo. Además, algunos afirman que el término “Luquillo” deriva del nombre Yukiyú, o de Loquillo (Barnat, 1987). Ambos se refieren a un antiguo jefe indígena de principios del 1500, conocido por sus guerras de guerrillas contra los españoles. Loquillo y sus seguidores se escondieron en los bosques que se encuentran en la base de la sierra de Luquillo. En conmemoración a sus esfuerzos, la municipalidad de Luquillo levantó una estatua del antiguo jefe.

Entre los mitos populares, están los que relacionan las montañas con seres extraterrestres y platillos voladores (Domínguez-Cristóbal, 1997a). Tal vez estas historias no sean más que una versión del tercer milenio sobre un saber popular precolombino relacionado con espíritus benevolentes que se esconden en las montañas de Puerto Rico (Morán Arce, 1971). Otro mito favorito es que El Yunque está conectado con Roosevelt Roads por una serie de túneles complejos. El origen de esta historia es incierto. Sin embargo, grandes cavidades naturales drenan las escorrentías de la superficie hacia los canales subterráneos a lo largo del sendero Tradewinds y en las zonas más altas de la cuenca del Río Mameyes. Tal vez estas cavidades combinadas con una imaginación muy activa y el sensacionalismo amarillista ayudaron a generar el mito.

Otras cuatro historias tienen algo de verdad. La primera está relacionada con “El Valle de los Gigantes”, un área que “se convirtió en mito” (Robinson, 1997). El valle está ubicado en una parte remota de la cuenca del Río Icacos, un afluente del Río Blanco (Fig. 21). El nombre intrigante se originó en 1948, cuando los exploradores que estaban recorriendo el bosque encontraron varios árboles *Cyrilla racemiflora*, incluido el más grande del LEF, de 2.65 m de DAP (Robinson, 1997). Dado que la mayoría de los árboles del bosque montano son pequeños, la concentración de algunos árboles grandes en cualquier lugar es notoria. Las tasas de crecimiento de DAP típicas sugirieron que algunos de estos árboles grandes podrían haber germinado alrededor de la época en que Colón llegó a esta isla. Sin embargo, el espécimen más grande apareció debido a la fusión de tallos cercanos, un fenómeno que puede verse en cualquier otro lugar (Weaver, 1986b). Entre los otros árboles grandes presentes se encontraba un *Cordia borinquensis*, de 44 cm de DAP. *Cordia borinquensis*, abundante en el LEF, raramente supera los 6 m de altura y los 13 cm de DAP (Little and Wadsworth, 1964). Una ubicación protegida podría explicar la supervivencia de estos árboles grandes, que están escondidos en una cuenca con orientación sur protegida por los picos más altos del bosque: Pico del Este y Pico del Oeste al este, El Yunque y el Monte Britton al norte y El Cacique y El Toro al oeste (Fig. 9). El tiempo y la imaginación han creado una leyenda a partir de una caminata por los bosques hace más de 60 años.

La segunda historia es que la sierra de Luquillo protege a Puerto Rico de los huracanes. Muchos de los huracanes que pasaron por Puerto Rico desde 1700 atravesaron el oeste de la sierra de Luquillo (Fig. 12). Además, una cantidad considerable pasó a poca distancia hacia el este. Solo cuatro huracanes pasaron directamente sobre las montañas, es decir, un promedio de una tormenta cada 75 años. Independientemente de esto, muchos huracanes al este u oeste fueron lo suficientemente grandes para generar daños considerables entre las montañas. Los ejemplos más recientes son los huracanes Hugo y George, que pasaron muy cerca del LEF. Es probable que las conjeturas relacionadas con el efecto de la sierra de Luquillo en las rutas de los huracanes, al igual que el tiempo en prácticamente cualquier otra parte, sean tema de conversación durante mucho tiempo.

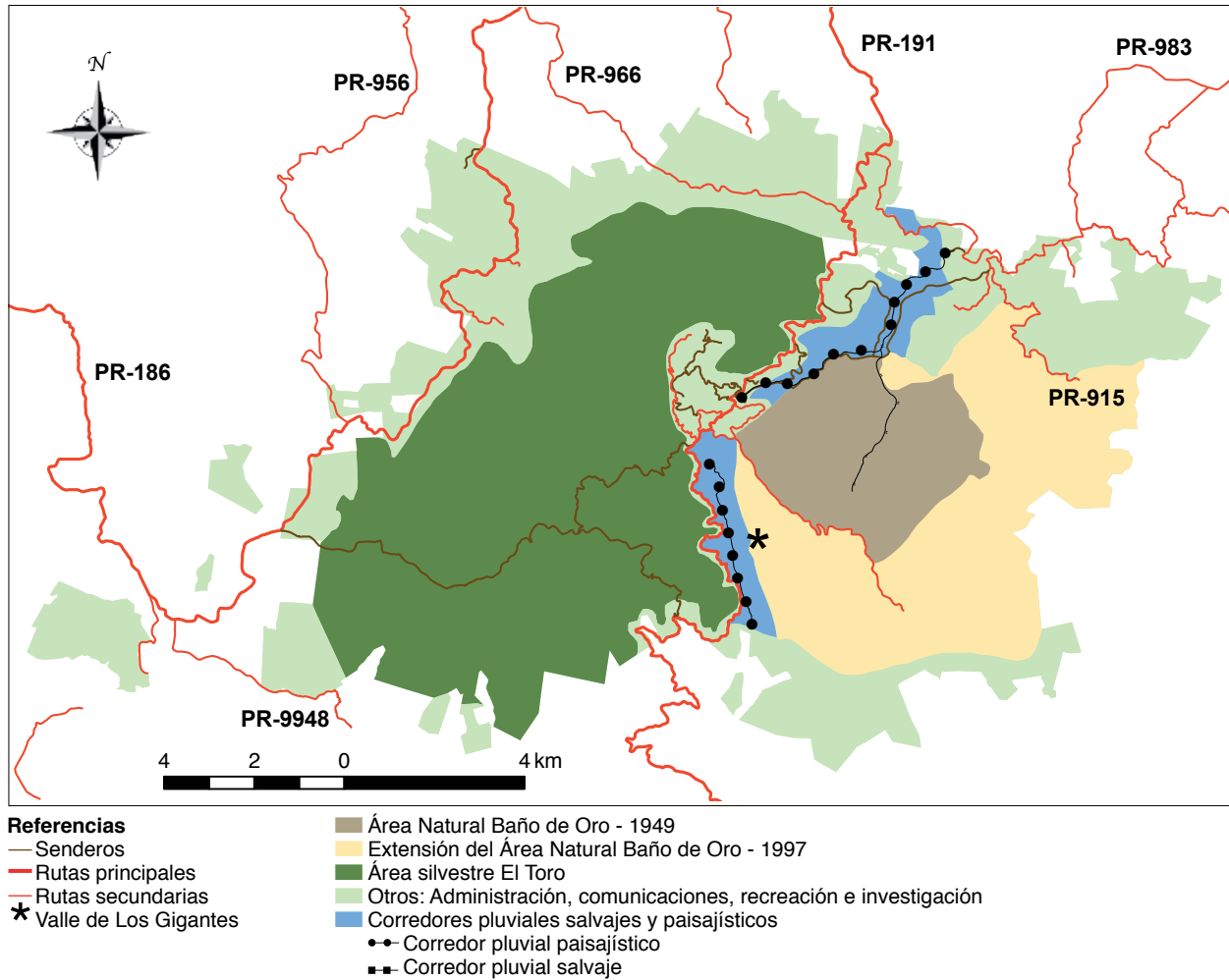


Figura 21: Principales áreas designadas dentro del Bosque Experimental de Luquillo.

Una tercera historia habla de leñadores que pueden distinguir entre dos tipos o razas de árboles *Dacryodes excelsa* antes de talarlos en el campo, tal vez basados en el color de la madera o en los frutos (Francis Y Lowe, 2000; Wadsworth, 2009; consulte las notas finales). Se contaron historias similares sobre otros tipos de madera, principalmente el *Cedrela odorata* y el *Swietenia macrophylla* en América Central y del Sur. Una explicación posible es que los árboles crecen a velocidades diferentes según la topografía (es decir, la disponibilidad del agua y la fertilidad del suelo) y, en consecuencia, varían con respecto a la densidad de la madera y, posiblemente, en otras propiedades también. Es posible que los leñadores expertos puedan detectar algunas de estas propiedades antes de cortar los árboles, o al menos relacionarlas con el paisaje.

Otra historia se relaciona con la creencia generalizada de que cosechar durante determinadas fases lunares supuestamente hace más duraderos los productos de los árboles (Anon., 1952; Brunet, 1929). Esta creencia se probó en el LEF con la palmera *Prestoea montana*, y se demostró que las hojas cosechadas durante la luna llena contenían más cantidades totales de carbono, hemicelulosa y carbono complejo y menores concentraciones de calcio que las hojas cosechadas en otros momentos del ciclo lunar (Vogt et al., 2002). La

conclusión es que las hojas cosechadas durante la luna llena mostraban algunas características químicas que deberían hacerlas menos susceptibles a los insectos herbívoros y más duraderas para su uso. En otro estudio, se cortaron postes para cercas en diferentes momentos y se colocaron en el suelo para determinar si se producía madera más duradera durante la luna menguante (Maldonado, 1962). Después de 4 años, no se determinó ningún efecto significativo. Cuando se les informaron los resultados, los agricultores locales afirmaron que “el estudio no era bueno, ya que no mostraba lo que todos sabían” (Wadsworth, 2009; consulte las notas finales). Un estudio anterior basado en la producción de campos de cultivo concluyó que “la luna es el factor más variable” (May, 1924). En resumen, determinadas características químicas de la madera pueden variar durante los ciclos lunares, pero sus efectos en el uso y la longevidad del producto luego de la cosecha parecen ser una cuestión de opinión.

También hay algunos hechos difíciles de creer. Después de la construcción del dique en el Río Icacos, las primeras mediciones indicaban que la cuenca producía más escorrentía que las lluvias (Crook et al., 2007; Wadsworth, 2009; consulte las notas finales). Se sugirieron algunas explicaciones para ayudar a justificar la anomalía,

incluidas posibles relaciones no lineales entre la cuenca y la escorrentía, la adición de lluvias ocultas (es decir, la intercepción de la humedad de las nubes por parte de la vegetación) o la posible incidencia de lluvias más fuertes apenas a sotavento de los picos y crestas que rodean la parte este de la cuenca. Sin embargo, la causa de la anomalía en el equilibrio del agua continúa siendo una conjetura. También es difícil creer el descubrimiento de la reinita del bosque enano casi medio siglo después de que se conocieran supuestamente todas las especies de pájaros de Puerto Rico (Kepler, 2009). Las comunicaciones con James Bond, un experto en pájaros antillanos en ese momento (Bond, 1971), condujo a la sugerencia de que se recopilaran los especímenes. Fritz Scheider, quien vio el pájaro por primera vez a finales de la década de 1960, no los compiló, pero Cameron y Kay Kepler sí lo hicieron a principios de la década de 1970, lo cual, en última instancia, derivó en la confirmación de una nueva especie (Kepler y Parkes, 1972). Más tarde durante una reunión con Cornell, Scheider le mostró sus notas de campo sobre el plumaje, el comportamiento y el canto a Kepler, quien le preguntó cómo se sentía con respecto al descubrimiento. Scheider respondió con sarcasmo: “Ahora sé cómo se sintió Leif Erickson” (Kepler, 2009).

Otro hecho intrigante (una señal de la época), es que el Servicio Forestal solía arrestar a las vacas por invasión de propiedad. Si bien puede sonar extraño en la actualidad, durante la década de 1930, los guardas forestales llevaban a

las vacas que encontraban pastando en las tierras del bosque nacional a las cárceles municipales, donde las retenían hasta que los propietarios pagaban una multa y las tarifas relacionadas para recuperarlas (Wadsworth, 2009; consulte las notas finales). La invasión de propiedad se consideraba un delito contra los esfuerzos de proteger y administrar los recursos del bosque.

Por último, una promoción turística actual, conocida como “Las 7 nuevas maravillas de la naturaleza” incluye al LEF como uno de los sitios candidatos (Bosque Nacional El Yunque, 2011). En consecuencia, el bosque ha recibido amplia cobertura de los medios locales y muchas primeras visitas de un público curioso. Un dato sorprendente, si bien no es de extrañar, es que el bosque ha sobrevivido hasta el presente, en gran medida intacto, a una serie de presiones humanas a causa de la minería de oro temprana y la colonización. Sin embargo, El Yunque es posiblemente mejor conocido por lo que era antes que por lo que prevalece en la actualidad: para los habitantes originales de la isla, era un lugar venerado, mientras que para los visitantes actuales, es un refugio tranquilo para experimentar la naturaleza. Recientemente, este sentimiento se ha expresado con elocuencia de la siguiente manera: “Para muchos de nosotros, la jornada hacia El Yunque es una forma de peregrinaje, casi religioso, en la que experimentamos el bosque virgen” (Valdés Pizzini et al., 2011). Puerto Rico no tiene otro lugar como El Yunque.

## Capítulo 11. USOS DE SUELO DESIGNADOS

La sierra de Luquillo, con su gradiente de elevación empinado, su topografía altamente disecionada y su clima húmedo, proporciona una variedad de hábitats y una flora diversa. Durante los últimos 60 años, el LEF entero, así como algunas áreas dentro de este, han sido reconocidos por usos particulares o seleccionados para estos (Fig. 20 y 21) (Tabla 2). Estos incluyen el Área Natural de Investigación Baño de Oro en 1949, el bosque completo como reserva biosférica en 1976, los ríos salvajes y escénicos en 2002 y el área silvestre El Toro, en 2005.

### El Área Natural de Investigación Baño de Oro

Las Áreas Naturales de Investigación (Research Natural Areas, RNA) son tramos en los que predominan características y procesos naturales, y que están preservadas para fines científicos y educativos (Comité Federal para las Áreas Naturales de Investigación, 1968). Estas áreas no necesariamente son prístinas; sin embargo, si se las perturba, deben tomarse medidas de protección para restaurarlas a su condición original a través de los procesos naturales (Dyrness et al., 1975). Las RNA sirven como una base para compararlas con las áreas que han sido influenciadas por la actividad humana (Moir, 1972).

La RNA Baño de Oro de 745 ha (Fig. 21) se estableció en 1949, porque contenía lo siguiente (Weaver, 1994):

- Terreno no modificado por la actividad humana, rodeado y protegido por otras propiedades del Servicio Forestal.
- Los cuatro tipos de bosque que forman la sierra de Luquillo (es decir, el bosque montano bajo, un 56 %; el bosque montano, un 18 %; el matorral de palmeras, un 19 %, y el bosque enano, un 7 %).
- La parcela de investigación permanente del bosque montano bajo (es decir, la parcela TR-1 en la cresta de tabonuco) establecida en 1946 a 350 m de altura.
- El hábitat de al menos 40 especies de pájaros, incluidas las poblaciones de la *Amazonia vittata* endémica confinada en ese momento a las laderas de la sierra de Luquillo (Wiley y Bauer, 1985).

Baño de Oro mide 3.55 km de norte a sur, y 4.15 km de este a oeste. El relieve total es de 780 m y varía entre 245 m de altura a lo largo del Río Mameyes, al norte, y 1025 m de altura en el Pico del Oeste, al sur. El área entera, una de las más húmedas del LEF, recibe humedad adicional a través de la intercepción de niebla en las cimas. En 1968, el Baño de Oro estaba enumerado en el directorio nacional de más de 300 RNA (hasta 2007, había más de 430 RNA) reservadas en tierras federales (Comité Federal para las Áreas Naturales de Investigación, 1968; Estación de Investigación del Norte, 2006). En 1997, los planificadores forestales propusieron una expansión de Baño de Oro para que abarque un total de 2580 ha (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura

de los Estados Unidos, 1997a). La adición propuesta está ubicada al sur y al este de la RNA original (Fig. 21).

Durante los últimos 60 años, se implementaron al menos 10 actividades principales de investigación dentro de Baño de Oro o en los límites de esta área (Fig. 9 y 21) (Tabla 7):

- Desde 1946 hasta la actualidad, la parcela permanente TR-1 se ha monitoreado, y se ha proporcionado un registro constante de la estructura forestal, la composición de las especies, el crecimiento de los árboles y la respuesta a los impactos de los huracanes (Weaver, 1998, 2002b).
- Durante mediados de la década de 1960, el personal de Arnold Arboretum llevó a cabo un importante esfuerzo de investigación en el bosque enano, en Pico del Oeste (Howard, 1968; para obtener los detalles, consulte el sitio de investigación de Pico del Oeste).
- Durante las décadas de 1970 y 1980, se colocaron persianas para cotorras en las partes superiores de la cuenca del Mameyes para estudiar a la *Amazona vittata* (Snyder et al., 1987).
- En 1984 y 1985, se hizo un recuento de la diversidad de la fauna vertebrada e invertebrada en cada uno de los tipos de bosque de la RNA (Weaver, 1994; Weaver y Bauer, 1985).
- Durante mediados de la década de 1980, se calcularon alrededor de 70 especies de árboles a través del muestreo de gradientes de la distribución de esas especies según la elevación y la topografía dentro del RNA (Weaver, 1994).
- Durante la década de 1980, se iniciaron los estudios de la rata negra (*Stenoderma rufum* y *Rattus rattus*) (Layton, 1986; Willig y Gannon, 1991; Zwank y Layton, 1989).
- Entre 1989 y 1993, se estudió la fenología del crecimiento del *Cyrilla racemiflora*, incluida la floración, el alargamiento de las ramas, la caída de las hojas y el crecimiento y la diferenciación del xilema en la parte inferior del tallo. Estos eventos estaban relacionados con los patrones estacionales de lluvia y temperatura (Drew, 1998).
- En 1991, la química del suelo y la densidad y biomasa de ocho especies de lombrices examinadas en cada uno de los cuatro tipos de bosque, mostraron patrones diferentes de distribución según los tipos de suelo (Borges y Alfaro, 1997).
- En 2001-2002, se establecieron parcelas en ocho lugares a lo largo de una gradiente elevacional entre las tierras bajas costeras y las cimas del LEF para determinar la estructura y composición forestales. Se situaron ocho sitios dentro de la RNA, cada uno en representación de un tipo de bosque diferente (Gould et al., 2006) (Tabla 7).
- En 2001-2002, se tomaron muestras de tallos de madera en elevaciones de 400 a 900 m en el Baño de Oro. Los datos se analizaron con nuevas herramientas metacomunitarias para revelar los cambios en la comunidad, como los siguientes: límites de distribución de las especies agrupadas cuesta arriba o cuesta abajo; coherencia (es decir, menos espacios), patrones de anidamiento en la distribución de las especies y rotación o cambio en la composición de las especies (Barone et al., 2008) (Tabla 7).

## Reserva biosférica del Bosque Experimental de Luquillo

En 1976, el LEF entero se designó como reserva biosférica, que es un área protegida internacionalmente y administrada para demostrar los valores de conservación (Lugo, 1987; Weaver, 1994). La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) designa las reservas biosféricas según las nominaciones presentadas por los países que participan en el programa El Hombre y la Biosfera (MAB), lanzado en 1971. Hasta el 2011, había 564 reservas biosféricas en 109 países (UNESCO, 2011). Las reservas biosféricas representan la cooperación voluntaria entre las personas con el fin de conservar los recursos para beneficio humano. Las reservas proporcionan una red global para la investigación colaborativa y demuestran el uso sustentable de los recursos. En resumen, las reservas biosféricas (El Hombre y la Biosfera, 1975):

- Conservan los ecosistemas característicos en una de las regiones naturales del mundo.
- Contienen a las personas como un componente integral y se administran para fines que varían entre la protección completa y la producción intensiva y sustentable.
- Sirven como centros regionales de investigación, monitoreo y actividades educativas para los ecosistemas naturales y administrados.
- Sirven como lugares en los cuales las personas, los funcionarios gubernamentales, los científicos y los gerentes locales trabajan en conjunto para desarrollar programas de administración de las tierras que conserven los recursos biológicos (es decir, el suelo, el agua, la flora y la fauna) y los procesos naturales, al tiempo que satisfacen las necesidades humanas.



ARRIBA: La torre El Yunque ofrece una vista de la parte superior del Área Natural de Investigación Baño de Oro (centro, derecha) y las cúpulas de radar de Pico del Este a la distancia. (Fotografía de Peter L. Weaver) ARRIBA, DERECHA: Las cúpulas de radar de Pico del Este, construidas a principios de la década de 1960, con vista al norte de Puerto Rico. (Fotografía de Iván Vicéns)

## Ríos salvajes y paisajísticos

La Ley de Ríos Salvajes y Paisajísticos (2 de octubre de 1968) establece que “ciertos ríos seleccionados de la nación que, con sus ambientes inmediatos, poseen un notable y extraordinario valor paisajístico, recreativo, geológico, de peces y vida silvestre, histórico, cultural u otro similar, deberán preservarse en condiciones de libre circulación, y sus ambientes inmediatos deberán protegerse para el beneficio y disfrute de las generaciones presentes y futuras” (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1983).

En 2002, más de 15 km del río Icacos, el río Mameyes y el río de La Mina, junto con aproximadamente 2800 ha de las áreas de sus cuencas, se designaron como ríos salvajes o paisajísticos (Fig. 9 y 21) (Tabla 2). Estos son los únicos ríos tropicales del Sistema Nacional de Ríos Salvajes y Paisajísticos, que actualmente protege 17 600 km de 166 ríos en 38 estados y Puerto Rico (Servicio de Parques Nacionales, 2005).



El río Icacos se encuentra en la cuenca del río Blanco. El río, que se encuentra sobre una intrusión de diorita de cuarzo de la Era Cenozoica, tiene un lecho arenoso, varias piscinas y enormes peñascos en una elevación inferior (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997b). Los bosques de palmeras ribereñas son comunes. El gradiente del río es menos empinado cerca del nacimiento que en el límite del LEF. El río Mameyes se caracteriza por varios peñascos grandes, saltos y piscinas de agua; además, por debajo de su confluencia con el Río de la Mina, atraviesa canales paisajísticos de alrededor de 1.5 km de longitud. El Mameyes contiene varias especies de peces y camarones, y el único cangrejo de agua dulce del LEF. El Río de la Mina, un afluente del río Mameyes, tiene un paisaje asombroso, incluidos peñascos grandes, rápidos, saltos y pequeñas piscinas de agua. El sendero La Mina parte de las áreas de picnic en una elevación superior y desciende hasta la cascada La Mina, uno de los sitios más atractivos dentro del bosque. La *Amazona vittata* vivía en las tres cuencas en el pasado, que actualmente están habitadas por *Epicrates inornatus* y otras especies de animales y plantas en peligro.

Los segmentos salvajes de los ríos designados se administran sin embalses, y solo pueden valorarse desde los senderos. En general, los segmentos salvajes se administran con las siguientes limitaciones:

- No pueden construirse ni desarrollarse rutas, y los estándares de los senderos deben ser primitivos.
- No pueden utilizarse vehículos motorizados o mecanizados.
- No se puede extraer madera ni realizar desarrollos hídricos o minería.
- No se pueden realizar investigaciones manipulativas.
- No se pueden desarrollar espacios recreativos; la recreación se administra para experiencias primitivas, y se anticipa un uso bajo.

## Área silvestre El Toro

La Ley de Vida Silvestre (3 de septiembre de 1964) establece que: “la tierra silvestre, en contraste con las áreas en las que el hombre y sus obras dominan el paisaje, se reconoce en la presente como un área en la que la tierra y su comunidad de vida no están limitadas por el hombre; donde el hombre es un visitante y no permanece” (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1983). Las 757 áreas silvestres de Estados Unidos ocupan alrededor de 443,500 km<sup>2</sup> y varían en tamaño desde la Isla Pelicano, en Florida, con 2.4 ha hasta Wrangell-Saint Elias, Alaska, con 3,675,577 ha (Wilderness.net, 2011). Si bien son difíciles de definir, las áreas silvestres son atractivas para prácticamente todas las personas (Watson, 2004). Las áreas silvestres proporcionan aire y agua limpios, hábitats naturales para la flora y la fauna, belleza paisajística, aislamiento y beneficios económicos directos para las comunidades cercanas (Dombeck, 1999). En 1999, el Servicio Forestal propuso una agenda de áreas silvestres para aumentar y diversificar

las áreas, además de mejorar los programas de monitoreo, las oportunidades recreativas, la gestión ambiental y la colaboración entre gerentes.

Durante mediados de la década de 1930, en una visita, el director del Servicio Forestal se refirió al área que abarca El Toro como “la hermosa y escarpada área silvestre de la sierra de Luquillo” (Silcox y Kircher, 1936). En la actualidad, El Toro es la única área silvestre tropical del Sistema Forestal Nacional de EE. UU. El Carmen, en México, convertida en reserva dos meses antes, fue la primera área silvestre tropical (Robles Gil, 2006). Si bien ocupa solo 4050 ha y es en promedio 15 veces más pequeña que otras áreas silvestres de EE. UU., El Toro:

- Cubre el 36 % del LEF, por lo que es proporcionalmente grande.
- Se extiende a 370 m de altura en la Quebrada Grande, a lo largo del límite norte del bosque, a 1074 m del Pico El Toro, y la atraviesa un sendero, pero ninguna ruta.
- Abarca el bloque más grande de vegetación virgen de Puerto Rico, y está ampliamente protegida por el LEF.
- Se encuentra en un área de bosques muy húmedos tropicales y contiene el nacimiento de 10 ríos que proveen de agua prístina a las comunidades circundantes.
- Contiene cuatro tipos de bosque y una enorme cantidad de especies de árboles, helechos, orquídeas y plantas y animales extraños. Entre las poblaciones endémicas, se encuentran la *Amazona vittata* y la *Dendroica angelae*.
- Está 40 km al este de San Juan, y se encuentra rodeada de pueblos y suburbios, lo cual proporciona un gradiente empinado entre los paisajes poblados y el total aislamiento (Fig. 1).

El Toro tiene una larga historia de investigaciones que comenzó hace más de 60 años, antes de que el área silvestre se declarara oficialmente como tal (Fig. 13 y 21) (Tabla 7):

- Parcelas permanentes: entre 1946 y 1981, se monitorearon los cambios en la estructura del bosque, la composición de las especies y el crecimiento de los árboles en siete parcelas permanentes del bosque, en un total de 2.8 ha entre los bosques montano bajo, montano y de matorrales de palmeras, con elevaciones que iban de los 570 m hasta aproximadamente los 900 m (Weaver, 2011) (Tabla 7).
- Distribuciones de DAP: se estudiaron las distribuciones de DAP en una parcela permanente de bosque montano bajo durante un período de 30 años con un modelo matriz (Wadsworth, 1977).
- Muestra de gradiente: se estudió la variación en la estructura del bosque y la composición de las especies según la elevación y la topografía en 48 parcelas temporarias dentro del área silvestre, donde se registraron 5105 árboles y 89 especies en solo 2.25 ha (Weaver, 1991, 2011).
- Bosque de palmeras ribereñas: se describieron la estructura del bosque, la composición de las especies, los ciclos ecológicos y los impactos de los huracanes en una pequeña parcela de palmeras ribereñas a 750 m de altura (Frangi y Lugo, 1985, 1991, 1998).

## Permisos para uso especial

Durante principios de la década de 1990, se emitieron alrededor de 80 permisos de uso especial en el LEF: 7 para actividades electrónicas y de comunicaciones; 24 para proveedores y guías; 15 para suministro de agua; 3 para cabañas de verano; 11 para investigación, incluida la estación de campo El Verde; 6 para derecho de acceso a las rutas; 3 para campamentos de organizaciones, incluido el campamento de niñas exploradoras Eliza Colberg y 11 para otras actividades (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1991; consulte las notas finales; 1997b, 2008). En comparación, durante el año fiscal 2006, se emitieron 97 permisos de uso especial. Entre los permisos a largo plazo se incluyen los siguientes: 29 para proveedores y guías; 20 para investigación; 7 para instalaciones de comunicación; 4 para residencias recreativas; 2 para desvío y tuberías de agua; 1 para un campamento de organización; 1 para derecho de paso para ruta; 1 para una línea de transmisión eléctrica y 1 para una concesión de servicio de alimentos (Bosque Nacional El Yunque, 2010). Entre los permisos temporarios se incluyen los siguientes: 3 para investigación; 14 para filmaciones y fotografía y 14 para eventos recreativos y grupales. Además, se estaba evaluando la renovación de los permisos de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico para los sistemas de almacenamiento y desvío de agua. Si bien los campamentos no se consideran un uso especial, también requieren de un permiso.

Se designaron cerca de 13 ha de tierra, anteriormente cubiertas por el bosque enano, para sitios de actividades electrónicas y de comunicación en la parte superior de

El Yunque y Pico del Este. El gobierno y las entidades privadas utilizan el área de El Yunque, que estaba ocupada en un principio por el Ejército de EE. UU. durante la Segunda Guerra Mundial; y el gobierno federal, incluida la FAA, utiliza el sitio de Pico del Este. Las cabañas de verano están ubicadas a lo largo de las rutas PR 9938 y 930. Una estructura que se utilizaba anteriormente como cabaña de verano sirve como una estación de campo para el Departamento de Biología de la Universidad de Puerto Rico.

Los permisos de uso anteriores se emitían para una variedad de actividades, incluido el uso para anteriores concesiones españolas sobre los tramos Arroyo y Sandoval, el corte de leña, la agricultura y la agrosilvicultura de subsistencia, las carreteras públicas, la detección de arboricidas aéreos y la explotación de minerales (Wadsworth, 2009; consulte las notas finales). En contraste con los permisos otorgados, se rechazaron varias solicitudes formales que se consideraron incoherentes con la administración sustentable de un bosque público. Entre las principales propuestas rechazadas, estaban la de un complejo hotelero a lo largo de la ruta PR 191; un tranvía aéreo desde la costa hasta El Yunque; una “jungla de cotorras” como atracción turística en el área de recreación de La Mina, más torres de comunicación cerca de El Yunque y alrededor de 249 cabañas de verano sobre el área de recreación de La Mina (Huffaker, 1989; consulte las notas finales; Wadsworth, 2009; consulte las notas finales).



ARRIBA: Las principales torres de comunicación de la isla se construyeron en 1940 y se consolidaron a principios de la década de 1980, y están situadas a aproximadamente 1000 m de elevación a lo largo de la carretera que va hacia el Pico El Yunque. (Fotografía de Iván Vicéns) ARRIBA, DERECHA: El campo para niñas exploradoras Eliza Colberg, dedicado en 1950, ha proporcionado un centro de capacitación al aire libre para las generaciones de jóvenes. (Fotografía de Peter L. Weaver)

## Capítulo 12. PRINCIPALES SITIOS DE INVESTIGACIÓN EN EL BOSQUE

Se han utilizado varios sitios en algún u otro momento para realizar actividades de investigación dentro del LEF. Existen parcelas permanentes en todos los tipos de bosque (Tabla 7). Sin embargo, los estudios ecológicos están concentrados en las ubicaciones del bosque montano bajo, como Bisley y El Verde, en los bosques de palmeras ribereñas en la parte superior del nacimiento del Espíritu Santo y en el bosque enano en Pico del Este. Si bien se sabe mucho sobre ciertas áreas, no hay estudios detallados de la flora y la fauna en los nacimientos superiores que se encuentran al norte, al este y al sur del FS-27 (Fig. 5). Podrían existir especies salvajes desconocidas, similares a la rana reportada hace 50 años (Rivero, 1963). Por ejemplo, las orquídeas raras a veces están confinadas a áreas relativamente pequeñas; en ocasiones, al pico de una sola montaña (Kasomenakis, 1988).

### Estudios ecológicos en El Verde

Luego de comprar la tierra en la década de 1930, el Servicio Forestal construyó la Estación de Campo El Verde para proporcionar al personal de investigación el primer centro permanente del bosque en cual se podía pasar la noche (Fig. 13) (Apéndice A). Las instalaciones de laboratorio se agregaron, renovaron y expandieron en las décadas de 1960 y 1970, y en 2005 se construyó un dormitorio. Durante la década de 1980, se construyó en las cercanías una pasarela aérea para acceder al dosel arbóreo y una torre permanente para subir caminando con equipos de monitoreo. Los datos del tiempo del dosel arbóreo, que actualmente se monitorean desde la torre de 22 m, se almacenan en un registrador de

datos y luego se envían a Estación de Campo El Verde. Se miden dos ríos cercanos; uno del cual se ocupa el personal de la estación y otro del cual se encarga el Servicio Geológico de EE. UU (Fig. 9) Las descargas de los ríos también se monitorean y almacenan en un registrador de datos.

Entre 1943 y 1946, se iniciaron la recolección de plantas para el herbario del Instituto, los estudios de campo sobre las especies de madera y el establecimiento de parcelas permanentes cerca de la Estación de Campo El Verde (Tabla 7). En la década de 1950, se llevaron a cabo monitoreos de las parcelas e investigaciones limitadas. El siguiente esfuerzo importante se realizó entre 1961 y 1967, cuando se propusieron explosiones nucleares subterráneas controladas para excavar un canal sobre el nivel del mar en Panamá (Mowbray, 2008). Los investigadores del Centro Nuclear de la Universidad de Puerto Rico en Río Piedras establecieron estudios para determinar el funcionamiento del bosque montano bajo antes, durante y después de las radiaciones gamma (Odum y Pigeon, 1970). Se seleccionó el LEF porque era el único bosque nacional



ARRIBA: La primera parcela a largo plazo del Instituto de 0.72 ha se estableció sobre la casa de campo de El Verde, en 1943. Observe la persona junto a la gran *Dacryodes excelsa* al centro y a la izquierda de la fotografía. (Fotografía de Iván Vicéns) ARRIBA, DERECHA: La Estación de Campo El Verde funcionó como el centro de investigación para el proyecto del bosque tropical durante la década de 1960. En la actualidad, es un sitio de investigación ecológica a largo plazo de la Fundación Nacional de Ciencias (NSF y LTER). El edificio en el fondo data de 1937, cuando lo utilizaba el personal forestal durante los estudios de campo. (Fotografía de Peter L. Weaver)

de propiedad del estado con vegetación tropical. El estudio se organizó en El Verde y se concentró en las poblaciones de plantas y animales, los ciclos minerales, el metabolismo y el flujo de energía dentro del ecosistema, de la siguiente manera:

- **Capítulo A:** módulos de circuitos de energía, ecología de los sistemas y estrés por radiación.
- **Capítulo B:** investigaciones anteriores; clima, diversidad de las especies de plantas, estructura y distribución del rodal; fotografía aérea; geometría y ensamblaje de las plantas; claves de identificación de las plantas leñosas y estudios autoecológicos; análisis de polen; efectos de los herbicidas; asociaciones de los bosques tropicales y otros bosques del Caribe.
- **Capítulo C:** experimento de radiación y fuente de cesio; dosimetría, patrones de exposición y un modelo de respuesta a la radiación.
- **Capítulo D:** efectos de la radiación en las especies de plantas; fenología de los árboles y fotografías hemisféricas del dosel arbóreo.
- **Capítulo E:** efectos de la radiación en los animales y estudios sobre los mamíferos, la biodiversidad, las ranas y los insectos del bosque.
- **Capítulos F y G:** efectos de la radiación en los microorganismos y estudios citológicos.
- **Capítulo H:** ciclos de los minerales en los suelos; biomasa y contenidos químicos del bosque; hojarasca; cantidad de hidrógeno; desplazamiento del tritio; ciclo del fósforo; conductividad eléctrica y tasas de flujo de agua de la tierra; variación estomatal; lixiviación foliar de metabolitos; micorriza; mixomixetos; lluvia radiactiva y epífitas y los esfuerzos de la radiación ionizante en la caída de las hojas y los organismos del suelo.
- **Capítulo I:** metabolismo del bosque y flujos de energía; organismos del suelo del bosque; insectos herbívoros, termitas y caracoles; fotosíntesis; metabolismo y evapotranspiración del bosque y sistema ecológico de El Verde.

Si bien el proyecto se enfocaba principalmente en la radiación, muchos de los estudios de las parcelas de control y de otras áreas proporcionaron mucha información sobre la estructura y el funcionamiento del bosque tropical.

Durante la década de 1970, la División de Ecología Terrestre del Centro para la Investigación Energética y Ambiental de la Universidad de Puerto Rico continuó con los estudios sobre los ciclos de nutrientes y el flujo de energía en El Verde. Entre 1980 y 1987, el Proyecto sobre Ciclos y Transporte del Bosque Tropical se dedicó a las redes alimentarias terrestres y acuáticas. Después de una década de observaciones, los participantes resumieron sus conclusiones en la abundancia, los hábitos alimenticios y los roles ecológicos de los vertebrados e invertebrados (Reagan y Waide, 1996). Después del huracán Hugo en 1989, las investigaciones en El Verde se concentraron en la recuperación post tormenta (Walker *et al.*, 1991, 1996) (Tabla 6). Las investigaciones relacionadas con el clima, la flora, la fauna o los ciclos minerales se resumieron en documentos del proyecto, informes y tesis de investigación o publicaciones científicas en revistas especializadas.

Desde mediados de la década de 1950, la Estación de Campo El Verde ha sido utilizada por profesionales forestales, científicos,

estudiantes y maestros para programas educativos. En la década de 1950, participantes de todo el mundo visitaron el lugar durante los cursos cortos de silvicultura tropical (Anon., 1954; Barres, 1963; Lamb, 1959, Wadsworth *et al.*, 1955). A principios de la década de 1960, los profesores y estudiantes de los cursos de verano de las universidades de EE. UU. utilizaban la estación de campo. Recientemente, estudiantes voluntarios han colaborado en la recopilación de datos como pasantes de verano o como participantes en programas de investigación, excursiones y talleres universitarios. También se realizaron talleres para maestros de K-12 (es decir, del jardín de infantes al 12.º grado) en El Verde y en el campamento de niñas exploradoras Eliza Colberg (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 2009).

## Parcela Dinámica del Bosque Luquillo (LFDP) en El Verde

La LFDP, establecida en 1990 bajo el auspicio del LTER, abarca 16 ha (500 x 320 m) cerca de la Estación de Campo El Verde (Personal de estudio de suelos, 1995) (Fig. 13). La parcela, ubicada a una altura de entre 333 y 428 m, ha estado cubierta por el bosque desde la década de 1930 (Brokaw *et al.*, 2004; Thompson *et al.*, 2002, 2004). Alrededor de un tercio se utilizó para la tala de árboles, y un 7 % se cultivó. En el resto se había talado en diferentes grados y se habían plantado árboles parcialmente para proveer sombra a los árboles de café y frutales (Thompson *et al.*, 2007). En la década de 1960, se talaron completamente alrededor de 320 m<sup>2</sup> como parte de un trabajo experimental (Odum y Pigeon, 1970). En la actualidad, la parcela es parte de una red de parcelas del bosque tropical administradas por el Centro de Ciencia Forestal Tropical. Un estudio del suelo de Orden 1 realizado en la parcela demostró que los suelos de las tierras altas componen un 95 % del total, y van de inclinaciones ligeras a empinadas (Personal de estudio de suelos, 1995). El resto de los suelos, característicos de los canales de los ríos, variaban entre inclinaciones ligeras a moderadas. En ciertas áreas, las actividades relativas al uso de carbón en el pasado eran evidentes. La LFDP y varias parcelas grandes similares de otras áreas son necesarias para lo siguiente:

- Incluir una cantidad suficiente de especies comunes y raras a fin de evaluar los cambios en la población.
- Determinar las relaciones espaciales típicas entre las plantas.
- Monitorear las poblaciones de plantas para descubrir las características de su historia de vida.
- Determinar la respuesta del bosque ante las perturbaciones como caída de árboles, desprendimientos y huracanes, así como los cambios ambientales a largo plazo asociados con fenómenos globales (Zimmerman *et al.*, 1994).

El Instituto para el Estudio de Ecosistemas Tropicales (ITES), una unidad de la Facultad de Ciencias Naturales del campus Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico, está actualmente realizando una investigación en la Estación de Campo El Verde y en otras áreas del LEF. La investigación está concentrada en estudios ecológicos a largo plazo, pertinentes para la administración de los ecosistemas naturales. Estas son las áreas de estudio específicas (Instituto para el Estudio de Ecosistemas Tropicales, 2011):

- Biología de la población, estructura de la comunidad y efectos de las perturbaciones en los bosques tropicales.
- Propiedades de los aerosoles atmosféricos y sus efectos en las nubes y el clima en Pico del Este.
- Evolución de las características de la flora y los efectos de las plantas invasivas en la estructura de la comunidad.
- Propiedades de las aguas tierra adentro, el metabolismo de los ríos, la bioquímica, la hidrología y la calidad del agua.
- Insectos acuáticos, su taxonomía, sus aspectos sistemáticos y el rol que tienen en los ecosistemas del bosque.
- Análisis de imágenes satelitales y uso de sistemas de información geográfica para la caracterización del hábitat.
- Procesos del suelo y fauna y los efectos de las perturbaciones naturales y humanas en los suelos.
- Crecimiento de la vegetación y cambios en la Parcela Dinámica del Bosque Luquillo (LFDP).
- Experimento de poda del dosel arbóreo, que involucra la modificación estructural de los árboles, las cargas de desechos variables en el suelo del bosque y la regeneración.

Se realizó un estudio reciente en la LFDP para determinar el destino de 12 especies de árboles plantados después de los huracanes Hugo y Georges (Thompson *et al.*, 2007). Las especies eran las siguientes: *Citrus paradise Macfadyen*, *Mangifera indica*, *Musa sp.*, *Simarouba glauca* DC., *Artocarpus altilis*, *Calophyllum calaba*, *Genipa americana* L., *Hibiscus pernambucensis*, *Swietenia macrophylla*, *Syzygium jambos*, *Spathodea campanulata* y *Coffea arabica*. Las primeras cuatro especies continuaron relativamente estables a lo largo del tiempo, y las siguientes seis especies primero se redujeron y luego aumentaron. La *Spathodea campanulata* aumentó gradualmente y la *Coffea arabica* se redujo. La *Swietenia macrophylla* y la *Syzygium jambos* fueron las únicas especies que aumentaron debajo de la sombra. Las tasas de recuperación, mortalidad y crecimiento de todas las especies introducidas indicaron que tenían probabilidades de persistir durante un tiempo y, en el caso de que los huracanes se produjeran con mayor frecuencia, su población podría aumentar.

El experimento de poda del dosel arbóreo, con la protección de las parcelas circundantes, se estableció en un área mayor que 1 ha de tierra. Los diferentes tratamientos alcanzaron un total de casi 0.50 ha de dosel arbóreo podado (Richardson *et al.*, 2010; Shields *et al.*, 2010). La manipulación del rodal aumentó los niveles de luz, la caída directa y la humedad total, pero disminuyó la humedad de la hojarasca. La densidad de plántulas, el crecimiento interno y la mortalidad se vieron afectados a medida que las especies *Cecropia schreberiana* y *Psychotria berteriana* aumentaron rápidamente en abundancia. El corto intervalo de apertura del dosel arbóreo y su influencia en la regeneración de árboles pioneros fue el factor principal que impulsó la recuperación a corto plazo. La apertura del dosel arbóreo también fue el factor principal determinante que afectó de manera negativa la diversidad y la biomasa de las comunidades de invertebrados dentro de los lechos del bosque. La deposición de escombros tuvo un papel secundario. Los efectos de la perturbación en algunos taxones de invertebrados aún eran evidentes después de 19 meses cuando terminó el experimento.

## Investigación ecológica a largo plazo (LTER) en Bisley

En 1980, la organización NSF estableció el programa LTER para brindarles a los científicos, los responsables de la formulación de políticas y la sociedad en general una red de

sitios que proporcionaría conocimientos para la conservación y gestión de los ecosistemas del país, especialmente en lo que respecta al mantenimiento de su biodiversidad y sus beneficios sociales. Los 26 sitios seleccionados incluyen diversos ecosistemas e investigadores con una misión común. El programa LTER Luquillo se autorizó en 1985 para explorar la estructura, la dinámica y el papel de la perturbación de los bosques tropicales (Scatena, 1989). Parte del programa se estableció en las cuencas experimentales de Bisley, situadas cerca de Sabana, en la zona noreste del LEF (Fig. 13). La altura de ambas cuencas oscila entre 265 m y 455 m (Scatena, 1989; Scatena y Lugo 1995). Los suelos están clasificados como arcillosos, muy lixiviados y ultisoles muy erosionados. La tala y la siembra de cultivos de subsistencia, como el café,



Desde 1985, las cuencas de Bisley han sido un centro de investigación ecológica a largo plazo de la Fundación Nacional de Ciencias (NSF y LTER) en relación con el clima, los recursos hídricos (es decir, cantidad, calidad y régimen del agua), el ciclo de los nutrientes, la flora y la fauna, entre otros temas. (Fotografía de Peter L. Weaver)



El muestreo de biomasa se llevó a cabo varias veces en diferentes partes del Bosque Experimental de Luquillo, incluidos Bisley, El Verde, Pico del Este, y esta área de caobas plantadas en línea cerca del Río Chiquito. (Fotografía de Peter L. Weaver)

las bananas y el arroz de secano, se produjeron entre 1830 y 1890. A principios de la década de 1930, el Servicio Forestal compró los tramos (Zimmerman *et al.*, 1995). Posteriormente, se abandonó la agricultura y las tierras de cultivo volvieron a ser bosque secundario. Se plantaron *Khaya nyasica* y *Swietenia macrophylla* en huecos y aberturas. Después de 50 años, el resultado neto de las actividades humanas fue un aumento de *Guarea guidonia*, *Inga laurina* e *I. vera*, todas ellas utilizadas anteriormente como sombra de café, y la presencia de especies de madera exóticas. En resumen, “aunque los drenajes experimentales nunca se despejaron por completo ni se alteraron de manera significativa, se los ha talado, pescado y probablemente explotado de forma selectiva para la extracción de minerales de placer” (Scatena, 1989).

Gran parte de la investigación inicial se centró en el trabajo introductorio y las respuestas de los ecosistemas al huracán Hugo, como se indica a continuación:

- Fisiografía e historia de las cuencas hidrográficas y los efectos de la actividad humana en la estructura y composición del bosque (García Montiel y Scatena, 1994; Scatena, 1989).
- Monitoreo del clima y de las descargas de agua (Scatena, 1990).
- El huracán afecta la regeneración de las especies arbóreas, la biomasa, la hojarasca y el contenido de nutrientes (Chinea, 1999; Lodge *et al.*, 1991; Scatena *et al.*, 1995).
- Flora, con una lista de plantas anotadas con 102 familias de plantas, 255 géneros y 336 especies de árboles, plantas herbáceas, vides y lianas (Chinea *et al.*, 1993; Rice *et al.*, 2004).
- Vida silvestre, incluidos peces de agua dulce, ranas y caracoles (Nieves, 1998).
- Biomasa y ciclo de los nutrientes, incluida la variabilidad espacial de los nutrientes, los factores que controlan su disponibilidad para la vegetación y su distribución en el suelo y las plantas (Scatena, 1998a; Scatena *et al.*, 1993).

Desde 1986, los investigadores de LTER han escrito más de 800 resúmenes, trabajos de investigación, tesis y disertaciones (Almanac, 2009) (LUQ LTER, 2011). Hoy, los colaboradores del programa están explorando lo siguiente:

- Los efectos climáticos sobre la calidad de la hojarasca y la regulación de la descomposición.
- La respuesta de las redes alimentarias terrestres y acuáticas a los pulsos detriticos.
- El impacto de las perturbaciones en el ciclo de los nutrientes, las comunidades vegetales y la acumulación de materia orgánica.
- Las relaciones de exportación de carbono en las cuencas hidrográficas y su asociación con las características del suelo y la dinámica detritica.
- Los efectos de los cambios climáticos sobre un gradiente de elevación en las comunidades detritívoras y su retroalimentación sobre las entradas de basura y la descomposición.
- La dinámica de zonas críticas, un proyecto financiado recientemente, para abordar la forma en que los procesos, el flujo y la transformación de materiales difieren en paisajes con cimientos rocosos diferentes, pero con climas, usos del suelo e historias geológicas similares.

## Bosque de palmeras ribereñas

En 1980, se inició la investigación de palmeras ribereñas en una parcela de 0.25 ha ubicada a 750 m en las cabeceras del Río Espíritu Santo (Frangi y Lugo, 1985, 1991, 1998). Los estudios revelaron lo siguiente:

- En la parcela, crecieron unos 765 tallos de más de 1 cm de DAP de 27 especies de árboles.

- *Prestoea montana* representaba el 40 % de los tallos registrados.
- Alrededor del 68 % de la biomasa vegetal estaba en la madera; el 10 %, en las hojas; y el 22 %, en las raíces.
- Detalles sobre los ciclos del carbono, del fósforo y del agua (es decir, lluvia, lluvia directa, flujo del tallo, intercepción, escorrentía, transpiración y evapotranspiración).

Se sugirió que las inundaciones periódicas, la mala aireación del suelo, las lluvias anuales fuertes y los bajos déficits de presión de saturación atmosférica son los factores que controlan el crecimiento de la palmera. Después del huracán Hugo, en la parcela de palmeras, protegida por su posición topográfica, se registró solo un 1 % de mortalidad de árboles. Alrededor del 30 % de los árboles habían sufrido impactos notables, principalmente en el dosel arbóreo, y el 10 % de la biomasa sobre el suelo se había transferido al suelo del bosque. Los cambios en la necromasa (es decir, el peso de los organismos muertos) y los nutrientes en el suelo forestal también se resumieron para un período de 20 años (Lugo y Frangi, 2003). Punto de interés: la parcela de palmeras ribereñas incluía una porción de la parcela permanente CV-1, que se estableció junto con otras parcelas permanentes en 1946 (Fig. 13) (Tabla 7).

## Bosque enano Pico del Oeste

A partir de mediados de la década de 1960, se realizaron investigaciones en el bosque enano Pico del Oeste para responder a preguntas sobre la composición de las especies vegetales, sus condiciones de crecimiento y sus adaptaciones para la supervivencia en el ambiente de la cumbre (Howard, 1968, 1970a). Entre 1968 y 1977, la revista *Journal of the Arnold Arboretum* publicó 17 artículos sobre los siguientes temas:

- Una introducción y revisión de los hábitats del bosque nuboso, una lista de la flora vascular encontrada en Pico del Oeste y su distribución geográfica, y observaciones sobre el crecimiento y la forma del tallo y sobre la estructura, el daño y la herbivoría de las hojas (Howard, 1968, 1969).
- El microclima de la cumbre, que incluye lluvia, temperatura, humedad relativa, insolación solar e intercepción de humedad de las nubes (Baynton, 1968, 1969).
- Tasas de transpiración (Gates, 1969), número de cromosomas en plantas con flores (Nevling, 1970a), estudios químicos de hojas coloreadas (Wagner *et al.*, 1969) y análisis fitoquímicos (Persinos *et al.*, 1970).
- Raíces aéreas (Gill, 1969) y relaciones entre suelos, raíces y lombrices de tierra (Lyford, 1969).
- Numerosos estudios de plantas, que incluyen dos especies de *Marcgravia* (Howard, 1970b), una nueva especie de *Gonocalyx* (Nevling, 1970b), vegetación epífita musgosa (Russell y Miller, 1977), hepáticas frondosas (Fulford *et al.*, 1970, 1971) y algas (Foerster, 1971).
- Los ciclos de floración y fructificación del bosque enano y una interpretación de la estacionalidad (es decir, períodos húmedos y secos) en un entorno de muchas lluvias (Nevling, 1971).

La flora vascular de Pico del Oeste contaba con 85 especies, incluidas 40 dicotiledóneas (22 endémicas de Puerto Rico), 14 monocotiledóneas (2 endémicas) y 31 helechos (3 endémicos) (Howard, 1969). Pico del Oeste contenía 62 de las 156 hepáticas frondosas contadas dentro del LEF. También se encontraron 18 musgos epífitos y 129 especies de algas epífitas.

Las fuertes lluvias, la alta incidencia de niebla, la intercepción de la humedad de las nubes y la atenuación de la radiación solar se consideraron características climáticas inusuales en Pico del Oeste (Baynton, 1968, 1969), lo que llevó a un observador a sugerir que el bosque enano era una “gran unidad cultural natural” (Foerster, 1971, página 107). Se consideró que la lixiviación del suelo podía contribuir a reducir la estatura de los árboles, mientras que el viento, aunque era persistente, no lo hacía.

## Bosque enano Pico del Este

La investigación cerca de Pico del Este, a unos 1.5 km de distancia de Pico del Oeste, comenzó en 1968 y ha abarcado tres temas principales:

- La intercepción de humedad de las nubes (es decir, deposición de niebla) por la vegetación en sitios de barlovento, cresta y sotavento entre 1968 y 1969 (Weaver, 1972).
- El monitoreo de la recuperación de bosques enanos después de un accidente aéreo en 1968 (Byer y Weaver, 1977; Weaver, 1990, 2000b, 2008; Weaver *et al.*, 1973).
- El monitoreo de la recuperación posterior al huracán Hugo después de 1990 en seis pequeñas parcelas, dos en cada cresta, ladera y quebrada (Weaver, 2000a, 2008).

El estudio de humedad de las nubes reveló que el agua de nubes interceptada agregaba alrededor del 10 % al balance anual de humedad de los suelos de bosques enanos y destacó la importancia de la vegetación de las cumbres en el balance hídrico del LEF. El monitoreo continuo en la parcela del accidente aéreo y en las pequeñas parcelas cercanas a Pico del Este mostró que el crecimiento y la recuperación de los árboles forestales enanos a partir de las perturbaciones del pasado fueron muy lentos. Además, el monitoreo indicó que la mortalidad retardada continuó durante varios años después del paso del huracán Hugo.

En 1968, gran parte del sendero de 2 m de ancho que conducía a un sitio ubicado a unos 0.5 km de los restos del avión se encontraba bajo el dosel arbóreo del bosque enano. Sin embargo, el césped y los helechos dominaban dos áreas expuestas. Estos parches, aún evidentes 40 años después, ahora contienen plantones de árboles y pequeños retoños dispersos. Para el año 2000, después de los huracanes Hugo y Georges, la mayoría de los árboles que daban sombra al sendero habían perecido, por lo que gran parte del área quedó cubierta de matorrales de tallos regenerados. Hace casi un siglo, se sugirió que los huracanes eran un factor en la ocurrencia de bosques enanos cuando se encontró el pico La Mina despojado de vegetación (Murphy, 1916; Wadsworth, 1970).

## Capítulo 13. PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN FORESTAL

Los bosques de Puerto Rico disminuyeron drásticamente de una cobertura casi completa en el momento del descubrimiento europeo a, aproximadamente, el 6 % de bosques a principios de la década de 1940 (Birdsey y Weaver, 1982, Wadsworth, 1970). Las pequeñas áreas de bosque que sobrevivieron intactas se encontraban en las elevaciones más altas. En el caso del LEF, la mayor parte de los bosques montanos, del matorral de palmeras y de los bosques enanos sobrevivieron junto con áreas más aisladas de bosque montano bajo.

Para el año 2000, la población combinada del área metropolitana del gran San Juan y de las ciudades más grandes que rodean las montañas de Luquillo ascendía casi a 1.6 millones de habitantes, es decir, más del 40 % de la población de la isla (CEEPUR, 2009) (Fig. 1). Los diferentes tipos de bosques, las vistas atractivas, los abundantes recursos hídricos y el clima fresco, especialmente cerca de las cimas, hacen del LEF un gran refugio muy bien ubicado, donde los visitantes pueden entrever el pasado de la isla antes de los asentamientos humanos y los grandes cambios en el medio ambiente.

Un estudio de las más de 75,800 ha en ocho municipios que rodean el LEF durante la década de 1990 demostró que el 54 % de estas estaba clasificado como agricultura; el 26 %, como bosque; el 13 %, como desarrollado o disponible para el desarrollo; y el 7 %, como protegido (Lugo *et al.*, 2000). Las tierras de la zona estaban experimentando dos tendencias principales: un aumento en el desarrollo urbano y suburbano, y una disminución en la agricultura y los pastizales acompañado de un aumento en la regeneración de los bosques (Ramos González, 2001). En 1983, la Junta de Planificación de Puerto Rico sugirió una zona de amortiguamiento alrededor del LEF para promover su conservación, lo cual se enmendó luego en 1991. Sin embargo, el desarrollo continuó en violación de las normas sugeridas (Lugo *et al.*, 2000, 2004). El desarrollo continuo cerca de la frontera, junto con los efectos inciertos del cambio global, puede hacer que el LEF sea más cálido y seco en el futuro (Crook *et al.*, 2007, Scatena, 1998b). También podría haber una alteración del ciclo hidrológico, lo que afectaría la disponibilidad de agua para los procesos ecológicos y las actividades humanas. Además, algunos modelos globales prevén que los huracanes pueden volverse más intensos y frecuentes. Estos fenómenos podrían tener un impacto dramático en los bosques del LEF, lo que causaría migraciones o pérdidas de flora y fauna, así como cambios en la abundancia y distribución de las especies arbóreas; esto favorecería a las especies secundarias con menor tiempo de vida a expensas de las especies primarias (Connell, 1978; Scatena, 1998b). Varias especies de ranas ya se han reducido o han desaparecido (Joglar, 1998). El aumento de las temperaturas, especialmente durante los meses de verano, también podría afectar negativamente a los lagartos que, por lo general, están activos a bajas temperaturas corporales, como los que viven en los bosques tropicales de tierras bajas (Huey *et al.*, 2008).

Como parte del Sistema Forestal Nacional, la gestión del LEF debe cumplir con las principales leyes relacionadas con las

actividades del Servicio Forestal, como la Ley de Rendimiento Sostenido de Uso Múltiple de 1960 y la Ley Nacional de Gestión Forestal de 1976 (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1983). En 1992, el Servicio Forestal adoptó una nueva filosofía operativa llamada gestión de ecosistemas con el objetivo de lograr una visión ecológicamente equilibrada de sus responsabilidades (Wellock, 2010). A partir de la controversia del búho manchado del norte, el Servicio Forestal delineó cuatro principios clave para el manejo exitoso de la tierra: (1) sostenibilidad; (2) participación pública a través de comentarios y colaboradores; (3) integración con enfoques interdisciplinarios y (4) colaboración entre todas las partes interesadas.

Puerto Rico es una isla, no un continente, y el LEF es un pequeño paisaje montañoso ubicado en la esquina noreste de esa isla. Algunos “usos múltiples” que son sostenibles en bosques nacionales más grandes pueden ser incompatibles en el LEF. Se han sugerido modificaciones relacionadas con la gestión del LEF basadas en el clima, la cría de cotorras, las migraciones de organismos acuáticos y el uso estacional de sitios de recreación (Scatena, 2002). Algunas sugerencias relacionadas con la vida silvestre (por ejemplo, respecto de la cotorra puertorriqueña) ya se están implementando; otras relacionadas con la fauna de los arroyos, el uso del agua y la recreación podrían aplicarse en el futuro.

Como parte del proceso de planificación, el Servicio Forestal solicitó comentarios sobre las alternativas de gestión para la versión preliminar del plan de gestión forestal. Los comentarios públicos fueron presentados por 23 personas, 16 agencias gubernamentales federales y del Estado Libre Asociado y 14 organizaciones. El público consideró los siguientes temas, clasificados tentativamente según el número de respuestas, como cuestiones forestales importantes (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997b, páginas H-1 a H-142):

- Extracción de madera: en su mayor parte, el público se mostró en contra, con unos pocos participantes que sugirieron restricciones o cambios de sitio antes de la implementación.
- Bosque primario, áreas silvestres, ríos salvajes y paisajísticos e investigación del área natural: todo el público estuvo a favor, lo que pone de relieve la preocupación por la protección de los bosques.
- Transporte masivo (tranvías o autobuses): todo el público estuvo a favor de aliviar la congestión del tráfico a lo largo de la carretera, pero la mayoría se declaró en contra de la reapertura de la ruta PR 191 bloqueada por un desprendimiento de tierra hace 40 años.
- Propiedad: todo el público estuvo a favor de la regulación de la urbanización del suelo que rodea el bosque y la adquisición de terrenos, incluidas las propiedades.
- Vida silvestre y hábitat: todo el público estuvo a favor de la protección de especies raras y en peligro de extinción y de la vida silvestre amenazada, especialmente la cotorra.

- Agua y cuencas hidrográficas: algunos participantes expresaron su preocupación por la erosión del suelo, la sedimentación y la calidad, la cantidad y el régimen del agua durante el año.
- Recreación: a algunos participantes les preocupan los sitios de recreación, los senderos, la interpretación de campo, la educación pública, las excursiones, los campamentos, el uso excesivo del sitio, la basura y el ruido.
- Investigación: la mayoría del público dio respuestas favorables con respecto a la investigación y el uso de nueva información.
- Cultura e historia: algunos participantes expresaron preocupación por la historia del bosque y la protección de los recursos culturales.
- Permisos para uso especial: algunos participantes hicieron comentarios sobre caminos de acceso y permisos forestales, incluidos sitios electrónicos.
- Cumplimiento de la ley: algunos participantes hicieron comentarios sobre el control en la frontera forestal, las tarifas de entrada y el monitoreo de campo para ayudar a mantener el bosque.
- Otros temas: se mencionaron al menos una vez la biodiversidad, la reserva de la biosfera, el uso de plantas nativas, la introducción o reintroducción de especies, la piscicultura, las cabañas de vacaciones, las piscinas forestales, los productos no madereros, el uso de herbicidas, el paisaje, los vuelos sobre el bosque, los voluntarios o exploradores en el bosque, el proceso de planificación y la reclasificación del LEF en el marco del Servicio de Parques Nacionales de EE. UU. o de los organismos ambientales del Estado Libre Asociado.

El plan de gestión revisado del LEF proporcionó directrices de gestión y dirección relacionadas con diversos temas, como bosques primarios, producción sostenible de madera, vida silvestre, agua, recreación, ríos salvajes y paisajísticos, áreas silvestres, caminos de acceso e investigación para los

próximos 10 a 15 años (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Servicio Forestal, 1997a, 1997b) (Tabla 19). El plan dividió el bosque en dos usos principales: 1) la protección, que incluye las áreas silvestres, el área natural de investigación y los ríos salvajes y paisajísticos, que totalizan alrededor del 65 % del LEF; y 2) las actividades humanas, incluidas la administración, las instalaciones de comunicaciones, la recreación y la investigación (Fig. 21) (Tabla 19). Las directrices de planificación se examinan a continuación en nueve encabezados.

## Bosque primario

Los bosques primarios no son perturbados por el hombre y contienen la estructura y composición original de las especies que caracterizaban la isla antes de su asentamiento, incluidas muchas plantas y animales raros y endémicos. Hoy en día, los bosques primarios no perturbados de Puerto Rico cubren menos del 1 % de la superficie total de la isla (Wadsworth, 1949, 1950). Alrededor del 50 % del LEF, lo que equivale a 5550 ha, contiene tierras forestales que se encuentran prácticamente en condición primaria.

El recurso más valioso del LEF es la tierra forestal immaculada. Gran parte del bosque primario ya ha sido reservado como el área silvestre El Toro, con un total de 4050 ha, o como parte del área natural actual de investigación Baño de Oro (Fig. 21) (Tabla 2). Baño de Oro, con un total de 2580 ha, incluye el tramo original del año 1949 de 745 ha y la expansión propuesta en el año 1997 de 1835 ha (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997a; Weaver, 1994). La escasez de bosque primario en la isla y su valor intrínseco para la sociedad son preocupaciones importantes. En el pasado, prácticamente cada kilómetro cuadrado de Puerto Rico sufrió mucho el impacto de la

**Tabla 19: Áreas de gestión en el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>**

| Área de gestión <sup>b</sup>  | Ha del área <sup>c</sup> | Descripción  |
|-------------------------------|--------------------------|--|
| <b>Áreas protegidas</b>       |                          |  |
| Área natural de investigación | 2580                     | Existencia y expansión propuesta de Baño de Oro (es decir, investigación no manipulativa)  |
| Ríos salvajes y paisajísticos | 524                      | Designados en 2002   |
| Áreas silvestres              | 4196                     | Designadas en 2005; los límites no están marcados en el campo  |
| Subtotal                      | 7300                     | Todas las áreas designadas principalmente para la protección (64.6 %)  |
| <b>Otras áreas</b>            |                          |  |
| Sitios administrativos        | 83                       | El Portal, estación de trabajo Catalina, otras instalaciones administrativas del Servicio Forestal   |
| Sitios de comunicación        | 79                       | Instalaciones de comunicación El Yunque y Pico del Este, carreteras asociadas, líneas de transmisión eléctrica (los permisos para uso especial totalizan solo 13 ha)     |
| Recreación desarrollada       | 469                      | Sitios de picnic, estacionamiento en la entrada del sendero, instalaciones de interpretación descentralizadas  |
| Actividades integradas        | 2517                     | Recreación e investigación dispersas   |
| Investigación                 | 372                      | Cuencas hidrográficas de investigación ecológica a largo plazo (LTER), parcelas de dinámica forestal, parcelas forestales permanentes, estudios de tratamiento y control |
| Demostración de madera        | 472                      | Producción sostenible de madera (inactiva en la actualidad)  |
| Subtotal                      | 3992                     | Todas las áreas designadas principalmente para la actividad humana (35.4 %)  |
| <b>Total</b>                  | <b>11 292</b>            | <b>Todas las áreas juntas</b>  |

<sup>a</sup>Datos del plan de gestión (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997a, 1997b).

<sup>b</sup>Áreas que figuran en los mapas (Fig. 21 y 22).

<sup>c</sup>Basada en el área total del terreno durante las actividades de planificación a mediados de la década de 1990.

actividad humana. Otro problema es el impacto futuro desconocido del calentamiento global en los bosques de la isla y su posible impacto en la vida silvestre del LEF.

“Los observadores ocasionales subestiman el papel del uso continuo de los senderos y el uso recreativo en la modificación de la ecología de las masas forestales, el comportamiento de los animales, la abundancia de especies y la propagación de especies exóticas” (Lugo, 1994). Se recomienda que si se propone el desarrollo de senderos u otros aumentos de la actividad humana en las áreas silvestres, se consideren todos los impactos potenciales con un enfoque en las especies endémicas y en peligro de extinción, especialmente la cotorra. La isla principal de Puerto Rico no tiene otro lugar que califique para las áreas silvestres. Sin embargo, el monitoreo cuidadoso de la flora y la fauna dentro de las áreas silvestres podría proporcionar información importante para mejorar la gestión forestal.

## Demostración de la producción sostenible de madera

La producción sostenible de madera es necesaria en todos los trópicos, y el LEF tiene el potencial para demostrar la productividad de los bosques secundarios gestionados. Tras ser taladas y cultivadas, las laderas más bajas del bosque se han recuperado de manera natural o se han plantado allí especies de madera, principalmente *Swietenia* híbridas y algunas otras especies. Las versiones anteriores del plan de gestión forestal sugerían que se podría implementar una extracción comercial de madera sostenible a pequeña escala en tierras reforestadas desde la década de 1920. Sin embargo, la propuesta para la extracción comercial de madera fue muy controversial y se suspendió en el plan revisado debido a la protesta pública (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1997b).

A medida que la expansión urbana continúa, los ecosistemas forestales del LEF se vuelven cada vez más valiosos como una unidad integral para proteger la flora, la fauna y los recursos hídricos que benefician a la parte noreste de la isla, que está densamente poblada. La extracción de madera podría afectar negativamente los caminos, los suelos, la calidad del agua, el hábitat de la vida silvestre y la recreación. La tala de árboles podría eliminar futuros sitios de búsqueda de alimento y anidación, y ralentizar la expansión de la cotorra de vuelta a su hábitat anterior a lo largo de la frontera del LEF. La extracción sostenible de madera podría demostrarse en tierras forestales de propiedad privada y en lugares seleccionados dentro de los bosques más secos del sistema de reservas del Estado Libre Asociado.

## Vida silvestre

La densa población humana de Puerto Rico taló o modificó la mayoría de los bosques de la isla durante su asentamiento y desarrollo. Hoy en día, los bosques secundarios se están recuperando gradualmente fuera del LEF, pero la mayoría de esas áreas difieren bastante en la composición de las especies

y son de propiedad privada (Birdsey y Weaver, 1982; Brandeis *et al.*, 2007; Franco *et al.*, 1997). La parte superior del LEF contiene no solo el mayor bloque de bosque no perturbado de la isla, sino también el más húmedo. Además, tiene flora y fauna diversas, incluidas varias islas endémicas, algunas de las cuales están confinadas al LEF. Las especies en peligro de extinción, amenazadas y sensibles que viven dentro del LEF son las preocupaciones principales de la gestión (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1997a).

Investigaciones recientes sugieren que las estimaciones de las extinciones de aves basadas en las relaciones entre las especies y el área sobreestimaron las tasas reales de extinción causadas por la conversión del hábitat, mientras que el uso de una relación entre las especies y el área basada en las especies endémicas mejoró esas estimaciones (Kinzig y Harte, 2000). Además, después de que se taló el 40 % de un hábitat original, el nivel de las extinciones fue crítico. En resumen, “a bajos niveles de destrucción del hábitat, las estimaciones de la pérdida de especies utilizando la relación entre las especies endémicas y el área son mucho más bajas que las estimaciones existentes, pero un rápido aumento de la pérdida pronosticada de especies cuando se excede un umbral de pérdida de hábitat sugiere que la extrapolación de las tasas recientes de pérdida de especies puede subestimar las extinciones futuras de especies relacionadas con el desmonte continuo de tierras” (Kinzig y Harte, 2000). Las posibles implicaciones de estas relaciones derivadas para el LEF son inciertas. Sin embargo, cabe señalar que el LEF contiene muchos endémicos, que aproximadamente la mitad del LEF ya ha sido perturbado por las actividades humanas en el pasado y que el desarrollo continúa en las áreas que rodean el bosque.

Algunas de las actividades propuestas en el marco del LEF podrían implicar perturbaciones y cambios en el hábitat. Entre ellas se encuentra el aumento de la presencia humana, cuyo impacto puede extenderse hasta 0.5 km más allá de las carreteras y áreas de recreación que se han construido para sus actividades (Snyder *et al.*, 1987). La última vez que se registró un perico endémico (*Aratinga maugaei*) fue a finales del siglo XIX, y el *Corvus leucognaphallus* se registró en 1963. En 1968, se incluyó la *Amazona vittata* en la lista de especies raras y en peligro de extinción. Hoy en día, dos de las especies de ranas del LEF, *Eleutherodactylus eneidae* y *E. karlschmidti*, están en peligro de extinción o incluso posiblemente extintas. Otras tres, *E. gryllus*, *E. locustus* y *E. portoricensis*, han disminuido en número. Además, se está considerando la inclusión de la *Dendroica angelae* en la lista de especies en peligro de extinción (Tablas 11 y 12). La mayor parte de la vida silvestre ha sobrevivido hasta el presente porque el interior montañoso permaneció aislado e intacto.

La gestión futura se beneficiaría de las sugerencias de expertos que han estudiado la vida silvestre, en especial la cotorra. Se señaló la importancia de los frutos de *Dacryodes excelsa* como alimento para cotorras desde agosto hasta noviembre (Rodríguez-Vidal, 1959). Otros afirmaron que “los intentos de distribuir las actividades recreativas de manera más uniforme a través del bosque podrían tener consecuencias desastrosas. Las cotorras son extremadamente sensibles a la presencia de humanos cerca de sus nidos...” (Snyder *et al.*,

1987). Añadieron que “la mayor parte de la variedad actual de cotorras del bosque de Luquillo está bien protegida. Aún no se ha resuelto la cuestión de qué áreas de bosque de baja elevación podrían reservarse para el uso de cotorras si la población se recuperara de su condición depresiva actual” (Snyder *et al.*, 1987). También señalaron que el área no perturbada Cristal-Camándulas en la parte noreste del bosque parecía ser un buen sitio para la liberación futura de cotorras. Un punto importante para considerar en cuanto a la gestión de cotorras es que la especie nunca se recuperará en el LEF si no se dispone de mejores tierras en las zonas más bajas.

La población de cotorras, que es demasiado pequeña, está confinada en gran medida a solo 1500 ha dentro del área silvestre El Toro. El área está limitada al este y al oeste por dos carreteras, la FS-10 y la ruta PR 186, con su presencia humana y ruido asociados (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997a, 1997b). Las tierras que rodean al LEF (pastura abandonada, viviendas suburbanas y vegetación secundaria) actualmente no están ocupadas por la cotorra. La extinción es más probable para las especies que requieren grandes territorios para sobrevivir, especialmente en áreas como el LEF que experimentan huracanes recurrentes. Los restos de paisajes aislados pueden experimentar una afluencia o “supersaturación” (Saunders *et al.*, 1991) de especies, incluidos los depredadores de las áreas circundantes. Los halcones de cola roja, una gran amenaza para la supervivencia de la cotorra, abundan en el LEF donde encuentran presas adecuadas, como lagartijas y aves del bosque, incluidas las cotorras. Además, tienen acceso a un “buffet de presas domésticas: pollos, palomas, mascotas diversas, incluidos cachorros y gatitos, ratas carroñeras, mangostas y otras aves que ya no son muy salvajes, como palomas nativas, zanates y otras aves que han llegado a sobrevivir con las sobras de la mesa y las migajas de la grandeza humana” en las áreas suburbanizadas que rodean el bosque (Watlington, 2008) Sería de gran valor buscar un medio para extender el área de distribución de la cotorra a lo largo del LEF y en elevaciones más bajas cerca del bosque. Un enfoque podría incluir un paisaje integrado que mantenga el bosque intacto e incorpore los esfuerzos de administración de la tierra por parte de los propietarios de tierras circundantes (Saunders *et al.*, 1991) El hábitat crítico de la cotorra en el bosque montano bajo maduro debe permanecer protegido. Además, algunos sugieren que el bosque secundario a lo largo de la frontera del LEF “es fundamental para la recuperación de la cotorra puertorriqueña, especialmente el bosque secundario avanzado de Tabonuco (es decir, montano bajo)...” (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997b).

Otras preocupaciones actuales de la gestión para la vida silvestre del LEF son las siguientes:

- Definir, expandir y demarcar los hábitats críticos de vida silvestre como una prioridad, incluido el bosque montano bajo para la futura expansión de las poblaciones de cotorras.
- Monitorear las prácticas de gestión para asegurar la protección del hábitat de la vida silvestre, en especial en el interior del bosque que se usa considerablemente, donde los desechos pueden albergar plagas introducidas como mangostas y ratas.
- Hacer cumplir las restricciones para la cotorra puertorriqueña en todo momento, especialmente durante la

temporada de cría (es decir, “planificar otras actividades... al menos a 500 m de los sitios de nidificación [de las cotorras]” (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997a).

- Restringir la entrada a las áreas de la *Amazona vittata* durante la temporada de anidación.
- Cooperar con la Administración Federal de Aviación de EE. UU. para restringir los vuelos sobre el LEF a fin de ayudar a proteger a la cotorra durante el programa de recuperación.
- Controlar y monitorear el acceso al área silvestre (es decir, al hábitat de las cotorras actualmente ocupado) debido a los problemas asociados con el ruido, la basura y las especies exóticas introducidas.
- Mejorar las barreras aguas abajo para las migraciones de peces y camarones y para el control de la caza furtiva.
- Establecer y hacer cumplir las normas para el uso del sitio y monitorear el acceso a las áreas de recreación preferidas para asegurar que se mantenga la calidad de los recursos (por ejemplo, la Cascada La Mina y los problemas de congestión, saneamiento, calidad del agua y ruido).

## Agua

El noreste de Puerto Rico, que se encuentra densamente poblado, recibe suministros de agua de tomas dentro y justo debajo de la frontera del LEF (Naumann, 1994). Además, los arroyos forestales constituyen el hábitat de los organismos acuáticos, incluidos los peces y los camarones, en gran parte de su extensión. Es fundamental mantener los vínculos acuáticos entre las tierras bajas costeras y las elevaciones más altas a fin de proteger a estos organismos. El desvío de agua para uso doméstico y de otro tipo reduce el caudal del arroyo e impide las migraciones de los organismos acuáticos.

El crecimiento de la población, el desarrollo urbano y suburbano y el turismo aumentarán la demanda de agua en el futuro. Además, las tuberías con fugas causan pérdidas de agua dentro del sistema de distribución actual de la isla. Las pérdidas entre los embalses y los usuarios domésticos y comerciales de la isla promedian alrededor del 43 % (Crook, 2005). Para una mejor gestión del agua, se requiere lo siguiente (Crook, 2005; Naumann, 1994):

- Monitorear los recursos hídricos y la biota del LEF a fin de garantizar un flujo suficiente para los organismos acuáticos, especialmente en los años secos.
- Reconocer los efectos acumulativos de la extracción de agua y la capacidad limitada de los arroyos para proporcionar simultáneamente agua suficiente para la vida silvestre acuática y los suministros de agua municipales.
- Desarrollar dispositivos alternativos “ecológicos” de control de agua que faciliten la migración de la vida silvestre cuando sea factible (por ejemplo, tomas dentro del canal con tuberías verticales de acero inoxidable o tomas con salidas para un flujo mínimo en lugar de presas).
- Requerir la construcción de futuras tomas de agua en la frontera del LEF, o por debajo de esta, para mantener la integridad ecológica del bosque.
- Exigir el mantenimiento de todas las tomas de agua, informar a los usuarios sobre los resultados y poner multas en caso de negligencia.

- Exigir a las agencias del gobierno local que asuman la responsabilidad de reducir la demanda de agua de la isla, incluidos la reparación y el mantenimiento de las tuberías para disminuir las pérdidas de agua durante la entrega.
- Tomar las medidas adecuadas contra la extracción ilegal de agua.
- Considerar nuevos aumentos de precios del agua para ayudar a reducir el consumo.

“El suministro público de agua en Puerto Rico no se ha mantenido ni se ha administrado correctamente” en el pasado (Naumann, 1994). La integridad ecológica del LEF depende de la conservación y gestión adecuadas de sus recursos hídricos. El gobierno local es muy consciente de los problemas de distribución de agua y está tratando de implementar medidas de conservación.

## Ríos salvajes y paisajísticos

Tres tramos de ríos dentro del LEF (el Río Icacos, el Río de La Mina y el Río Mameyes) han sido apartados como áreas escénicas extremadamente atractivas; además, la parte superior del Río Mameyes ha sido designada como salvaje (Fig. 21). Estos son los únicos ríos tropicales dentro del sistema nacional de ríos silvestres y paisajísticos y deben permanecer protegidos mediante el cumplimiento de las directrices de gestión. La futura extracción de agua de estos arroyos está prohibida (Crook, 2005).

El Río de La Mina no es sólo un río paisajístico, sino que sus atractivas cascadas bordean un área actualmente clasificada en el plan de gestión como hábitat ocupado por cotorras (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1997b). La distancia hasta las cascadas desde la ruta PR 191 es de unos 30 minutos para la mayoría de los excursionistas. Los días festivos locales atraen a una afluencia masiva de personas que disfrutan de bañarse y hacer picnics cerca de las cascadas. El ruido del lugar se puede escuchar a una distancia considerable, lo que constituye una experiencia incongruente con la soledad del bosque. Además, en los días de muchedumbres, el uso intensivo de los recursos humanos alrededor de las cascadas puede alterar de manera temporal la composición química del arroyo (por ejemplo, los desechos humanos, las lociones corporales, los alimentos desechados y los desechos) y afectar a la población de algas y organismos acuáticos en las cercanías. Los grupos grandes también pueden afectar negativamente la vegetación ribereña, lo que causaría la erosión de las riberas y del suelo, en especial en los casos en que las condiciones de hacinamiento obligan a algunos bañistas a buscar zonas de baño alternativas aguas abajo. Por último, algunos bañistas más osados escalan las rocas resbaladizas detrás de las cascadas, una actividad que podría resultar en lesiones graves.

Las experiencias del pasado con actividades acuáticas a mayor altitud dentro de la misma cuenca, cerca del área de recreación La Mina, fueron desastrosas. “Durante los 10 años que las piscinas estuvieron abiertas, nos fue imposible controlar el uso seguro (por ejemplo, beber y el uso nocturno) y hubo varias muertes” (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997b). Nadar y bañarse en

las piscinas de agua dulce está prohibido desde la década de 1950. El uso intensivo actual de la cascada de La Mina para bañarse y realizar juegos acuáticos puede ocasionar problemas relacionados con la contaminación del agua, la seguridad y el uso futuro del bosque por parte de la cotorra. Se dispone de zonas de baño más accesibles en las áreas más bajas, cerca de la frontera con el bosque.

## Áreas silvestres

La naturalidad, las áreas silvestres y la protección de la influencia humana ponen de relieve los valores de las áreas silvestres para la sociedad. Sin embargo, durante los últimos 17 años, se ha producido un rápido desarrollo suburbano en áreas adyacentes al área silvestre El Toro (Lugo *et al.*, 2004; Ramos González, 2001). Se requerirá la cooperación activa con el gobierno local para hacer cumplir la legislación de la zona de protección alrededor del bosque (Lugo *et al.*, 2000, 2004).

La gestión futura de la vida silvestre necesita definir metas y condiciones deseadas y necesita reconocer los temas o problemas que se encuentran entre las condiciones existentes y las deseadas (McCool y Cole, 1997). Se han propuesto varios procesos de planificación, incluidos los límites de un cambio aceptable, como un medio para mejorar la gestión de la recreación en las áreas protegidas (es decir, específicamente, el tema de la capacidad de carga de la recreación en las áreas silvestres).

El sendero El Toro-Tradewinds, construido durante los días del Cuerpo Civil de Conservación (CCC), atraviesa el área silvestre (Fig. 5 y 21). Las fuertes lluvias y las tormentas recurrentes causan caídas de árboles, erosión de los senderos y desprendimientos de tierra, en especial en drenajes y quebradas. Los gastos del futuro mantenimiento de los senderos podrían afectar el acceso a la naturaleza. Limitar y monitorear el acceso podría reducir los encuentros entre los excursionistas (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997a) y ayudaría a garantizar que las áreas silvestres sigan siendo lo que el término implica: una experiencia con la naturaleza. Recientemente, se elaboró un plan de gestión de plantas no invasivas. El plan tentativo indicaba que al menos 82 plantas exóticas ya estaban creciendo en el área silvestre (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 2009; consulte las referencias).

Otros asuntos para tener en cuenta son los siguientes (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1983, 1997b):

- Marcar los límites de las áreas silvestres de acuerdo con la designación del Congreso.
- Preparar un plan para las áreas silvestres, incluidos los límites de cambios aceptables.
- Mantener estándares primitivos para el trabajo de mantenimiento (por ejemplo, cavidades de nido en coordinación con el programa de la cotorra puertorriqueña).
- Llevar a cabo investigaciones sobre la flora, la fauna, los insectos y las enfermedades, y mapear los hábitats de la vida silvestre y los sitios culturales según las directrices de gestión.
- Requerir permisos para la recolección de plantas o animales.

- Prohibir la tala de madera, el salvamento de madera y la investigación forestal manipuladora.
- Prohibir la construcción de carreteras u otros desarrollos (por ejemplo, líneas de transmisión de agua y electricidad), actividad mineral y uso de bicicletas motorizadas o mecanizadas.
- Autorizar la gestión de la recreación para experiencias primitivas y de bajo uso, como permisos para usos especiales para actividades de no ocupación compatibles con el carácter de las áreas silvestres. La cuestión de los aviones que sobrevuelan a baja altura sobre el LEF ha llamado recientemente la atención de los gestores forestales y del público. Aunque se presume que tales vuelos están prohibidos para ayudar a la recuperación de la cotorra puertorriqueña, aparentemente tienen lugar de manera recurrente, como lo atestiguan dos accidentes recientes, el último de los cuales ocurrió en 2008 dentro del área silvestre (Hernández Pérez, 2008; Torres, 2002). Por motivos de seguridad y relacionados con la fauna y la flora silvestres, las aeronaves que vuelen a baja altura deberán quedar excluidas del espacio aéreo situado por encima de todo el LEF. En el caso de las áreas silvestres, los aviones de bajo vuelo también podrían considerarse problemas de calidad del aire o de contaminación acústica, como una intrusión en el paisaje sonoro natural (Landres *et al.*, 2008).

## Recreación y programas educativos para la conservación

Las actividades recreativas actuales incluyen conducir, observar paisajes, hacer picnics, caminar, bañarse en un arroyo y estudiar la naturaleza. El uso de las cabañas de verano cerca de La Mina y el camping son actividades menores. La mayoría de las visitas actuales al bosque se realizan durante las horas de luz del día.

La mayoría de los sitios de recreación se concentran a lo largo de las carreteras principales, lo que provoca congestión de tráfico en la mayoría de los sitios. Aunque los senderos para caminar son suficientes, el estacionamiento es restringido y las señales interpretativas son pocas y limitadas en contenido. Una mayor interpretación y educación ambiental beneficiarían a muchos visitantes del bosque. Sin embargo, el aumento del desarrollo de las actividades recreativas podría afectar negativamente las cualidades naturales del bosque que muchos visitantes encuentran atractivas (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997b). Los desarrollos propuestos no deben alterar la experiencia principal que el LEF puede proporcionar: una interacción con la naturaleza. Se necesitan directrices para las visitas al bosque operadas comercialmente. Estas podrían incluir reuniones periódicas para discutir la seguridad, la protección de los bosques y la exactitud de la información proporcionada al público.

Varios temas potenciales están disponibles para su interpretación en el Centro del Bosque Tropical El Portal y en otros lugares del bosque, entre los que se incluyen los siguientes:

- Geología y suelos: la formación de la sierra de Luquillo se extiende a lo largo de millones de años y ha producido diferentes formaciones rocosas y tipos de suelo evidentes en diferentes lugares dentro del bosque.

- Clima y agua: las precipitaciones son abundantes y los residentes dependen de los recursos hídricos de la sierra de Luquillo para usos domésticos y comerciales. La gestión se ocupa de equilibrar las necesidades de agua de los organismos acuáticos y la población humana creciente de la isla. Uno de los principales objetivos es mantener la cantidad y la calidad del agua durante el año.
- Huracanes: las condiciones del bosque varían con el tiempo, desde su estructura y composición antes del huracán a través de daños el día de la tormenta hasta la recuperación después de la tormenta (es decir, unos días, unos meses y unos años más tarde). La información de las parcelas permanentes en el bosque permitiría reconstruir las condiciones probables del bosque durante las diferentes fases de recuperación.
- Fenómenos de gradiente: la abundancia de flora y fauna con cambios en la elevación, aspecto, topografía (por ejemplo, cresta, ladera y quebrada) y la exposición en las montañas está influenciada por factores climáticos y tipos de suelos.
- Diversidad de especies, clasificación e historia de vida: el LEF tiene una rica diversidad de plantas y animales, mantenida por temperaturas suaves y lluvias torrenciales. La fauna y la flora pueden ser abundantes, raras, endémicas o pueden estar en peligro de extinción. Además, las especies varían considerablemente en tamaño y duración de vida y tienen diferentes estrategias de reproducción, supervivencia y crecimiento.
- Calentamiento global: los cambios que podría experimentar el LEF durante el calentamiento global siguen siendo especulativos e incluyen aumento de la temperatura, cambio en las precipitaciones, huracanes más frecuentes y violentos, cambios en la cobertura de nubes en las cimas, alteración en las especies y tipos de bosques, aumento en las especies arbóreas secundarias, disminución de anfibios y cambios en la distribución de las especies de aves y reptiles.
- Bosque enano: Entre los tipos de bosques más interesantes del planeta, el bosque enano cuenta una fascinante historia de vientos, lluvias, goteos de nubes, suelos saturados, árboles atrofiados, raíces aéreas, hojas gruesas, flora endémica y abundantes epífitas. El bosque, caracterizado por una productividad generalmente baja, está adaptado para sobrevivir en las inclemencias del medio ambiente que caracterizan a las cimas.



Los miembros de la Sociedad de Historia Natural disfrutan de una breve visita al bosque enano Pico del Este en un típico día húmedo y nublado. Durante el año, la cobertura nubosa interceptada por la vegetación de la cima (es decir, árboles y epífitas) añade un 10 % más de agua al suelo que la que proporcionan las lluvias. (Fotografía de Peter L. Weaver)

- Historia: el uso precolombino y el asentamiento español dentro de la sierra de Luquillo y los impactos de ambos sobre los recursos forestales crean una historia interesante. Las estructuras, las instalaciones y los sitios construidos o utilizados durante los días del CCC también podrían explicarse con señales interpretativas.
- Cuestiones de investigación y gestión: el papel del Servicio Forestal, con sus actividades tanto de investigación como de gestión, no es muy conocido por los visitantes del bosque. La investigación en el LEF ha incluido temas como clima, geología, suelos, agua, flora, fauna, historia humana y ecología, entre otros. Esta información está a disposición de los administradores para ayudarlos a formular planes de gestión.
- Artesanías puertorriqueñas: la producción y venta in situ de maderas nativas talladas, pinturas en entornos naturales y otras artesanías podrían beneficiar a los artesanos locales y servir para educar al público.
- Aplicación de la ley: la necesidad de regulaciones y restricciones dentro del LEF son temas válidos para la educación pública. Otros temas incluyen las necesidades del hábitat y las regulaciones para proteger la vida silvestre, la prohibición de la caza y la necesidad de estimaciones de capacidad de carga y monitoreo para conservar y sostener los ecosistemas forestales.
- Áreas naturales en Puerto Rico: acceso a otras áreas al aire libre importantes, como los bosques del Estado Libre Asociado, las propiedades del Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico, los refugios de peces y vida silvestre de los Estados Unidos y los jardines botánicos.
- El sistema de reserva forestal del Estado Libre Asociado, con un total de alrededor de 25 000 ha, contiene 15 bosques situados en los manglares costeros, en las colinas de piedra caliza y en las montañas centrales.
- El Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico tiene más de 9800 ha que incluyen 20 propiedades y 4 servidumbres dispersas por toda la isla.
- El Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos tiene cinco refugios que totalizan alrededor de 9500 ha. Dos están ubicados en el suroeste de Puerto Rico y el resto en las islas costeras de Culebra, Desecheo y Vieques.

La recreación al aire libre en Puerto Rico se beneficiaría de una mejor colaboración entre las agencias de gestión y las entidades privadas de la isla. Una visión compartida de los recursos y su potencial podría mejorar las oportunidades de recreación. Varias actividades se harían mejor en otros lugares de Puerto Rico, tales como carreras de bicicletas competitivas, campamentos al aire libre y *geocaching* (es decir, ubicación GPS de sitios). Existen zonas más accesibles y seguras para el baño en corrientes de agua tanto en propiedades públicas como privadas fuera del LEF.

## Acceso (caminos, senderos, adquisiciones)

La red de 50 km de carreteras existentes disecciona el bosque de norte a sur y de oeste a este desde la ruta PR 191 hasta Pico del Este, a alrededor de 1 km del límite sureste del bosque. (Fig. 5). El mantenimiento del sistema vial actual es fundamental, en particular la ruta PR 191 desde Palmer hasta los sitios de recreación y comunicación. El gran desprendimiento de tierra de 1970 cerró la ruta PR 191 entre el km 13 y el km 21 (Fig. 13). La situación actual deja la parte sur del LEF como un bloque de bosque integral y sin carreteras. El acceso de los vehículos motorizados al interior del bosque se controla en un solo punto: la intersección de la ruta PR 191 y la ruta PR 9966 (Fig. 5). El desprendimiento ayuda fortuitamente a proteger el hábitat para la futura expansión de la cotorra puertorriqueña a elevaciones más bajas en partes más secas del bosque.

La madre naturaleza, un terreno accidentado, aislado y con fuertes lluvias, permitió que el interior del LEF sobreviviera el siglo pasado. El plan de recreación actual establece que “el bosque tiene una mayor capacidad para las personas (picnic, senderismo, turismo, etc.) que para los vehículos en tránsito y aparcados” (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 2009). En la misma página, el plan menciona que el uso intensivo del bosque durante el mes de julio actualmente resulta en medidas de control de tráfico de “incidentes” para evitar la obstrucción de la ruta PR 191. El 25 de julio de 2009, se estimó que más de 500 autos estaban estacionados sobre la cascada La Coca (véase nota al pie de la página 1). Los espacios de estacionamiento disponibles, incluidas las áreas de estacionamiento adicional designadas para dicho fin que, por lo general, están cerradas para los vehículos, tienen espacio para menos de la mitad de esa cifra.

La educación para la conservación se distingue de la interpretación en el sentido de que se dirige a audiencias particulares utilizando métodos diferentes en un entorno estructurado y formal (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 2009). Estos esfuerzos se realizan a menudo por edad y proporcionan una serie de experiencias, como presentaciones en el aula, formación de maestros y desarrollo curricular y de medios de comunicación. Algunos de los programas de educación para la conservación más utilizados son Smokey Bear, Woodsy Owl, Project Learning Tree, Nature Watch, Partners in Flight, Leave No Trace Inc, Passport in Time, The Natural Inquirer, Sustainable Operations/Climate Change, Eastern National-EYNF Interpretative Association y More Kids in the Woods (sustituido por programas de capacitación de maestros desde el año 2000). En 1999, el Bosque Nacional del Caribe publicó un documento de capacitación para maestros (Ruiz Díaz *et al.*, 1999). Entre los objetivos estaba familiarizar a los participantes con los diferentes tipos de bosques, los servicios que prestan y su importancia en los eventos políticos, económicos y sociales de la isla. Se haría tomar consciencia a los alumnos de los recursos naturales renovables de la isla y de las posibles maneras en que podrían estar involucrados en su conservación. Los ecosistemas, la erosión, los factores limitantes y las capacidades de carga fueron algunos de los temas examinados. Finalmente, se les presentaron a los estudiantes las formas en que podrían reducir las demandas humanas de recursos naturales.

Puerto Rico tiene muchos otros sitios para la recreación al aire libre. Entre ellos, se incluyen los siguientes (Ventosa-Febles *et al.*, 2005; Weaver y Schwagerl, 2008):

El plan reconoce las necesidades de transporte para ayudar a aliviar la congestión y proporcionar acceso, especialmente

durante los días festivos y los fines de semana agitados (Parés Arroyo, 2010; Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997b). La reapertura de la ruta PR 191 implicaría una costosa construcción debido a la inestabilidad geológica del sustrato y también complicaría la operación de un sistema de transporte público. Además, el público no está a favor de la reapertura de la ruta. Las autopistas que bordean la frontera todavía proporcionan acceso a la franja norte, oeste y sur del bosque para aquellos interesados en conducir a lo largo de otros caminos paisajísticos. Mientras tanto, se mantendrán las restricciones actuales para el tráfico vehicular en las rutas FS-10 y FS-27 que conducen a las torres de comunicación. Además, el tráfico peatonal en los sitios de monitoreo permanente de las parcelas en las cuencas de Bisley debe restringirse a los senderos designados.

En la estrategia actual de adquisición de tierras, se incluyen al menos cuatro propiedades que suman un total de aproximadamente 62 ha: (1) el tramo Cartagena de 13 ha a lo largo de la ruta PR 186; (2) los tramos del Río Fajardo, dos parcelas adyacentes de 20 ha; (3) el tramo Río Sabana de 2 ha cerca de la estación de investigación Sabana; y (4) el tramo Charco Frío de 27 ha adyacente al Río Fajardo (Bosque Nacional El Yunque, 2010). Todas estas tierras bordean el LEF y servirían para varios propósitos, como la consolidación del LEF, la expansión del hábitat de las cotorras, la protección de la vida silvestre y las futuras oportunidades de recreación.

## Investigación

La investigación llevada a cabo en el LEF el siglo pasado hizo una valiosa contribución para la conservación y la gestión de los bosques tropicales en todo el mundo. Gran parte del trabajo anterior se concentró en la identificación de la flora y la fauna, la reforestación de tierras agrícolas abandonadas y la silvicultura. Hoy en día, el énfasis está puesto en la gestión de los ecosistemas, la ecología del

paisaje, la vida silvestre y los problemas del calentamiento global (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 2008). La preocupación mundial actual con respecto a la deforestación y sus consecuencias ha puesto de relieve la necesidad de una mayor comprensión de la ecología de los bosques tropicales para facilitar su recuperación, mejorar su gestión y proporcionar experiencia educativa a los futuros gestores e investigadores. La investigación debe ayudar a responder a preocupaciones críticas de gestión como las siguientes:

- Mantener y actualizar inventarios de plantas vasculares nativas y fauna vertebrada.
- Identificar las necesidades de hábitat de las especies nativas con atención especial a las especies en peligro de extinción.
- Determinar la capacidad de carga y monitorear el uso del interior del bosque, en particular sus senderos y vías fluviales.
- Monitorear las desviaciones y los usos del agua y los efectos en los ecosistemas acuáticos.
- Mantener y publicar registros de la plantación de árboles y su crecimiento.
- Monitorear la salud de los bosques (es decir, insectos y enfermedades) a través de estudios de la flora y la fauna, incluidas las especies invasoras.
- Investigar y resumir la historia forestal, entre lo que se incluye información sobre el asentamiento, el uso anterior de los recursos y las estructuras existentes.
- Fomentar la investigación sobre la flora y la fauna dentro de las partes del LEF que se han pasado por alto en el pasado.
- Monitorear los efectos del cambio global en el clima, la flora y la fauna del LEF.

Además de lo ya mencionado, el instituto IITF mantiene un programa continuo de investigación que incluye ecología, perturbación, funcionamiento de ecosistemas, biodiversidad, dinámica de cuencas, aves migratorias y especies invasoras (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 2008). Gran parte de esta investigación se lleva a cabo con cooperadores en Puerto Rico, Estados Unidos y otros lugares.



*IZQUIERDA: Durante muchos años, el uso intensivo de los caminos forestales durante los días festivos y los fines de semana ha causado congestión en el bosque superior. DERECHA: El Dr. Frank H. Wadsworth, director del Institute of Tropical Forestry de 1956 a 1979, explica los resultados del clareo en el bosque tropical montano bajo a los visitantes del Fondo Mundial para la Naturaleza, la Universidad Interamericana y las oficinas del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de Estados Unidos en Washington y Atlanta. (Fotografías de Peter L. Weaver)*

## EPÍLOGO: ¿QUO VADIS?

El LEF, con su flora y fauna y sus suministros de agua y oportunidades para la recreación y la educación, ha sobrevivido en gran medida a los disturbios causados por los asentamientos y el desarrollo de la isla. Sin embargo, la influencia humana dentro del LEF es omnipresente e incluye edificios administrativos, el Centro Forestal Tropical El Portal, caminos principales y tributarios, senderos, torres de radar y de comunicación, áreas de recreación, áreas de picnic, cabañas de verano, pequeñas represas para el suministro de agua, estaciones de medición de arroyos, parcelas experimentales y permanentes y personas que manejan, caminan, hacen picnic y se bañan. Además, el bosque no es immaculado, ya que al menos la mitad fue perturbado en diferentes grados por la actividad humana, que incluía la minería de oro, la tala, la agricultura, la plantación de árboles, la silvicultura y los desarrollos recreativos. Desde la década de 1980, se han construido muchas casas en las laderas más bajas que rodean el bosque. Todas estas actividades sirven para aislar o fragmentar el LEF y exponer su fauna a una mayor influencia humana. Ya se perdió una especie de ave, otra está catalogada como rara y en peligro de extinción, y otra más está siendo considerada para su inclusión en la lista. Se presume la extinción de dos especies de ranas, y el número de otras tres especies ha disminuido. Además, desde 1975, los ecologistas han advertido sobre los efectos futuros del calentamiento global, entre los que se incluyen el aumento de las temperaturas, más huracanes devastadores y las posibles migraciones o pérdidas de flora y fauna.

La planificación de usos múltiples ha designado usos para el LEF. Sin embargo, los intentos de admitir a más visitantes en el bosque pondrían en riesgo lo que más se tiene que proteger: la vida silvestre, el agua y una experiencia tranquila

al aire libre. El LEF no es como los otros 171 bosques nacionales ubicados en los Estados Unidos. En primer lugar, esos bosques son en promedio 40 veces más grandes que el LEF y no contienen su abundancia de flora y fauna amenazadas o en peligro de extinción. En segundo lugar, el LEF está rodeado de pueblos, ciudades y cabañas de verano con una densidad de población cercana a los 1250 km<sup>-2</sup> (Fig. 1). El entorno natural y humano del LEF requiere que se preste atención a las compensaciones entre las alternativas de gestión debido a que su tamaño y las presiones existentes no permiten que el bosque se adapte todas las opciones. El LEF es pequeño y representa alrededor del 1 % de la isla. Es necesario determinar las capacidades humanas de carga sostenibles, y los programas de educación forestal deberían esforzarse por hacer del bosque una experiencia memorable con la naturaleza. La planificación integral de la gestión de la tierra para la isla debe involucrar a todas las entidades de recursos naturales de Puerto Rico y sus unidades terrestres (es decir, el LEF, el sistema de reserva forestal del Estado Libre Asociado, el Fideicomiso de Conservación y otras áreas públicas y privadas).

En resumen, el LEF tiene dos designaciones principales, bosque experimental y bosque nacional, y una variedad de usos posibles. Fuera del bosque existen mejores alternativas para algunas actividades recreativas. Sin embargo, no existen alternativas viables para la mayor parte de la flora y la fauna endémica o clasificada del LEF. El aporte público al plan de gestión ha mostrado el alto nivel de preocupación por la protección del bosque primario (es decir, las áreas silvestres, el área natural de investigación y los ríos salvajes y paisajísticos), la vida silvestre (por ejemplo, la cotorra y las ranas raras) y los recursos hídricos.

## RECONOCIMIENTOS

Varias personas proporcionaron información sobre el LEF: Wayne Arendt y Joseph M. Wunderle, Jr. colaboraron con información sobre la ocurrencia de especies de aves observadas durante estudios de campo y conteos navideños anuales; Tom Brandeis brindó información de la encuesta; Carlos Domínguez Cristóbal y Jeffrey Walker proporcionaron información histórica y cultural; William Gould colaboró con conjuntos de datos comparables; Carolyn Krupp y Sidney Salyer proporcionaron registros de adquisición de propiedades y usos especiales; Edgardo Martínez brindó detalles de las propiedades y acceso a mapas forestales antiguos; Alan Mowbray colaboró con detalles sobre actividades militares del pasado; Maya Quiñones colaboró con la preparación de nuevas figuras y mapas; Luis Rivera compartió información sobre plantaciones forestales; Iván Vicéns brindó asistencia de campo y fotografías; y Frank H. Wadsworth proporcionó detalles sobre ensayos de especies, registros de plantaciones del pasado y numerosas anécdotas sobre el bosque. La información de referencia se adquirió del Archivo General de Puerto Rico en el Viejo San Juan y de la colección puertorriqueña en la biblioteca principal de la Universidad de Puerto Rico. Jorge Morales y Gisel Reyes ayudaron a localizar referencias en la biblioteca del instituto, y Liz M. Pagán en la biblioteca de la Estación Experimental Agrícola.

Los revisores que ofrecieron comentarios valiosos sobre el borrador del manuscrito fueron los siguientes: Thomas J. Brandeis, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Estación de Investigación del Sur, Knoxville, TN; Nicholas V. L. Brokaw, Universidad de Puerto Rico, Río Piedras; Peter G. Murphy, profesor jubilado de la Universidad del Estado de Michigan; Héctor Manuel Torres-Camacho, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Centro de Capacitación del Campamento Santiago; y Sheila E. Ward, Mahogany for the Future, Inc., San Juan. Los revisores adicionales fueron Wayne J. Arendt, Frank H. Wadsworth (jubilado), Skip Van Bloem y Joseph M. Wunderle Jr., colegas del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU. de Río Piedras; Felipe Cano, Carolyn Krupp, José R. Ortega, Carolyn Pabón y Blanca I. Ruiz en el Bosque Nacional El Yunque; y Thomas Schmidt en la Estación de Investigación del Norte. Este trabajo se realizó en cooperación con la Universidad de Puerto Rico en Río Piedras.

## NOTAS FINALES

- Anon.** 1941. Annual report of the Tropical Forest Experiment Station (Informe anual de la estación experimental de bosques tropicales). 21 p. Informe no publicado. En los archivos del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., biblioteca del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IITF), Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, San Juan, PR 00926-1119.
- Arendt, W.** 2008. Birds—El Yunque National Forest (Aves: Bosque Nacional El Yunque). 8 p. Lista no publicada. En los archivos del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., biblioteca del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IITF), Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, San Juan, PR 00926-1119.
- Bruner, E.M.** 1918. Report upon the preliminary examination of the timber and fuel resources of the Luquillo National Forest (Informe sobre el examen preliminar de los recursos madereros y combustibles del Bosque Nacional de Luquillo). 11 p. Informe no publicado. En los archivos del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., biblioteca del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IITF), Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, San Juan, PR 00926-1119.
- Bosque Nacional del Caribe.** 1994. Evaluation of emergency water withdrawal for Caribbean National Forest (Evaluación de la extracción de agua de emergencia para el Bosque Nacional del Caribe). 5 p. Informe no publicado. En los archivos del Bosque Nacional El Yunque, Ruta 191, Intersección 988, km 4.4, Barrio Barceloneta, Río Grande, PR 00721.
- Chudnoff, M.** 1981. Lista inédita de estimaciones de la gravedad específica de varias especies de maderas puertorriqueñas. Información disponible en el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Laboratorio de Productos Forestales, One Gifford Pinchot Drive, Madison, WI 53726.
- Bosque Nacional El Yunque.** 2008. Birds—El Yunque National Forest (Aves: Bosque Nacional El Yunque). 3 p. Lista no publicada. En los archivos del Bosque Nacional El Yunque, Ruta 191, Intersección 988, km 4.4, Barrio Barceloneta, Río Grande, PR 00721.
- Bosque Nacional El Yunque.** 2009. Archivo de registro de mapas. Bosque Nacional El Yunque. Mapas en los archivos del Bosque Nacional El Yunque, Ruta 191, Intersección 988, km 4.4, Barrio Barceloneta, Río Grande, PR 00721.
- Gerhart, G.A.** 1936. Caribbean National Forest: La Mina Recreational Area, accomplishments and proposed recreational developments (Bosque Nacional del Caribe: área recreativa La Mina, logros y desarrollos recreativos propuestos). Washington, DC: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU.; Oficina de Publicaciones del Gobierno de los Estados Unidos. 27 p + mapas y fotografías. En los archivos del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Bosque Nacional El Yunque, Ruta 191, Intersección 988, km 4.4, Barrio Barceloneta, Río Grande, PR 00721.
- Huffaker, L.E.** 1989. "Hollow shells"—an analysis of the summer home program on the Caribbean National Forest ("Conchas huecas": análisis del programa de cabañas de verano en el Bosque Nacional del Caribe). 45 p. Documento no publicado. En los archivos del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Bosque Nacional El Yunque, Ruta 191, Intersección 988, km 4.4, Barrio Barceloneta, Río Grande, PR 00721.
- Kramer, W.P.** 1932. Policy statement—Luquillo National Forest, Porto Rico (Declaración de políticas: Bosque Nacional de Luquillo, Puerto Rico). 57 p. Documento no publicado. En los archivos del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., biblioteca del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IITF), Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, San Juan, PR 00926-1119.
- Muñoz, J.E.** 1965. Timber management plan for the Luquillo Experimental Forest (Plan de gestión forestal del Bosque Experimental de Luquillo). San Juan, Puerto Rico: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Bosque Nacional del Caribe. 54 p. Documento no publicado. En los archivos del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., biblioteca del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IITF), Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, San Juan, PR 00926-1119.
- Rivera, L.** 2010. Comunicación personal. Luis Rivera, guardabosques, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Bosque Nacional El Yunque, Ruta 191, Intersección 988, km 4.4, Barrio Barceloneta, Río Grande, PR 00721.
- Santiago Cazull, H.** 2000. Architectural conservation assessment for repairs to ranger dwelling (Cubuy House), Caribbean National Forester, Puerto Rico (Evaluación de conservación arquitectónica para la reparación de la casa del guardaparques (casa Cubuy) en el Bosque Nacional del Caribe, Puerto Rico). 27 p. Documento no publicado. En los archivos del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Bosque Nacional El Yunque, Ruta 191, Intersección 988, km 4.4, Barrio Barceloneta, Río Grande, PR 00721.
- Upton, A.** 1949. The Caribbean Forest atlas (Atlas del Bosque del Caribe). Río Piedras, Puerto Rico: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Región tropical. 43 p + tablas y mapas. Documento no publicado. En los archivos del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Bosque Nacional El Yunque, Ruta 191, Intersección 988, km 4.4, Barrio Barceloneta, Río Grande, PR 00721.
- Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU.** 1991. Plano del sitio electrónico del pico El Yunque. Documento no publicado. En los archivos del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Bosque Nacional El Yunque, Ruta 191, Intersección 988, km 4.4, Barrio Barceloneta, Río Grande, PR 00721.
- Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU.** 1995. Tabulation of National Forest lands—Caribbean National Forest: 5490 Status (conveyance file) (Tabulación de las tierras forestales nacionales: Bosque Nacional del Caribe: 5490 estado [fichero de transporte]). 4 p. Tabla no publicada. En los archivos del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Bosque Nacional El Yunque, Ruta 191, Intersección 988, km 4.4, Barrio Barceloneta, Río Grande, PR 00721.
- Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU.** 2009. El Yunque National Forest, El Toro Wilderness, nonnative invasive plant management plan (Bosque Nacional El Yunque, área silvestre El Toro, plan de gestión de plantas invasivas no nativas). 38 p. Documento no publicado. En los archivos del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Bosque Nacional El Yunque, Ruta 191, Intersección 988, km 4.4, Barrio Barceloneta, Río Grande, PR 00721.
- Vélez, I.L.; Villaluzo, R.; Walker, J.; Valenzuela, F.** 1992. Caribbean National Forest interpretative plan (Plan interpretativo del Bosque Nacional del Caribe). 75 p. Documento no publicado. En los archivos del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Bosque Nacional El Yunque, Ruta 191, Intersección 988, km 4.4, Barrio Barceloneta, Río Grande, PR 00721.
- Wadsworth, F.H.** 2009. Comunicación personal. Exdirector, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IITF), Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, San Juan, PR 00926-1119.
- Walker, J.B.; Leone, J.P.; Ortega, J.R. [et al.].** 1999. Strategic plan for the New Deal era historic properties on the Caribbean National Forest (Plan estratégico para las propiedades históricas de la era del New Deal en el Bosque Nacional del Caribe). 52 p. Documento no publicado. En los archivos del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Bosque Nacional El Yunque, Ruta 191, Intersección 988, km 4.4, Barrio Barceloneta, Río Grande, PR 00721.
- Walker, J.** 2009. Comunicación personal. Jeffery Walker, exarqueólogo, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Bosque Nacional El Yunque, Ruta 191, Intersección 988, km 4.4, Barrio Barceloneta, Río Grande, PR 00721. Dirección actual: Heritage Program Lead, Pacific Northwest Region, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 333 SW 1st Ave., Portland, OR 97208.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Anon.** 1939. New tropical forest experiment station (Nueva estación experimental de bosques tropicales). *Caribbean Forester*. 1(1): 29.
- Anon.** 1952. The twelfth annual report (Duodécimo informe anual). *Caribbean Forester*. 13: 1-20.
- Anon.** 1954. Fourteenth Annual Report (Decimocuarto informe anual). *Caribbean Forester*. 15(1-2): 1-13.
- Anon.** 1957. Seventeenth Annual report (Decimoséptimo informe anual). *Caribbean Forester*. 18(1-2): 1-11.
- Anon.** 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 (El estado de la silvicultura y la investigación forestal en Puerto Rico y las Islas Vírgenes, decimooctavo informe anual del Centro de Investigaciones Forestales Tropicales). *Caribbean Forester*. 19(1-2): 1-24.
- Anon.** 1963. Annual report for 1962, Institute of Tropical Forestry (Informe anual de 1962, Instituto de Dasonomía Tropical). *Caribbean Forester*. 24(1): 1-17.
- Acevedo-Rodríguez, P.** 2005. Vines and climbing plants of Puerto Rico and the Virgin Islands. (Bejucos y plantas trepadoras de Puerto Rico e Islas Vírgenes). *Contribuciones de Smithsonian Institution del Herbario Nacional de los Estados Unidos*. 51: 1-483.
- Acevedo-Rodríguez, P.;** Woodbury, R.O. 1985. Los bejucos de Puerto Rico. Gen. Tech. Rep. (Informe técnico general). SO-58. Nueva Orleans: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Southern Forest Experiment Station (Estación Experimental del Bosque del Sur). 331 p.
- Ackerman, J.D.** 1992. Las orquídeas de Puerto Rico e Islas Vírgenes. San Juan, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico. 167 p.
- Ackerman, J.D.** 1995. An orchid flora of Puerto Rico and the Virgin Islands (Una flora de orquídeas de Puerto Rico e Islas Vírgenes). Bronx, Nueva York: Memoirs of the New York Botanical Garden. 73: 1-203.
- Aide, T.M.; Zimmermann, J.K.; Pascarella, J.B. [et al.].** 2000. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implications for restoration ecology (Regeneración forestal en una cronosecuencia de pastizales tropicales abandonados: implicaciones para la ecología de la restauración). *Restoration Ecology*. 8(4): 328-338.
- Aide, T.M.; Zimmerman, J.K.; Rosario, M.; Marcano, H.** 1996. Forest recovery in abandoned cattle pastures along an elevational gradient in northeastern Puerto Rico (Recuperación forestal en pastizales de ganado abandonados a lo largo de un gradiente de elevación en el noreste de Puerto Rico). *Biotropica*. 28(4a): 537-548.
- Alegría, R.E.** 1972. Historia de nuestros indios. Barcelona, España: Talleres Gráficos de Manuel Pareja. 84 p.
- Alegría, R.E.; Rivera Quiñones, E., eds.** 1999. Historia y cultura de Puerto Rico: desde la época precolombina hasta nuestros días. San Juan, Puerto Rico: Fundación Francisco Carvajal. 307 p.
- Almanac.** 2009. NSF funding for critical zone observatory project in Puerto Rico (Financiamiento de NSF para el proyecto de un observatorio de zonas críticas en Puerto Rico.). University of Pennsylvania Almanac. 56(16): 22 de diciembre de 2009.
- Anderson-Córdova, K.** 2000. The aftermath of conquest—the Indians of Puerto Rico during the early sixteenth century (Las secuelas de la conquista: los indios de Puerto Rico a principios del siglo XVI). En: Siegel, P.E., ed. *Ancient Borinquen: archaeology and ethnohistory of native Puerto Rico* (Antiguo Borinquen: arqueología y etnohistoria del nativo Puerto Rico). Tuscaloosa, Alabama: University of Alabama Press: 337-352.
- Angulo-Sandoval, P.; Fernández-Marín, H.; Zimmerman, J.K.; Aide, T.M.** 2004. Changes in patterns of understory leaf phenology and herbivory following hurricane damage (Cambios en los patrones de fenología foliar y herbivoría del sotobosque después de los daños causados por el huracán). *Biotropica*. 36(1): 60-67.
- Anthony, H.E.** 1925-1926. Mammals of Porto Rico, living and extinct (Mamíferos de Puerto Rico, vivos y extintos). En: *Scientific Survey of Porto Rico and the U.S. Virgin Islands* New York: New York Academy of Sciences (Estudio Científico de Puerto Rico e Islas Vírgenes de los Estados Unidos, Nueva York, Academia de Ciencias de Nueva York). 9(1-2): 1-238 p. + placas.
- Arendt, W.J.** 2006. Adaptations of an avian supertramp: distribution, ecology, and life history of the Pearly-eyed thrasher (*Margarops fuscatus*) (Adaptaciones de supertramp aviar: distribución, ecología e historia de vida de la golondrina de ojos nacarados [*Margarops fuscatus*]). Portland, Oregón: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU, Estación de Investigación del Noroeste del Pacífico. 404 p.
- Axelrod, F.S.** 2011. A systematic vademecum to the vascular plants of Puerto Rico (Un vademecum sistemático de las plantas vasculares de Puerto Rico). Fort Worth, Texas: BRIT Press. 428 p + mapas.
- Bagué, J.** 1962. Presencia de los montes en nuestra historia: apuntes conjuntivos. *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. 49(1): 4-77.
- Baker, F.S.** 1950. Principios de silvicultura. Nueva York: McGraw-Hill. 414 p.
- Bannister, B.A.** 1970. Ecological life cycle of *Euterpe globosa* Gaetrn (Ciclo de vida ecológico de *Euterpe globosa* Gaetrn). En: Odum, H.T.; Pigeon, R.F. *A tropical rain forest: a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico*. Springfield, Virginia: Departamento de Comercio de Estados Unidos: 299-314. Capítulo B-18.
- Barnat, J.** 1987. Puerto Rico A-Zeta: enciclopedia alfabética. Barcelona, España: Ediciones Nauta, S.A. p. 249. Vol. 4.
- Barone, J.A.; Thomlinson, J.; Anglada Cordero, P.; Zimmerman, J.K.** 2008. Metacommunity structure of tropical forest along an elevation gradient in Puerto Rico (Estructura metacomunitaria del bosque tropical a lo largo de un gradiente de elevación en Puerto Rico). *Journal of Tropical Ecology*. 24: 525-534.
- Barres, H.** 1963. The 1962 tropical forestry short course (Curso corto de silvicultura tropical de 1962). *Caribbean Forester*. 24(1): 38-39.
- Basnet, K.** 1992a. An experimental study of the slope stability of the rain forest in Puerto Rico (Estudio experimental de la estabilidad de los taludes del bosque tropical en Puerto Rico). *Tropical Ecology*. 33(2): 181-185.
- Basnet, K.** 1992b. Effect of topography on the pattern of trees in tabonuco (*Dacryodes excelsa*) dominated rain forest of Puerto Rico (Efecto de la topografía sobre el patrón de árboles en el tabonuco (*Dacryodes excelsa*) dominado por el bosque tropical de Puerto Rico). *Biotropica*. 24(10): 31-42.
- Basnet, K.** 1993a. Recovery of a tropical rain forest after hurricane damage (Recuperación de un bosque tropical después de los daños causados por un huracán). *Vegetatio*. 109: 1-4.
- Basnet, K.** 1993b. Controls of environmental factors on pattern of Montane rain forest in Puerto Rico. (Controles de los factores ambientales en el patrón del bosque tropical montano en Puerto Rico). *Tropical Ecology*. 34(1): 51-63.
- Basnet, K.; Likens, G.E.; Scatena, F.N.; Lugo, A.E.** 1992. Hurricane Hugo: damage to a tropical rain forest in Puerto Rico (Huracán Hugo: daños a un bosque tropical en Puerto Rico). *Journal of Tropical Ecology*. 8: 47-55.
- Basnet, K.; Scatena, F.N.; Likens, G.E.; Lugo, A.E.** 1993. Ecological consequences of root grafting in tabonuco (*Dacryodes excelsa*) trees in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico (Consecuencias ecológicas del injerto de raíces en árboles de tabonuco [*Dacryodes excelsa*] en el Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico). *Biotropica*. 25(1): 28-35.
- Bates, Charles Z.** 1927. Árboles exóticos que han prosperado en Puerto Rico desde que fueron introducidos por el Servicio Forestal. *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. 18(2): 105-113.
- 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.
- Bauer, G.P.** 1987. Recreation resources management in the Caribbean National Forest, Puerto Rico (Manejo de recursos recreativos en el Bosque Nacional del Caribe, Puerto Rico). En: Lugo, A.E.; Ford, L.B., eds. *Forest recreation in the Caribbean islands* (Recreación forestal en las islas del Caribe). Río Piedras, Puerto Rico: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Estación Experimental del Bosque del Sur, Instituto de Dasonomía Tropical; Bosque Nacional del Caribe: 31-42.
- Bauer, G.P.; Gillespie, A., Jr.** 1990. Volume tables for young plantation-grown hybrid mahogany (*Swietenia macrophylla* x *S. mahagoni*) in the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico (Tablas de volumen de caobas híbridas jóvenes cultivadas en plantaciones [*Swietenia macrophylla* x *S. mahagoni*] en el Bosque Experimental Luquillo de Puerto Rico). Res. Pap. SO-257. Nueva Orleans: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Southern Forest Experiment Station (Estación Experimental del Bosque del Sur). 8 p.
- Bawiec, W.J., ed.** 2001. Geology, geochemistry, geophysics, mineral occurrences and mineral resource assessment for the Commonwealth of Puerto Rico (Geología, geoquímica, geofísica, ocurrencias minerales y evaluación de recursos minerales para el Estado Libre Asociado de Puerto Rico). Informe de archivo abierto 98-38. Washington, DC: Servicio Geológico de EE. UU. 337 p.
- Baynton, H.W.** 1968. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 2 (La ecología de un bosque enano en Puerto Rico, 2). The microclimate of Pico del Oeste (El microclima de Pico del Oeste). *Journal of the Arnold Arboretum*. 49(4): 419-430.
- Baynton, H.W.** 1969. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 3 (La ecología de un bosque enano en Puerto Rico, 3). Hilltop and forest influences on the microclimate of "Pico del Oeste" (Influencias de la cima y del bosque en el microclima de "Pico del Oeste"). *Journal of the Arnold Arboretum*. 50(1): 80-92.
- Beard, J.S.** 1944. Climax vegetation in tropical America (Vegetación climática en América tropical). *Ecology*. 25: 127-158.
- Beard, J.S.** 1949. Natural vegetation of the Windward and Leeward Islands (Vegetación natural de las Islas de Barlovento y Sotavento). *Oxford Forestry Memoirs*. 21: 1-192.

- Beard, K.H.; Vogt, K.A.; Vogt, D.J. [et al.].** 2005. Structural and functional responses of a subtropical forest to 10 years of hurricanes and droughts (Respuestas estructurales y funcionales de un bosque subtropical a 10 años de huracanes y sequías). *Ecological Monographs*. 75(3): 345-361.
- Beinroth, F.H.** 1969. An outline of the geology of Puerto Rico (Un resumen de la geología de Puerto Rico). Boletín informativo 213. Mayagüez, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico; Río Piedras, Puerto Rico: Estación Experimental Agrícola. 31 p.
- Beissinger, S.R.; Wunderle, J.M., Jr.; Meyers, M. [et al.].** 2008. Anatomy of a bottleneck: diagnosing factors limiting population growth in the Puerto Rican parrot (Anatomía de un obstáculo: diagnóstico de los factores que limitan el crecimiento poblacional de la cotorra puertorriqueña). *Ecological Monographs*. 78(2): 185-203.
- Bell, G.S.** 1976. Notes on natural generation in Dominica, Windward Islands (Notas sobre la generación natural en Dominica, Islas de Barlovento). *Commonwealth Forestry Review*. 55: 27-36.
- Bennett, S.P.** 1996. An overview of Hurricane Hortense and its aftermath (Un resumen del huracán Hortense y sus secuelas). San Juan, Puerto Rico: Servicio Meteorológico Nacional, Oficina de Pronóstico del Tiempo. 4 p. [http://www.srh.noaa.gov/sju/?n=1996\\_hortense](http://www.srh.noaa.gov/sju/?n=1996_hortense). [Fecha de acceso: 8 de septiembre de 2010].
- Benstead, J.P.; March, J.G.; Pringle, C.M.; Scatena, F.N.** 1999. Effects of a low-head dam and water abstraction on migratory tropical stream biota (Efectos de una presa de baja altura y de la extracción de agua sobre la biota de los arroyos tropicales que migra). *Ecological Applications*. 9(2): 656-668.
- Birdsey, R.A.; Weaver, P.L.** 1982. The forest resources of Puerto Rico (Los recursos forestales de Puerto Rico). Res. Bull. SO-85. Nueva Orleans: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Southern Forest Experiment Station (Estación Experimental del Bosque del Sur). 59 p.
- Blundell, A.G.; Scatena, F.N.; Wentsel, R.; Sommers, W.** 2003. Ecorisk assessment using indicators of sustainability (Evaluación del riesgo ecológico mediante indicadores de sostenibilidad). *Journal of Forestry*. 101(1): 14-19.
- Boccheciamp, R.A.** 1977. Soil survey of the Humacao area of eastern Puerto Rico (Estudio del suelo en el área Humacao en el este de Puerto Rico). San Juan, Puerto Rico: Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los EE. UU. 103 p.
- Bogart, D.B.; Arnou, T.; Crooks, J.W.** 1964. Water resources of Puerto Rico: a progress report with a hydrogeologic map by Reginald P. Briggs and J.P. Akers (Recursos hídricos de Puerto Rico: informe de progreso con un mapa hidrogeológico, por Reginald P. Briggs y J.P. Akers). San Juan, Puerto Rico: Servicio Geológico de EE. UU.; Asamblea Legislativa de Puerto Rico; Autoridad de Recursos Hídricos de Puerto Rico; Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico; Compañía de Fomento Industrial de Puerto Rico. 102 p. + 18 apéndices.
- Bond, J.** 1971. *Birds of the West Indies (Aves de las Indias Occidentales)*. Boston, Massachusetts: Londres: Collins. 256 p.
- Boone, R.S.; Chudnoff, M.** 1970. Variations in wood density on the mahoganies of Mexico and Central America (Variaciones en la densidad de la madera en las caobas de México y Centroamérica). *Turrialba*. 20: 369-371.
- Borges, S.; Alfaro, M.** 1997. The earthworms of Baño de Oro, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico (Las lombrices de tierra de Baño de Oro, Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico). *Soil Biology and Biochemistry*. 29(3-4): 231-234.
- Brandeis, T.J.; Helmer, E.H.; Oswalt, S.N.** 2007. El estado de los bosques de Puerto Rico, 2003. Res. Bull. SRS-119. Asheville, Carolina del Norte: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Estación de Investigación del Sur. 72 p.
- Brennan, J.W.** 1991. Meteorological summary of Hurricane Hugo (Resumen meteorológico del huracán Hugo). *Journal of Coastal Research. Special Issue*. 8: 1-12.
- Briscoe, C.B.** 1966. Weather in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (El tiempo en la sierra del Luquillo de Puerto Rico). Res. Pap. ITF-3. Río Piedras, Puerto Rico: Instituto de Dasonomía Tropical. 250 p.
- Briscoe, C.B.; Wadsworth, F.H.** 1970. Stand structure and yield in the tabonuco forest of Puerto Rico (Estructura del bosque y rendimiento en el bosque de Tabonuco de Puerto Rico). En: Odum, H.T.; Pigeon, R.F. A tropical rain forest: a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico. Springfield, Virginia: Departamento de Comercio de Estados Unidos: 79-89. Capítulo B-6.
- Britton, N.L.; Wilson, P.** 1923-1930. Botany of Porto Rico and the Virgin Islands: Spermatophyta and Pteridophyta (Botánica de Puerto Rico e Islas Virgenes: espermatofitas y pteridofitas). Scientific Survey of Porto Rico and the Virgin Islands. Nueva York: (Estudio Científico de Puerto Rico e Islas Virgenes de los Estados Unidos, Nueva York, Academia de Ciencias de Nueva York). 5(1-4): 1-626; 6(1-4): 1-663.
- Brokaw, N.V.L.** 1985. Treefalls, regrowth and community structure in tropical forests (Caída de árboles, recrecimiento y estructura comunitaria en los bosques tropicales). En: Pickett, T.A.; White, P.S., eds. The ecology of natural disturbance and patch dynamics (La ecología de las perturbaciones naturales y la dinámica de los parches). Nueva York: Academic Press: 53-69. Capítulo 4.
- Brokaw, N.V.L.** 1998. *Cecropia schreberiana* in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (*Cecropia schreberiana* en la sierra de Luquillo de Puerto Rico). *The Botanical Review*. 64(2): 91-120.
- Brokaw, N.; Fraver, S.; Grear, J.S. [et al.].** 2004. Disturbance and canopy structure in two tropical forests (Perturbación y estructura del dosel arbóreo en dos bosques tropicales). En: Losos, E.C.; Leigh, E.G., Jr., eds. Tropical forest diversity and dynamism: findings from a large-scale plot network (Diversidad y dinamismo forestal tropical: resultados de una red de parcelas a gran escala). Chicago, Illinois. The University of Chicago Press: 177-194. Capítulo 13.
- Brokaw, N.V.L.; Grear, J.S.** 1991. Forest structure before and after Hurricane Hugo at three elevations in the Luquillo Mountains, Puerto Rico (Estructura del bosque antes y después del huracán Hugo en tres elevaciones en la sierra de Luquillo, Puerto Rico). *Biotropica*. 23(4a): 386-392.
- Brown, K.A.; Scatena, F.N.; Gurevitch, J.** 2006. Effects of an invasive tree on community structure and diversity in a tropical forest in Puerto Rico (Efectos de un árbol invasivo en la estructura y diversidad de la comunidad en un bosque tropical de Puerto Rico). *Forest Ecology and Management*. 222: 145-152.
- Brown, S.; Lugo, A.E.; Silander, S.; Liegel, L.H.** 1983. Research history and opportunities in the Luquillo Experimental Forest (Historia de la investigación y oportunidades en el Bosque Experimental de Luquillo). Gen. Tech. Rep. (Informe técnico general). SO-44. Nueva Orleans: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Southern Forest Experiment Station (Estación Experimental del Bosque del Sur). 128 p.
- Bruner, E.M.** 1919. El Bosque Nacional de Luquillo. *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. 2(5): 33-42.
- Bruner, E.M.** 1923. El problema de la restauración forestal de Puerto Rico. *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. 10(3): 15-21.
- Brunet, J.** 1929. Influencia de las fases de la luna sobre ciertas prácticas agrícolas. *La Hacienda (Puerto Rico)*. 24(6): 254-256.
- Byer, M.D.; Weaver, P.L.** 1977. Early secondary succession in an elfin woodland in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Sucesión secundaria temprana en un bosque enano en la sierra de Luquillo en Puerto Rico). *Biotropica*. 9(1): 35-47.
- Calvesbert, R.J.** 1970. Climate of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands (Clima de Puerto Rico y las Islas Virgenes de los Estados Unidos). Silver Spring, Maryland: Departamento de Comercio de Estados Unidos, Environmental Services Administration (Administración de Servicios Ambientales), Environmental Data Service (Servicio de información medioambiental). 29 p.
- Cardona, W.A.** 1984. El Yunque mineral prospects, eastern Puerto Rico (Los prospectos minerales de El Yunque, en el este de Puerto Rico). *Caribbean Journal of Science*. 20(1-2): 79-87.
- CEEPUR.** 2009. Población de Puerto Rico por municipios: 1930-2000. <http://www.ceepur.org/censo2000/1930-2000.html>. [Fecha de acceso: 13 de mayo de 2009].
- Chinea, J.D.** 1999. Changes in the herbaceous and vine communities at the Bisley Experimental watersheds, Puerto Rico, following Hurricane Hugo (Cambios en las comunidades herbáceas y de vid en las cuencas hidrográficas experimentales de Bisley, Puerto Rico, tras el huracán Hugo). *Canadian Journal of Forest Research*. 29: 1433-1437.
- Chinea, J.D.; Beymer, R.J.; Rivera, C. [et al.].** 1993. An annotated list of the flora of the Bisley area, Luquillo Experimental Forest, 1987 to 1992 (Lista comentada de la flora del área de Bisley, Bosque Experimental de Luquillo, 1987 a 1992). Gen. Tech. Rep. (Informe técnico general). SO-94. Nueva Orleans: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Southern Forest Experiment Station (Estación Experimental del Bosque del Sur). 12 p.
- Chudnoff, M.; Geary, T.F.** 1973. On the heritability of wood density in *Swietenia macrophylla* (Sobre la heredabilidad de la densidad de la madera de la especie *Swietenia macrophylla*). *Turrialba*. 23: 359-362.
- Connell, J.H.** 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs (Diversidad en los bosques tropicales pluviales y arrecifes de coral). *Science*. 199: 1302-1310.
- Cook, M.T.** 1928. Ecological survey of the flora of Porto Rico (Estudio ecológico de la flora de Puerto Rico). *The Journal of the Department of Agriculture of Porto Rico*. 12(1-2): 3-139.
- Covich, A.P.; Crowl, T.A.; Heartsill-Scalley, T.** 2006. Effects of drought and hurricane disturbances on headwater distributions of palaemonid shrimp (*Macrobrachium* spp.) in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Efectos de la sequía y perturbaciones de los huracanes en las distribuciones en nacientes del camarón palemonido [*Macrobrachium* spp.] en la sierra de Luquillo, Puerto Rico). *Journal of the North American Benthological Society*. 25(1): 99-107.
- Covich, A.P.; Crowl, T.A.; Johnson, S.L.; Pyron, M.** 1996. Distribution and abundance of tropical freshwater shrimp along a stream corridor: response to disturbance (Distribución y abundancia de camarones tropicales de agua dulce a lo largo de un corredor fluvial: respuesta a las perturbaciones). *Biotropica*. 28(4a): 484-492.
- Cox, D.P.; Briggs, R.P.** 1973. Metallogenic map of Puerto Rico (Mapa metalogénico de Puerto Rico). San Juan, Puerto Rico: Departamento del Interior de los EE. UU., Servicio Geológico de EE. UU. 6 p. + mapa 1-721.
- Cox, S.B.; Willig, M.R.; Scatena, F.N.** 2002. Variation in nutrient characteristics of surface soils from the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico: a multivariate perspective (Variación en las características nutricionales de los suelos superficiales del Bosque Experimental de Luquillo de Puerto Rico: una perspectiva multivariante). *Plant and Soil*. 247: 189-198.

- Crook, K.E.** 2005. Quantifying the effects of water withdrawal on streams draining the Caribbean National Forest, Puerto Rico (Cuantificación de los efectos de la extracción de agua en los arroyos que drenan el Bosque Nacional del Caribe, Puerto Rico). Atenas, Georgia: Universidad de Georgia. 88 p. Tesis de maestría.
- Crook, K.E.; Scatena, F.N.; Pringle, C.M.** 2007. Water withdrawn from the Luquillo Experimental Forest, 2004 (Agua extraída del Bosque Experimental de Luquillo, 2004). IITF-GTR-34. Río Piedras, Puerto Rico: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. 26 p.
- Crow, T.R.** 1980. A rain forest chronicle: a thirty year record of change in structure and composition at El Verde, Puerto Rico (Crónica del bosque tropical: un registro de treinta años de cambios en la estructura y composición de El Verde, Puerto Rico). *Biotropica*. 12: 42-55.
- Crow, T.R.; Grigal, D.F.** 1979. A numerical analysis of arborescent communities in the rain forest of the Luquillo Mountains, Puerto Rico (Análisis numérico de las comunidades arborescentes en el bosque tropical de la sierra de Luquillo, Puerto Rico). *Vegetatio*. 40: 135-146.
- Crow, T.R.; Weaver, P.L.** 1977. Tree growth in a moist tropical forest of Puerto Rico (Crecimiento arbóreo en un bosque tropical húmedo de Puerto Rico). Res. Pap. ITF-22. Río Piedras, Puerto Rico: Instituto de Dasonomía Tropical. 17 p.
- Cruz, A.** 1987. Avian community organization in a mahogany plantation on a neotropical island (Organización comunitaria de aves en una plantación de caoba en una isla neotropical). *Caribbean Journal of Science*. 23(2): 286-298.
- Cruz, A.** 1988. Avian resource use in a Caribbean Pine plantation (Uso de recursos aviarios en una plantación de pino caribeño). *Journal of Wildlife Management*. 52(2): 274-279.
- Dallmeier, F.; Comisky, J.A.; Scatena, F.N.** 1998. Five years of forest dynamics following Hurricane Hugo in Puerto Rico's Luquillo Experimental Forest (Cinco años de dinámica forestal después del huracán Hugo en el Bosque Experimental de Luquillo de Puerto Rico). En: Dallmeier, F.; Comisky, J.A., eds. *Forest biodiversity in North, Central and South America, and the Caribbean: research and monitoring* (Biodiversidad forestal en América del Norte, Central y del Sur y el Caribe: investigación y monitoreo). Programa El Hombre y la Biosfera Vol. 21 París: UNESCO; Pearl River, Nueva York: The Parthenon Publishing Group: 231-248.
- Dallmeier, F.; Comisky, J.A.** 1998. Forest biodiversity in North, Central and South America, and the Caribbean: research and monitoring (Biodiversidad forestal en América del Norte, Central y del Sur y el Caribe: investigación y monitoreo). Programa El Hombre y la Biosfera Vol. 21 París: UNESCO; Pearl River, Nueva York: The Parthenon Publishing Group. 768 p.
- Daly, C.; Helmer, E.H.; Quiñones, M.** 2003. Mapping the climate of Puerto Rico, Vieques and Culebra (Mapeo del clima de Puerto Rico, Vieques y Culebra). *International Journal of Climatology*. 23: 1359-1381.
- Danforth, S.T.** 1926. An ecological study of Cartagena Lagoona, Porto Rico, with special reference to the birds (Estudio ecológico de la Laguna de Cartagena, Puerto Rico, con especial referencia a las aves). *The Journal of the Department of Agriculture of Porto Rico*. 10(1): 1-136.
- Danforth, S.T.** 1936. Los pájaros de Puerto Rico. Chicago, Illinois. Rand McNally and Company: 99-100.
- Acevedo-Rodríguez, P.** 1966. Studies on the vegetation of Puerto Rico. Description and integration of plant-communities. (Estudios sobre la vegetación de Puerto Rico. Descripción e integración de comunidades vegetales). Mayagüez, Puerto Rico: Institute of Caribbean Science Special Publication 1. (Instituto de Ciencias del Caribe, publicación especial). 45 p.
- Daszak, P.; Cunningham, A.A.; Hyatt, A.D.** 2003. Infectious disease and amphibian population declines (Enfermedades infecciosas y disminución de la población de anfibios). *Diversity and Distributions*. 9(2): 141-150.
- Devoe, N.N.** 1989. Differential seeding and regeneration in openings and beneath closed canopy in sub-tropical wet forest (Siembra y regeneración diferencial en aberturas y bajo el dosel arbóreo cerrado en un bosque inundado subtropical). New Haven, Connecticut: Universidad Yale, Escuela de Estudios Forestales y Ambientales. 307 p., Tesis doctoral.
- Díaz Vega, A.** 2004. Misteriosa vivienda en El Yunque. *El Nuevo Día*. 31 de octubre de 2004: 8-9.
- Dombeck, M.** 1999. Soul of the wilderness: a wilderness agenda and legacy for the U.S. Forest Service (El alma de la naturaleza: agenda y legado para el Servicio Forestal de los Estados Unidos). *International Journal of Wilderness*. 5(3): 4-6.
- Domínguez Cristóbal, C.** 1989. Situación forestal de Puerto Rico durante el siglo XIX. *Acta Científica*. 3(1): 24-25.
- Domínguez Cristóbal, C.** 1997a. La historia de la Sierra de Luquillo (Bosque Nacional del Caribe), Parte 1. *Tiempo Libre*. 11(1): 5-10.
- Domínguez Cristóbal, C.** 1997b. Sinopsis histórico de la Sierra de Luquillo (Bosque Nacional del Caribe) Parte 2. *Tiempo Libre*. 11(2): 20-25.
- Domínguez Cristóbal, C.** 1997c. El Bosque Nacional del Caribe (1898-1963) (El Yunque). *ICONOS*. 11 (13-14): 15-24.
- Domínguez Cristóbal, C.** 2000. Panorama histórico forestal de Puerto Rico. San Juan, Puerto Rico: Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 680 p.
- Donnelly, T.W.** 1996. The development of Geologia in Puerto Rico: an histórico sketch (El desarrollo de la geología en Puerto Rico: un boceto histórico). En: Figueroa Colón, ed. *The scientific survey of Puerto Rico and the Virgin Islands—*
- an 80-year reassessment of the island's natural history. (El estudio científico de Puerto Rico y las Islas Vírgenes: una reevaluación de 80 años de la historia natural de la isla). *Anales de la Academia de Ciencias de Nueva York*. 776: 17-40.
- Doyle, T.W.** 1981. The role of disturbance in the gap dynamics of a montane rain forest: An application of a tropical forest succession model (El papel de la perturbación en la dinámica de las brechas de un bosque tropical montano: una aplicación de un modelo de sucesión de bosques tropicales). En: West, D.C. [et al.], eds. *Forest succession concepts and application* (Conceptos y aplicación de la sucesión forestal). Nueva York: Springer-Verlag: 56-73.
- Drew, A.P.** 1998. Growth rings, phenology, hurricane disturbance and climate in *Cyrilla racemiflora* L., a rain forest tree of the Luquillo Mountains, Puerto Rico (Anillos de crecimiento, fenología, perturbación por huracanes y clima en *Cyrilla racemiflora* L., un árbol del bosque tropical de la sierra de Luquillo, Puerto Rico). *Biotropica*. 30(1): 35-49.
- Drew, A.P.; Boley, J.D.; Zhao, Y. [et al.]** 2009. Sixty-two years of change in Subtropical wet forest structure and composition at El Verde, Puerto Rico (Sesenta y dos años de cambios en la estructura y composición del bosque subtropical inundado en El Verde, Puerto Rico). *Interciencia*. 34(1): 34-40.
- Dyrness, C.T.; Franklin, J.F.; Maser, C. [et al.]** 1975. Research natural area needs in the Pacific Northwest: a contribution to land use planning: report on natural area needs workshop (Investigación de las necesidades de las áreas naturales en el Noroeste del Pacífico: una contribución a la planificación del uso de la tierra: informe sobre el taller de necesidades de las áreas naturales). Gen. Tech. Rep. (Informe técnico general). PNW- 38. Portland, Oregón: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station (Estación Experimental del Bosque y la Cordillera del Noroeste del Pacífico). 231 p.
- Eggers, H.F.A.** 1883. Porto Rico: description of the vegetation of the Luquillo Mountains (Puerto Rico: descripción de la vegetación de la sierra de Luquillo). *Nature*. 29: 129-130.
- Bosque Nacional El Yunque.** 2009. Interpretation and conservation education master plan (Plan maestro interpretativo y de educación para la conservación). Río Grande, Puerto Rico: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Bosque Nacional El Yunque. 92 p. + 9 apéndices.
- Bosque Nacional El Yunque.** 2011. Bosque Nacional El Yunque: cronograma del centenario. [www.fs.fed.us/r8/.../aboutcentennial.shtml](http://www.fs.fed.us/r8/.../aboutcentennial.shtml). [Fecha de acceso: 17 de marzo de 2011].
- English, D.B.K.; Kocis, S.M.; Zarnoch, S.J.; Arnold, J.R.** 2002. Forest Service national visitor use monitoring process: research method documentation (Proceso de monitoreo del uso por parte de visitantes nacionales del Servicio Forestal: documentación del método de investigación). Res. Pap. SRS-57. Asheville, Carolina del Norte: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., estación del sur. 14 p.
- Erdman, D.S.** 1972. Inland game fishes of Puerto Rico (Peces de caza en el interior de Puerto Rico). San Juan, Puerto Rico: Departamento de Agricultura, Centralized and Ancillary Operation Services (Servicios de Operación Centralizada y Auxiliar). 4(2): 1-96.
- Erdman, D.S.** 1984. The green stream goby *Sicydium plumieri* in Puerto Rico (El góbido de arroyo verde *Sicydium plumieri* en Puerto Rico). *Tropical Fish Hobbyist*. 34: 70-74.
- Everham, E.M., III.** 1995. Hurricane disturbance and recovery: an empirical and simulation study of vegetation dynamics in the Luquillo Experimental Forest (Perturbación y recuperación de huracanes: estudio empírico y de simulación de la dinámica de la vegetación en el Bosque Experimental de Luquillo). Syracuse, Nueva York: Facultad de Ciencias Ambientales y Forestales de la Universidad Estatal de Nueva York. 363 p., Tesis doctoral.
- Ewel, J.J.; Whitmore, J.L.** 1973. The ecological life zones of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands (Las zonas de vida ecológica de Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos). Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU. Res. Pap. ITF-18. Instituto de Dasonomía Tropical, Río Piedras, Puerto Rico. 72 p.
- Faaborg, J.; Arendt, W.J.** 1990. Long-term studies of Guánica Forest birds (Estudios a largo plazo de aves del Bosque de Guánica). *Acta Científica*. 4(1-3): 69-80.
- Faaborg, J.; Arendt, W.J.** 1992. Rainfall correlates of bird population fluctuations in a Puerto Rican dry forest: a 15 year study (La lluvia se correlaciona con las fluctuaciones en la población de aves en un bosque seco puertorriqueño: estudio de 15 años). *La Revista de la Sociedad de Ornitología Caribeña*. 3: 10-19.
- Federal Committee of Research Natural Areas.** 1968. A directory of research natural areas on Federal lands of the United States of America (Directorio de áreas naturales de investigación en tierras federales de los Estados Unidos de América). Washington, DC: Federal Committee on Research Natural Areas (Comité Federal de Áreas Naturales de Investigación). 129 p.
- Fernández, D.S.; Fetcher, N.** 1991. Changes in light availability following Hurricane Hugo in a subtropical montane forest in Puerto Rico (Cambios en la disponibilidad de luz después del huracán Hugo en un bosque montano subtropical en Puerto Rico). *Biotropica*. 23(4a): 303-399.
- Fetcher, N.; Haines, B.L.; Cordero, R.A. [et al.]** 1996. Responses of tropical plants to nutrients and light on a landslide in Puerto Rico (Respuestas de las plantas tropicales a los nutrientes y a la luz de un desprendimiento en Puerto Rico). *Journal of Ecology*. 84: 331-341.

- Figueroa Colón, J.C.** 1996. Phytogeographical trends, centers of high species richness and endemism, and the question of extinctions in the native flora of Puerto Rico (Tendencias fitogeográficas, centros con mucha riqueza de especies y endemismo, y pregunta sobre las extinciones en la flora nativa de Puerto Rico). En: Figueroa Colón, J.C., ed. The scientific survey of Puerto Rico and the Virgin Islands—an eighty-year reassessment of the island's natural history. (El estudio científico de Puerto Rico y las Islas Vírgenes: reevaluación de ochenta años de la historia natural de la isla). Anales de la Academia de Ciencias de Nueva York. 776: 89-102.
- Foerster, J.W.** 1971. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 14 (La ecología de un bosque enano en Puerto Rico, 14). The algae of Pico del Oeste (Las algas de Pico del Oeste). Journal of the Arnold Arboretum. 52: 86-109.
- Foster, D.R.; Fluet, M.; Boose, E.R.** 1999. Human or natural disturbance: landscape-scale dynamics of tropical forests in Puerto Rico (Perturbaciones humanas o naturales: dinámica a escala de paisaje de los bosques tropicales de Puerto Rico). Ecological Applications. 9(2): 555-572.
- Faaborg, J.; Arendt, W.J.** 1990. Long-term studies of Guánica Forest birds (Estudios a largo plazo de aves del Bosque de Guánica). Acta Científica. 4(1-3): 69-80.
- Faaborg, J.; Arendt, W.J.** 1992. Rainfall correlates of bird population fluctuations in a Puerto Rican dry forest: a 15 year study (La lluvia se correlaciona con las fluctuaciones en la población de aves en un bosque seco puertorriqueño: estudio de 15 años). La Revista de la Sociedad de Ornitología Caribeña. 3: 10-19.
- Federal Committee of Research Natural Areas.** 1968. A directory of research natural areas on Federal lands of the United States of America (Directorio de áreas naturales de investigación en tierras federales de los Estados Unidos de América). Washington, DC: Federal Committee on Research Natural Areas (Comité Federal de Áreas Naturales de Investigación). 129 p.
- Fernández, D.S.; Fetcher, N.** 1991. Changes in light availability following Hurricane Hugo in a subtropical montane forest in Puerto Rico (Cambios en la disponibilidad de luz después del huracán Hugo en un bosque montano subtropical en Puerto Rico). Biotropica. 23(4a): 303-399.
- Fetcher, N.; Haines, B.L.; Cordero, R.A. [et al.].** 1996. Responses of tropical plants to nutrients and light on a landslide in Puerto Rico (Respuestas de las plantas tropicales a los nutrientes y a la luz de un desprendimiento en Puerto Rico). Journal of Ecology. 84: 331-341.
- Figueroa Colón, J.C.** 1996. Phytogeographical trends, centers of high species richness and endemism, and the question of extinctions in the native flora of Puerto Rico (Tendencias fitogeográficas, centros con mucha riqueza de especies y endemismo, y pregunta sobre las extinciones en la flora nativa de Puerto Rico). En: Figueroa Colón, J.C., ed. The scientific survey of Puerto Rico and the Virgin Islands—an eighty-year reassessment of the island's natural history. (El estudio científico de Puerto Rico y las Islas Vírgenes: reevaluación de ochenta años de la historia natural de la isla). Anales de la Academia de Ciencias de Nueva York. 776: 89-102.
- Foerster, J.W.** 1971. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 14 (La ecología de un bosque enano en Puerto Rico, 14). The algae of Pico del Oeste (Las algas de Pico del Oeste). Journal of the Arnold Arboretum. 52: 86-109.
- Foster, D.R.; Fluet, M.; Boose, E.R.** 1999. Human or natural disturbance: landscape-scale dynamics of tropical forests in Puerto Rico (Perturbaciones humanas o naturales: dinámica a escala de paisaje de los bosques tropicales de Puerto Rico). Ecological Applications. 9(2): 555-572.
- Francis, J.K.** 1987. Performance of exotic tree species in Puerto Rico (Comportamiento de especies arbóreas exóticas en Puerto Rico). En: Figueroa, J.C.; Wadsworth, F.H.; Branahan, S., eds. Management of the forests of tropical America: prospects and technologies (Gestión de los bosques de América tropical: posibilidades y tecnologías). San Juan, Puerto Rico: Instituto de Dasonomía Tropical: 377-388.
- Francis, J.K.** 1989. The Luquillo Experimental Forest Arboretum (Arboreto del Bosque Experimental de Luquillo). Res. Note SO-358. Nueva Orleans: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Southern Forest Experiment Station (Estación Experimental del Bosque del Sur), Instituto de Dasonomía Tropical. 8 p.
- Francis, J.K.** 1995. Forest plantations in Puerto Rico (Plantaciones forestales en Puerto Rico). En: Lugo, A.E.; Lowe, C., eds., Tropical forests: management and ecology (Bosques tropicales: gestión y ecología). Nueva York: Springer-Verlag: 210-223. Capítulo 8.
- Francis, J.K.; Gillespie, A.J.R.** 1993. Relating gust speed to tree damage in Hurricane Hugo, 1989 (Relación de la velocidad de las ráfagas de viento con el daño en los árboles durante el huracán Hugo, 1989). Journal of Arboriculture. 19(6): 368-373.
- Francis, J.K.; Liogier, H.A.** 1991. Naturalized exotic tree species in Puerto Rico (Especies de árboles exóticos naturalizados en Puerto Rico). Gen. Tech. Rep. (Informe técnico general). SO-82. Nueva Orleans: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. 12 p.
- Francis, J.K.; Lowe, C.A.** 2000. Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. Río Piedras, Puerto Rico: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. 582 p.
- Francis, J.K.; Weaver, P.L.** 1988. Performance of Hibiscus elatus in Puerto Rico (Comportamiento de la especie Hibiscus elatus en Puerto Rico). Commonwealth Forestry Review. 67(4): 327-338.
- Franco, P.A.; Weaver, P.L.; Eggen-McIntosh, S.** 1997. The forest resources of Puerto Rico, 1990 (Los recursos forestales de Puerto Rico, 1990). Res. Bull. SRS-22. Asheville, Carolina del Norte: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Estación de Investigación del Sur. 45 p.
- Frangi, J.L.; Lugo, A.E.** 1985. Ecosystem dynamics of a subtropical floodplain forest (Dinámica del ecosistema de un bosque inundable subtropical). Ecological Monographs. 55(3): 351-369.
- Frangi, J.L.; Lugo, A.E.** 1991. Hurricane damage to a flood plain forest in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Daños causados por huracanes en un bosque inundable en la sierra de Luquillo, Puerto Rico). Biotropica. 23(4a): 324-335.
- Frangi, J.L.; Lugo, A.E.** 1998. A flood plain palm forest in the Luquillo Mountains of Puerto Rico five years after Hurricane Hugo (Un bosque inundable de palmeras en la sierra de Luquillo de Puerto Rico, cinco años después del huracán Hugo). Biotropica. 30(3): 339-348.
- Fulford, M.; Crandall, B.; Stotler, R.** 1970. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 11 (La ecología de un bosque enano en Puerto Rico, 11). The leafy Hepaticae of Pico del Oeste (Las hepáticas frondosas de Pico del Oeste). Journal of the Arnold Arboretum. 51: 56-69.
- Fulford, M.; Crandall, B.; Stotler, R.** 1971. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 15 (La ecología de un bosque enano en Puerto Rico, 15). A study of the leafy Hepatic flora of the Luquillo Mountains (Estudio de la flora hepática frondosa en la sierra de Luquillo). Journal of the Arnold Arboretum. 52 (3): 435-458.
- Gannon, M.R.; Kurta, A.; Rodríguez-Durán, A.; Willig, M.R.** 2005. Bats of Puerto Rico: an island focus and a Caribbean perspective (Murciélagos de Puerto Rico: un enfoque isleño y una perspectiva caribeña). Lubbock, Texas: Texas Tech University Press. 239 p.
- Gannon, M.R.; Willig, M.R.** 1994. The effects of Hurricane Hugo on bats of the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico (Los efectos del huracán Hugo en los murciélagos del Bosque Experimental de Luquillo de Puerto Rico). Biotropica. 26(3): 320-331.
- García-Martinó, A.R.; Warner, G.S.; Scatena, F.N.; Civco, D.L.** 1996. Rainfall, runoff and elevation relationships in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Las relaciones entre la lluvia, la escorrentía y la elevación en la sierra de Luquillo de Puerto Rico). Caribbean Journal of Science. 32(4): 414-424.
- García-Montiel, D.C.; Scatena, F.N.** 1994. The effect of human activity on the structure and composition of a tropical forest in Puerto Rico (El efecto de la actividad humana en la estructura y la composición de un bosque tropical en Puerto Rico). Forest Ecology and Management. 63: 57-78.
- Gates, O.M.** 1969. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 4 (La ecología de un bosque enano en Puerto Rico, 4). Transpiration rates and temperature of leaves in cool humid environment (Tasas de transpiración y temperatura de las hojas en un ambiente fresco y húmedo). Journal of the Arnold Arboretum. 50(1): 93-98.
- Geary, T.F.** 1969. Adaptability of Mexican and Central American provenances of *Swietenia* in Puerto Rico and Saint Croix (Adaptabilidad de las procedencias mexicanas y centroamericanas de la especie *Swietenia* en Puerto Rico y Santa Cruz). FAO/IUFRO FO-FTB-69-2/19. En: Segunda Consulta Mundial sobre Mejora de Árboles Forestales. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 9 p.
- Geary, T.F.; Barres, H.; Ybarra-Coronado.** 1973. Seed source variation in Puerto Rico and Virgin Islands grown mahoganies (Variación de la fuente semillera en caobas cultivadas en Puerto Rico y las Islas Vírgenes). Res. Pap. ITF-17. Río Piedras, Puerto Rico: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., Instituto de Dasonomía Tropical. 24 p.
- Gerhart, G.A.** 1936a. Desarrollo de actividades recreativas. Revista de Agricultura de Puerto Rico. 27: 31-35.
- Gerhart, G.A.** 1936b. El Cuerpo Civil de Conservación en Puerto Rico. Revista de Agricultura de Puerto Rico. 28: 292-299.
- Gifford, J.C.** 1905. The Luquillo Forest Reserve, Porto Rico (La reserva forestal de Luquillo, Puerto Rico). Departamento de Agricultura de los EE. UU., Oficina Forestal, boletín n.º 54. Washington, DC: Oficina de Publicaciones del Gobierno de los Estados Unidos. 52 p.
- Gill, A.M.** 1969. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 6 (La ecología de un bosque enano en Puerto Rico, 6). Aerial roots (Raíces aéreas). Journal of the Arnold Arboretum. 50(2): 197-209.
- Gill, T.** 1931. Tropical forests of the Caribbean (Los bosques tropicales del Caribe). Baltimore, Maryland: Tropical Plant Research Foundation (Fundación de Investigación de Plantas Tropicales). Charles Lathrop Pack Forestry Trust. 318 p.
- Gleason, H.A.; Cook, M.T.** 1927. Scientific Survey of Porto Rico and the Virgin Islands (Estudio científico de Puerto Rico y las Islas Vírgenes). Plant ecology of Porto Rico (Ecología vegetal de Puerto Rico). Nueva York: Academia de Ciencias de Nueva York. 7(1-2): 3-173 p. + placas.
- Glogiewicz, J.S.** 1986. Performance of Mexican, Central American, and West Indian provenances of *Swietenia* grown in Puerto Rico (Comportamiento de las procedencias mexicanas, centroamericanas y de las indias occidentales de la

- especie *Swietenia* cultivadas en Puerto Rico). Siracusa, Nueva York: Facultad de Ciencias Ambientales y Forestales de la Universidad Estatal de Nueva York. 69 p. Tesis de maestría.
- Gómez-Pompa, A.; Vázquez-Yanes, C.** 1974. Studies of the secondary succession of tropical lowlands (Estudios de la sucesión secundaria de tierras bajas tropicales). Life cycle of secondary species (Ciclo de vida de especies secundarias). En: Proceedings of the First International Congress of Ecology: structure, functioning and management of ecosystems (Actas del Primer Congreso Internacional de Ecología: estructura, funcionamiento y gestión de los ecosistemas). Wageningen, Países Bajos: Centre for Agricultural Publishing and Documentation (Centro de Edición y Documentación Agrícola). 336-342.
- González, G.; García, E.; Cruz, V.; Borges, S.; Zalamea, M.; Rivera, M.** 2007. Earthworm communities along an elevational gradient in northeastern Puerto Rico (Comunidades de lombrices de tierra a lo largo de un gradiente de elevación en el noreste de Puerto Rico). *European Journal of Soil Biology*. 43: S24-S32.
- González-Cabán, A.; Loomis, J.** 1999. Measuring the economic benefit of maintaining the ecological integrity of the Río Mameyes in Puerto Rico (Medición del beneficio económico de mantener la integridad ecológica del Río Mameyes en Puerto Rico). Res. Pap. PSW-RP-240. Albany, California: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Estación de Investigación del Pacífico Suroeste. 61 p.
- Gould, W.A.; Alarcón, C.; Fevold, B.; [et al.].** 2008. The Puerto Rico Gap Analysis Project, Volume 1: land cover, vertebrate species distributions, and land stewardship (El proyecto de análisis de brechas en Puerto Rico, volumen 1: cobertura de la tierra, distribución de especies de vertebrados y administración de la tierra). IITF-GTR-39. Río Piedras, Puerto Rico: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. 165 p.
- Gould, W.A.; González, G.; Carrero Rivera, G.** 2006. Structure and composition of vegetation along an elevational gradient in Puerto Rico (Estructura y composición de la vegetación a lo largo de un gradiente de elevación en Puerto Rico). *Journal of Vegetation Science*. 17: 653-664.
- Grubb, P.J.** 1971. Interpretation of the "Massenerhebung Effect" on tropical mountains (Interpretación del "efecto Massenerhebung" en las montañas tropicales). *Nature*. 229: 44-45.
- Grubb, P.J.** 1977. Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains with special reference to mineral nutrition (Control del crecimiento y la distribución forestal en montañas tropicales muy húmedas con especial referencia a la nutrición mineral). *Annual Review of Ecology and Systematics*. 8: 83-107.
- Guariguata, M.R.** 1990. Landslide disturbance and forest regeneration in the upper Luquillo Mountains of Puerto Rico (Perturbación por desprendimiento y regeneración de bosques en la parte superior de la sierra de Luquillo de Puerto Rico). *Journal of Ecology*. 78: 814-832.
- Guariguata, M.R.; Larsen, M.C.** 1990. Preliminary map showing landslides in the El Yunque quadrangle, Puerto Rico (Mapa preliminar de los desprendimientos del cuadrilátero El Yunque, Puerto Rico). Informe de archivo abierto 89-257. 1:20,000. San Juan, Puerto Rico: Servicio Geológico de EE. UU. 1 página.
- Guzmán-Grajales, S.M.; Walker, L.R.** 1991. Differential seedling responses to litter after Hurricane Hugo in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico (Respuestas diferenciales de los plantones a la basura después del huracán Hugo en el Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico). *Biotropica*. 23(4a): 407-413.
- Harris, N.L.; Hall, C.A.S.; Lugo, A.E.** 2008. Estimates of species- and ecosystem-level respiration of woody stems along an elevational gradient in the Luquillo Mountains, Puerto Rico (Estimaciones de la respiración a nivel de especie y ecosistema de los tallos leñosos a lo largo de un gradiente de elevación en la sierra de Luquillo, Puerto Rico). *Ecological Modelling*. 216: 253-264.
- Heartsill Scalley, T.; Estrada Ruiz, C.R.; Moya, S.** 2006. Patrones de lluvia, transcolación y flujo de nutrientes en las cuencas de Bisley, Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico. *Acta Científica*. 20(1-3): 67-88.
- Heartsill Scalley, T.; Scatena, F.N.; Lugo, A.E. [et al.].** 2010. Changes in structure, composition, and nutrients during 15 years of hurricane-induced succession in a subtropical wet forest in Puerto Rico (Cambios en la estructura, la composición y los nutrientes durante 15 años de sucesión inducida por huracanes en un bosque muy húmedo subtropical de Puerto Rico). *Biotropica*. 42(4): 455-463.
- Hernández Pérez, M.** 2008. Se estrella bimotor en El Yunque. *Primera Hora*. 4 de diciembre de 2008. 2-3.
- Heyne, C.M.** 2000. Soil and vegetation recovery on abandoned paved roads in a humid tropical rain forest, Puerto Rico (Recuperación de suelos y vegetación en caminos pavimentados abandonados en un bosque tropical húmedo, Puerto Rico). Las Vegas, Nevada: Universidad de Nevada. 152 p.
- Hildebrand, S.F.** 1935. An annotated list of fishes of the fresh waters of Puerto Rico (Lista comentada de los peces de agua dulce de Puerto Rico). *Copeia*. 1935(2): 49-56.
- Hildebrand, S.F.** 1935. An annotated list of fishes of the fresh waters of Puerto Rico (Lista comentada de los peces de agua dulce de Puerto Rico). *Copeia*. 1935(2): 49-56.
- Holdridge, L.R.** 1940. The possibility of close cooperation for mutual benefit between agriculture and forestry in the American tropics (La posibilidad de una estrecha cooperación en beneficio mutuo entre la agricultura y la silvicultura en los trópicos americanos). *Caribbean Forester*. 1(3): 25-29.
- Holdridge, L.R.** 1967. Life zone ecology (Ecología de la zona de vida). Edición revisada. San José, Costa Rica: Tropical Science Center. 206 p.
- Howard, R.A.** 1968. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 1 (La ecología de un bosque enano en Puerto Rico, 1). Introduction and composition studies (Estudios de introducción y composición). *Journal of the Arnold Arboretum*. 49(4): 381-418.
- Howard, R.A.** 1969. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 8 (La ecología de un bosque enano en Puerto Rico, 8). Studies of stem growth and form and of leaf structure (Estudios del crecimiento y la forma del tallo y de la estructura de la hoja). *Journal of the Arnold Arboretum*. 50(2): 225-266.
- Howard, R.A.** 1970a. The "alpine" plants of the Antilles (Las plantas "alpinas" de las Antillas). *Biotropica*. 2(1): 24-28.
- Howard, R.A.** 1970b. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 10 (La ecología de un bosque enano en Puerto Rico, 10). Notes on two species of *Marcgravia* (Notas sobre dos especies de *Marcgravia*). *Journal of the Arnold Arboretum*. 51(1): 41-55.
- Huerta, A.** 2004. Historiadores de Puerto Rico (1492-1600). Ponce, Puerto Rico: Pontificia Universidad de Puerto Rico. 350 p.
- Huey, R.B.; Duetsch, C.A.; Tewksbury, J.J. [et al.].** 2008. Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming (Por qué los lagartos de bosques tropicales son vulnerables al calentamiento climático). *Londres, Reino Unido: Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*. 1-10. v. 276 (1664): 1939-1948. Fecha de acceso: 2 de abril de 2009.
- Instituto de Cultura Puertorriqueña.** 1993. Patrimonio histórico edificado de la región este: guía de recursos históricos del este. Humacao, Puerto Rico: Instituto de Cultura Puertorriqueña, Sede Regional del Este. 49 p.
- Institute for Tropical Ecosystems Studies (Instituto para el Estudio de Ecosistemas Tropicales).** 2011. Investigación. [www.web.ites.upr.edu/staff-information](http://www.web.ites.upr.edu/staff-information). [Fecha de acceso: 16 de marzo de 2011].
- Joglar, R.L.** 1998. Los coquíes de Puerto Rico: su historia natural y conservación. San Juan, Puerto Rico: Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 232 p.
- Joglar, R.L., ed.** 2005. Biodiversidad de Puerto Rico: vertebrados terrestres y ecosistemas. San Juan, Puerto Rico: Editorial del Instituto de Cultura Puertorriqueña. 563 p.
- Johnston, M.H.** 1990. Successional change and species/site relationships in a Puerto Rican tropical forest (Cambio sucesorio y relaciones entre especie y sitio en un bosque tropical puertorriqueño). Siracusa, Nueva York: Facultad de Ciencias Ambientales y Forestales de la Universidad Estatal de Nueva York. 253 p., Tesis doctoral.
- Jordan, C.F.** 1970. Flow of soil water in the lower montane tropical rain forest (Flujo de agua de la tierra en un bosque tropical montano bajo). En: Odum, T.; Pigeon, R.F., eds. *A tropical rain forest (Un bosque tropical)*. Springfield, Virginia: Oficina de Publicaciones del Gobierno de los Estados Unidos: 199-200. Capítulo H-18.
- Kartchner, S.C.** 2003. Recreational use of montane streams of the Caribbean National Forest (Uso recreacional de arroyos montanos del Bosque Nacional del Caribe). *Acta Científica*. 17(1-3): 39-57.
- Kasomenakis, S.** 1988. Native orchids of the Luquillo Mountains of eastern Puerto Rico (Orquídeas nativas de la sierra de Luquillo en el este de Puerto Rico). *American Orchid Society Bulletin*. 57(9): 979-988.
- Kepler, A.K.** 1975. Helechos comunes del bosque de Luquillo, Puerto Rico. San Juan, Puerto Rico: InterAmerican University Press. 128 p.
- Kepler, C.** 2009. Hidden in the clouds: the discovery of the Elfin Woods Warbler (Escondida entre las nubes: el descubrimiento de la reinita del bosque enano). *Winging it*. 21(5): 1, 4, 5.
- Kepler, C.B.; Kepler, A.K.** 1970. Preliminary comparison of bird species diversity and density in Luquillo and Guánica forests (Comparación preliminar de la diversidad y la densidad de las especies de aves en los Bosques de Luquillo y de Guánica). En: Odum, H.T.; Pigeon, R.F., eds. *A tropical rain forest (Un bosque tropical)*. Springfield, Virginia: Departamento de Comercio de Estados Unidos: 183-191. Capítulo E-14.
- Kepler, C.B.; Parkes, K.C.** 1972. A new species of warbler (Parulidae) from Puerto Rico (Una nueva especie de reinita [perúlidos] de Puerto Rico). *The Auk*. 89: 1-18.
- Kharecha, P.** 1997. Energy evaluation of the effects of human activities on Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico (Evaluación de la energía de los efectos de las actividades humanas en el Bosque Experimental de Luquillo). Gainesville, Florida: Universidad de Florida, Center for Environmental Policy and Environmental Engineering Sciences (Centro de Política Ambiental y Ciencias de Ingeniería Ambiental). 38 p. Tesis de maestría.
- Kinzig, A.P.; Harte, J.** 2000. Implications of endemics-area relationships for estimates of species extinctions (Implicaciones de las relaciones endémicas-áreas para la estimación de la extinción de especies). *Ecology*. 81(12): 3305-3311.

- Kramer, W.P.** 1926. Cincuenta especies de árboles exóticos que han prosperado en Puerto Rico desde que fueron introducidos por el Servicio Forestal de Puerto Rico. *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. 17(5): 42-43.
- Kramer, W.P.** 1927. Cincuenta especies de árboles exóticos que han prosperado en Puerto Rico desde que fueron introducidos por el Servicio Forestal de Puerto Rico. *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. 18(1): 56-61.
- Kramer, W.P.** 1928. Nuestro bosque tropical nacional. *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. 20(2): 54-55.
- Krug, F.** 1930. El proyecto de Río Blanco. *Revista de Obras Públicas de Puerto Rico*. 7(7): 172-177.
- LaBastille, A.; Pool, D.J.** 1978. On the need for a system of cloud-forest parks in Middle America and the Caribbean (Sobre la necesidad de un sistema de parques de bosque nublado en América Central y el Caribe). *Environmental Conservation*. 5(2): 183-190.
- Lamb, F.B.** 1959. The 1959 tropical forestry training course (Curso de capacitación sobre la silvicultura tropical de 1959). *Caribbean Forester*. 20 (1-2): 11-16.
- Landres, P.; Hennessy, M.B.; Schlenker, K. [et al.].** 2008. Applying the concept of wilderness character to national forest planning, monitoring, and management (Aplicación del concepto de carácter silvestre a la planificación, el monitoreo y la gestión forestal nacional). *Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-217 WWW*. Fort Collins, Colorado: Rocky Mountain Research Station. 45 p.
- Larsen, M.C.** 1997. Tropical geomorphology and geomorphic work: A study of geomorphic processes and sediment and water budgets in montane humid-tropical forested and developed watersheds, Puerto Rico (Geomorfología tropical y trabajos geomórficos: un estudio de los procesos geomórficos y de los balances de sedimentos y agua en las cuencas montañosas húmedo-tropicales forestales y desarrolladas, Puerto Rico). Boulder, Colorado: Universidad de Colorado. 341 p. Tesis doctoral.
- Larsen, M.C.** 2000. Analysis of 20th century rainfall and streamflow to characterize drought and water resources in Puerto Rico (Análisis de las lluvias y los caudales del siglo XX para caracterizar la sequía y los recursos hídricos en Puerto Rico). *Physical Geography*. 21(6): 494-521.
- Larsen, M.C.; Parks, J.E.** 1997. How wide is a road? The association of roads and mass-wasting in a forested montane environment. (¿Qué tan ancho es un camino? La asociación de los caminos y la remoción de masa en un ambiente montano forestal). *Earth Surface processes and Landforms*. 22: 835-848.
- Larsen, M.C.; Torres Sánchez, A.J.** 1992. Landslides triggered by Hurricane Hugo in eastern Puerto Rico, September 1989 (Desprendimientos provocados por el huracán Hugo en el este de Puerto Rico, septiembre de 1989). *Caribbean Journal of Science*. 28(3-4): 113-125.
- Larsen, M.C.; Torres-Sánchez, A.J.** 1998. The frequency and distribution of recent landslides in three montane tropical regions of Puerto Rico (La frecuencia y distribución de los desprendimientos recientes en tres regiones tropicales montañosas de Puerto Rico). *Geomorphology*. 24: 309-331.
- Lavandero, C.F.** 1998. Campamentos de ciudadanos para conservación en Puerto Rico. *Acta Científica*. 12(1-3): 43-57.
- Lawton, R.O.** 1984. Ecological constraints on wood density in a tropical montane forest (Restricciones ecológicas sobre la densidad de la madera en un bosque tropical montano). *American Journal of Botany*. 71(2): 261-267.
- Layton, B.W.** 1986. Reproductive chronology and habitat use by black rats (*Rattus rattus*) in Puerto Rican parrot (*Amazona vittata*) habitat (Cronología reproductiva y uso del hábitat por ratas negras [*Rattus rattus*] en el hábitat de la cotorra puertorriqueña [*Amazona vittata*]). Baton Rouge, Luisiana: Universidad Estatal de Luisiana, School of Forestry, Wildlife and Fisheries (Facultad de Silvicultura, Vida Silvestre y Pesca). 98 p.
- Lebron, M.L.** 1977. An autecological study of *Palicourea riparia* Benth (Rubiaceae): an ecologically important species in the recovery of a disturbed tropical rain forest in Puerto Rico (Un estudio autecológico de la especie *Palicourea riparia* Benth [Rubiaceae]: una especie ecológicamente importante en la recuperación de un bosque tropical perturbado en Puerto Rico). Chapel Hill, Carolina del Norte: Universidad de Carolina del Norte. 238 p. Tesis doctoral.
- Lenart, M.T.; Falk, D.A.; Scatena, F.N.; Osterkamp, W.R.** 2010. Estimating soil turnover rate from tree uprooting during hurricanes in Puerto Rico (Estimación de la tasa de renovación del suelo después de que los huracanes arrancan los árboles de raíz en Puerto Rico). *Forest Ecology and Management*. 250(6): 1076-1084.
- Lewisohn, F.** 1964. Divers information on the romantic history of (Información para buzos sobre la historia romántica de Santa Cruz). Fredericksted, Santa Cruz: St. Croix Landmarks Society. 71 p.
- Liegel, L.H.; Balmer, W.E.; Ryan, G.W.** 1985. Honduras pine spacing trial results in Puerto Rico (Resultados de la prueba de espaciado de pinos de Honduras en Puerto Rico). *Southern Journal of Applied Forestry*. 9(3): 69-75.
- Linsley, R.K., Jr.; Kohler, M.A.; Paulhus, J.L.H.** 1949. Applied hydrology (Hidrología aplicada). Nueva York: McGraw-Hill Book Company. 689 p.
- Liogier, H.A.** 1985-1997. Descriptive flora of Puerto Rico and adjacent islands – Spermatophyta (Flora descriptiva de Puerto Rico e islas adyacentes: espermatofitas). San Juan, Puerto Rico: Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 2347 p. Volúmenes 1 al 5.
- Liogier, H.A.** 1996. Botany and botanists in Puerto Rico (Botánica y botánicos en Puerto Rico). En: Figueroa Colón, ed. The scientific survey of Puerto Rico and the Virgin Islands – an eighty-year reassessment of the island's natural history (Estudio científico de Puerto Rico y las Islas Vírgenes: reevaluación de ochenta años de la historia natural de la isla). *Anales de la Academia de Ciencias de Nueva York*. 776: 41-53.
- Little, E.L., Jr.** 1970. Relationships of trees of the Luquillo Experimental Forest (Relaciones entre los árboles del Bosque Experimental de Luquillo). En: Odum, H.T.; Pigeon, R.F. A tropical rain forest: a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico. Springfield, Virginia: Departamento de Comercio de Estados Unidos: 47-58. Capítulo B-3.
- Little, E.L., Jr.; Wadsworth, F.H.** 1964. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands (Árboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes). *Agric. Handb (Manual de agricultura)*. N.º 249. Washington, DC: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU. 548 p.
- Little, E.L., Jr.; Woodbury, R.O.; Wadsworth, F.H.** 1974. Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands (Los árboles de Puerto Rico y las Islas Vírgenes). *Agric. Handb (Manual de agricultura)*. 449. Washington, DC: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU. 1024 p.
- Little, E.L., Jr.; Woodbury, R.O.** 1976. Trees of the Caribbean National Forest (Los árboles del Bosque Nacional del Caribe). *Forest Service Research Paper (Trabajo de investigación del Servicio Forestal) ITF-20*. Río Piedras, Puerto Rico: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., Instituto de Dasonomía Tropical. 27 p.
- Little, E.L., Jr.; Woodbury, R.O.** 1980. Rare and endemic trees of Puerto Rico and the Virgin Islands (Árboles raros y endémicos de Puerto Rico y las Islas Vírgenes). *Conservation Research Paper No. 27 (Trabajo de investigación sobre la conservación n.º 27)*. Washington, DC: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU. 26 p.
- Lodge, D.J.; Scatena, F.N.; Asbury, C.E.; Sánchez, M.J.** 1991. Fine litterfall and related nutrient inputs resulting from Hurricane Hugo in Subtropical Wet and Lower montane rain forests of Puerto Rico (Hojarasca buena y aportes de nutrientes relacionados como resultado del huracán Hugo en los bosques tropicales montañosos bajos y bosques subtropicales muy húmedos de Puerto Rico). *Biotropica*. 23(4a): 336-342.
- Longwood, F.R.** 1955. Industrial wood use in Puerto Rico (Uso industrial de la madera en Puerto Rico). *Caribbean Forester*. 16(3-4): 64-97.
- Longwood, F.R.** 1961. Puerto Rican woods: their machining, seasoning and related characteristics (Bosques de Puerto Rico: maquinado, estacionamiento y características relacionadas). *Agric. Handb (Manual de agricultura)*. 205. Washington, DC: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU. 98 p.
- Lugo, A.E.** 1986. Water and the ecosystems of the Luquillo Experimental Forest (El agua y los ecosistemas del Bosque Experimental de Luquillo). *GTR-SO-63*. Nueva Orleans: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Southern Forest Experiment Station (Estación Experimental del Bosque del Sur). 17 p.
- Lugo, A.E.** 1987. Biosphere Reserves in the tropics: an opportunity for integrating wise use and preservation of biotic resources (Reservas de biosfera en los trópicos: una oportunidad para integrar el uso racional y la preservación de los recursos bióticos). En: 4th World Wilderness Congress for worldwide conservation; Proceedings of the symposium on biosphere reserves (4.º Congreso Mundial de Áreas Silvestres para la conservación mundial; Actas del simposio sobre reservas de biosfera). Atlanta: Departamento del Interior de los EE. UU., Servicio de Parques Nacionales: 53-61.
- Lugo, A.E.** 1994. Preservation of primary forests in the Luquillo Mountains, Puerto Rico (Preservación de los bosques primarios en la sierra de Luquillo, Puerto Rico). *Conservation Biology*. 8(4): 1122-1131.
- Lugo, A.E.** 2008. Visible and invisible effects of hurricanes on forest ecosystems: an international review (Los efectos visibles e invisibles de los huracanes en los ecosistemas forestales: un análisis internacional). *Austral Ecology*. 33: 368-398.
- Lugo, A.E.; Brown, S.** 1981. Ecological monitoring in the Luquillo Forest Reserve (Monitoreo ecológico en la Reserva Forestal de Luquillo). *Ambio*. 10(2-3): 102-107.
- Lugo, A.E.; Figueroa, J.** 1985. Performance of *Anthocephalis chinensis* in Puerto Rico (Comportamiento de la especie *Anthocephalis chinensis* en Puerto Rico). *Canadian Journal of Forest Research*. 15: 577-585.
- Lugo, A.E.; Frangi, J.L.** 1993. Fruit fall in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico (Caida de frutos en el Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico). *Biotropica*. 25(1): 73-84.
- Lugo, A.E.; Frangi, J.L.** 2003. Changes in necromass and nutrients on the forest floor of a palm floodplain forest in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Cambios en la necromasa y los nutrientes del suelo forestal de un bosque inundable de palmeras en la sierra de Luquillo de Puerto Rico). *Caribbean Journal of Science*. 39(3): 265-272.
- Lugo, A.E.; López, T. del M.; Ramos, O.M.** 2000. Zonificación de terrenos en la periferia de El Yunque. *GTR-IITF-16*. Río Piedras, Puerto Rico: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. 12 p.

- Lugo, A.E.; López, T. del M.; Ramos González, O.M.; Velez, L.L.** 2004. Urbanización de los terrenos en la periferia de El Yunque. GTR-WO-66. Washington, DC: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU. 29 p.
- Lugo, A.E.; Lowe, C.** 1995. Tropical forests: management and ecology (Bosques tropicales: gestión y ecología). Nueva York: Springer-Verlag. 461 p.
- Lugo, A.E.; Rivera Batlle, C.T.** 1987. Leaf production, growth rate, and age of the palm *Prestoea montana* in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico (Producción foliar, tasa de crecimiento y edad de la palma *Prestoea montana* en el Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico). *Journal of Tropical Ecology*. 3: 151-161.
- Lugo, A.E.; Salgado Herrera, M.; Ramírez, J.; Pérez Castro, I.E.** 1999. Estructura y composición del sotobosque de plantaciones en el arbolito del Bosque Experimental de Luquillo. *Acta Científica*. 13(1-3): 89-105.
- Lugo, A.E.; Wadsworth, F.H.** 1990. *Dacryodes excelsa* Vahl, Tabonuco, Burseraceae, Bursera family (*Dacryodes excelsa* Vahl, Tabonuco, Burseraceae, familia *Bursera*). En: Burns, R.M.; Honkala, B.H., tech. coords. *Silvics of North America*: 2, Hardwoods. Agric. Handb (Manual de agricultura). 654. Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU. Washington, DC: Oficina de Publicaciones del Gobierno de los Estados Unidos: 284-287. Vol. 2.
- LUQUILLO LTER.** 2011. Publicaciones. [luq.lternet.edu/publications/lterpub/peerbib.html](http://luq.lternet.edu/publications/lterpub/peerbib.html). [Fecha de acceso: 10 de marzo de 2011].
- Lyford, W.H.** 1969. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 7 (La ecología de un bosque enano en Puerto Rico, 7). Soil, root, and earthworm relationships (Relaciones entre el suelo, las raíces y las lombrices de tierra). *Journal of the Arnold Arboretum*. 50(2): 210-224.
- Maldonado, E.D.** 1962. Durabilidad de postes tratados para su finca. *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. 49(1): 165-168.
- Man and the Biosphere (MAB).** 1975. Biosphere reserves (Reservas de la biosfera). París, Francia: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Secretaría, programa El Hombre y la Biosfera. 1 p. + mapa
- March, J.G.; Benstead, J.P.; Pringle, C.M.; Scatena, F.N.** 2003. Damming tropical island streams: problems, solutions, and alternatives (Represamiento de arroyos en islas tropicales: problemas, soluciones y alternativas). *Bioscience*. 53(11): 1069-1078.
- Marino, J.** 2011. What caused our water shortage? (¿Qué causó la escasez de agua?). *Caribbean Business*. 5 de mayo de 2011. 16-20.
- Marrero, J.** 1947. A survey of the forest plantations in the Caribbean National Forest (Estudio sobre las plantaciones forestales en el Bosque Nacional del Caribe). *Ann Arbor, Michigan: Universidad de Michigan. Facultad de Silvicultura y Conservación*. 167 p. Tesis de maestría.
- Marrero, J.** 1948. Repoblación forestal en el Bosque Nacional del Caribe de Puerto Rico: experiencias en el pasado como guía para el futuro. *Caribbean Forester*. 9: 148-213.
- Marrero, J.** 1950. Reforestation of degraded lands in Puerto Rico (Reforestación de tierras degradadas en Puerto Rico). *Caribbean Forester*. 11(1): 3-15.
- Martínez-Fernández, L.** 1998. Puerto Rico in the whirlwind of 1898: conflict, continuity, and change (Puerto Rico en el tornado de 1898: conflicto, continuidad y cambio). *OAH Magazine of History*. 12(3): 24-29.
- Martorel, L.F.** 1945. A survey of the forest insects of Puerto Rico (Estudio de los insectos forestales de Puerto Rico). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. 29: 70-608.
- May, D.W.** 1924. La influencia de la luna. *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. 12: 233-236.
- McCool, S.F.; Cole, D.N., eds.** 1997. Proceedings—limits of acceptable change and related planning processes: progress and future directions (Registros: límites de los cambios aceptables y procesos de planificación relacionados: progreso y direcciones futuras). GTR-INT-371. Ogden, Utah: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Intermountain Research Station (Estación de Investigación de Intermontaña). 84 p.
- McCormick, J.F.** 1995. A review of the population dynamics of selected tree species in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico (Revisión de la dinámica poblacional de especies arbóreas seleccionadas en el Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico). En: Lugo, A.E.; Lowe, C. *Tropical forests: management and ecology* (Bosques tropicales: gestión y ecología). Nueva York: Springer-Verlag: 224-257.
- Medina, E.; Cuevas, E.; Weaver, P.L.** 1981. Composición foliar y transpiración de especies leñosas de Pico del Este, sierra de Luquillo, Puerto Rico. *Acta Científica Venezolana*. 32: 159-165.
- Meyerhoff, H.A.** 1933. Geology of Puerto Rico (Geología de Puerto Rico). Río Piedras, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico. 306 p.
- Mitchell, R.C.** 1954. A survey of the geology of Puerto Rico (Estudio sobre la geología de Puerto Rico). *Tech. Pap. 13*. Río Piedras, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, Estación Agrícola. 167 p.
- Moir, W.H.** 1972. Natural areas (Áreas naturales). *Science*. 177: 396-400.
- Morán Arce, L.** 1971. Enciclopedia clásicos de Puerto Rico, tomo 1. Barcelona, España: Publicaciones Reunidas, S.A. 477 p.
- Mosquera, M.; Feheley, J.** 1984. Bibliography of forestry in Puerto Rico (Bibliografía sobre dasonomía en Puerto Rico). GTR-SO-51. Nueva Orleans: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Southern Forest Experiment Station (Estación Experimental del Bosque del Sur). 196 p.
- Mowbray, A.** 2008. Roads, radar and research: the U.S. military and the Luquillo Forest Reserve (Caminos, radar e investigación: el ejército de Estados Unidos y la Reserva Forestal de Luquillo). En: *Annual letter 2003-2004: 100 years of tropical forestry in Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands* (Carta anual 2003-2004: 100 años de dasonomía tropical en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos). San Juan, Puerto Rico: Departamento de Agricultura de los EE. UU., Instituto Internacional de Dasonomía Tropical: 69-77.
- Muñiz-Meléndez, E.** 1978. Demographic analysis of the life history of *Inga vera* subspecies *vera* (Análisis demográfico de la historia de vida de la especie *Inga vera*, subespecie *vera*). Knoxville, Tennessee: Universidad de Tennessee. 48 p. Tesis de maestría.
- Murphy, L.S.** 1916. Forests of Porto Rico, past present, and future, and their physical and economic development (Bosques de Puerto Rico: pasado, presente y futuro y su desarrollo físico y económico). *Bull.* 354. Washington, DC: Oficina de Publicaciones del Gobierno de los Estados Unidos. 99 p.
- Myster, R.W.; Thomlinson, J.R.; Larsen, M.C.** 1997. Predicting landslide vegetation in patches on landscape gradients in Puerto Rico (Predicción de la vegetación de desprendimientos en parches en gradientes paisajísticos en Puerto Rico). *Landscape Ecology*. 12: 299-307.
- Myster, R.; Walker, L.R.** 1997. Plant successional pathways on Puerto Rican landslides (Vías de sucesión vegetal en desprendimientos en Puerto Rico). *Journal of Tropical Ecology*. 13: 165-173.
- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos.** 2002. *Climatology of the United States No. 81* (Climatografía de los Estados Unidos n.º 81). Monthly normals of temperature, precipitation, and heating and cooling degree days, 1971-2000, Puerto Rico (Valores normales mensuales de temperatura, precipitación y grados de calentamiento y enfriamiento, 1971-2000, Puerto Rico). Asheville, Carolina del Norte: Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos. 13 p.
- Servicio de Parques Nacionales.** 2005. Wild and scenic rivers by State (Ríos salvajes y paisajísticos por estado). <http://www.nps.gov/rivers/wildriverslist.html>. [Fecha de acceso: 25 de diciembre de 2007].
- Naumann, M.** 1994. A water use budget for the Caribbean National Forest of Puerto Rico (Balance de utilización de agua para el Bosque Nacional del Caribe de Puerto Rico). Tesis del programa de posgrado de Europa. Tréveris, Alemania. Universidad de Tréveris. 53 p. + apéndices.
- Neumann, C.J.; Jarvinen, B.R.; Pike, A.C.** 1988. Tropical cyclones in the north Atlantic Ocean (Ciclones tropicales en el norte del océano Atlántico), 1871-1986. *Historical climatology Series* (Series de la climatología histórica) 6-2. Asheville, Carolina del Norte: National Climatic Data Center (Centro Nacional de Datos Climáticos); Coral Gables, FL: National Hurricane Center (Centro Nacional de Huracanes). 186 p.
- Nevling, L.I., Jr.** 1970a. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 5 (La ecología de un bosque enano de Puerto Rico, 5). Chromosome numbers of some flowering plants (Cantidad de cromosomas de algunas plantas con flores). *Journal of the Arnold Arboretum*. 50(1): 99-103.
- Nevling, L.I., Jr.** 1970b. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 12 (La ecología de un bosque enano de Puerto Rico, 12). A new species of *Gonocalyx* (Ericaceae) (Una nueva especie de *Gonocalyx* [Ericaceae]). *Journal of the Arnold Arboretum*. 51(2): 221-227.
- Nevling, L.I., Jr.** 1971. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 16 (La ecología de un bosque enano de Puerto Rico, 16). The flowering cycle and an interpretation of its seasonality (El ciclo de floración y una interpretación de su estacionalidad). *Journal of the Arnold Arboretum*. 52(4): 586-613.
- Nieves, L.O.** 1979. Ecological life history study of *Didymopanax morototoni* (Estudio histórico de la vida ecológica de la especie *Didymopanax morototoni*). Río Piedras, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, Departamento de Biología. 85 p. Tesis de maestría.
- Nieves, L.O.** 1998. Ecological study of the freshwater stream fishes of the upper Mameyes River (Bisley) in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Estudio ecológico de los peces de arroyos de agua dulce de la parte superior del Río Mameyes [Bisley] en la sierra de Luquillo de Puerto Rico). Fairfax, VA: Universidad George Mason. 177 p. Tesis doctoral.
- Nolla, J.A.B.** 1936. Historia de la agricultura de Puerto Rico. *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. 28(2): 215-219.
- Northern Research Station (Estación de Investigación del Norte).** 2006. Áreas naturales de investigación. NRS Home/Research Programs/Research Natural Areas. [www.nrs.fs.fed.us/research/lands](http://www.nrs.fs.fed.us/research/lands). [Fecha de acceso: 22 de marzo de 2011].
- O'Conner, P.J.; Covich, A.P.; Scatena, F.N.; Loope, L.L.** 2000. Non-indigenous bamboo along headwater streams of the Luquillo Mountains, Puerto Rico: leaf fall, aquatic leaf decay and patterns of invasion (Bambú no nativo junto a las cabeceras de ríos de la sierra de Luquillo, Puerto Rico: caída de hojas, descomposición de las hojas acuáticas y patrones de invasión). *Journal of Tropical Ecology*. 16: 499-516.
- Odum, H.T.** 1970. Rain forest structure and mineral cycling homeostasis (Estructura del bosque tropical y homeostasis del ciclo mineral). En: Odum,

- H.T.; Pigeon, R.F., eds. A tropical rain forest: a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico (Bosque tropical lluvioso: estudio de la radiación y ecología en El Verde, Puerto Rico). Springfield, Virginia: Departamento de Comercio de Estados Unidos: 3-52. Capítulo H-1.
- Odum, H.T.; Drewry, G.; Kline, J.R.** 1970. Climate at El Verde (Clima en El Verde), 1963-1966. En: Odum, H.T.; Pigeon, R.F., eds. A tropical rain forest: a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico (Bosque tropical lluvioso: estudio de la radiación y ecología en El Verde, Puerto Rico). Springfield, Virginia: Departamento de Comercio de Estados Unidos: 347-418. Capítulo B-22.
- Odum, H.T.; Pigeon, R.F., eds.** 1970 A tropical rain forest: a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico (Bosque tropical lluvioso: estudio de la radiación y ecología en El Verde, Puerto Rico). Springfield, Virginia: Departamento de Comercio de Estados Unidos. 1650 p.
- Olander, L.P.; Scatena, F.N.; Silver, W.L.** 1998. Impacts of disturbance initiated by road construction in a subtropical cloud forest in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico (Impactos de las perturbaciones iniciadas por la construcción de rutas en un bosque nuboso subtropical en el bosque experimental de Luquillo, Puerto Rico). *Forest Ecology and Management*. 109: 33-49
- Oliver, J.R.** 1973. Petroglifos en "La Mina". Boletín Informativo Fundación Arqueológica Antropológica e Histórica de Puerto Rico. 1(6): 1-2.
- Ostertag, R.; Scatena, F.N.; Silver, W.L.** 2003. Forest floor decomposition following hurricane inputs in several Puerto Rican forests (Descomposición del suelo de los bosques tras el paso del huracán en varios bosques de Puerto Rico). *Ecosystems (Ecosistemas)*. 6: 261-273.
- Parés Arroyo, M.** 2010. Limitarán el acceso vehicular a El Yunque. *El Nuevo Día*. 30 de junio de 2010: 18.
- Parresol, B.R.; Alemañy, S.** 1998. Analysis of tree damage from Hurricane Hugo in the Caribbean National Forest, Puerto Rico (Análisis de los árboles dañados como consecuencia del huracán Hugo en el Bosque Nacional del Caribe, Puerto Rico). En: Waldrop, T.A., ed. Proceedings of the Ninth Biennial Southern Silvicultural Research Conference (Registros de la Novena Conferencia Bienal de Investigación de Silvicultura del Sur). Asheville, Carolina del Norte: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Southern Forest Experiment Station (Estación Experimental del Bosque del Sur). 599-603.
- Parrotta, J.A.; Lodge, D.J.** 1991. Fine root dynamics in a Subtropical wet forest following Hurricane disturbance in Puerto Rico (Dinámica de la raíz fina en un bosque subtropical muy húmedo tras la perturbación del huracán en Puerto Rico). *Biotropica*. 23(4a): 343-347.
- Persinos, G.J.; Christie, S.K.; Biding, J.M.; Lapiana, M.J.** 1970. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 13 (La ecología de un bosque enano de Puerto Rico, 13). Phytochemical screening and literature survey (Análisis fitoquímico y revisión bibliográfica). *Journal of the Arnold Arboretum*. 51(4): 540-546.
- Picó, R.** 1974. La geografía de Puerto Rico. Chicago, Illinois. Aldine Publishing Company. 439 p.
- PREPA (Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico).** 1974. Informe anual 1973-74. San Juan, Puerto Rico: PREPA. [No paginado].
- Raffaele, H.A.** 1983. A guide to the birds of Puerto Rico and the Virgin Islands (Guía sobre las aves de Puerto Rico y las Islas Vírgenes). San Juan, Puerto Rico: Fondo Educativo Interamericano. 253 p.
- Ramírez, A.; Meléndez-Colom, E.; González, O.** 2004. Resumen meteorológico de la Estación de Campo El Verde. 13 p. <http://ites.upr.edu/>. [Fecha de acceso: 28 de abril de 2009.]
- Ramos González, O.M.** 2001. Assessing vegetation and land cover changes in northeastern Puerto Rico (Evaluación de los cambios de la vegetación y la cubierta del suelo en el noreste de Puerto Rico): 1978-1995. *Caribbean Journal of Science*. 37(1-2): 95-106.
- Reagan, D.P.; Waide, R.B., eds.** 1996 The food web of a tropical rain forest (Red alimenticia de un bosque tropical lluvioso, 1996). Chicago, Illinois. University of Chicago Press. 616 p.
- Recher, H.F.; Recher, J.T.** 1966. A contribution to the knowledge of the avifauna of the Sierra de Luquillo, Puerto Rico (Una contribución para el conocimiento de la avifauna de Sierra de Luquillo, Puerto Rico). *Caribbean Journal of Science*. 6(3-4): 151-161.
- Reyes, G.; Brown, S.; Chapman, J.; Lugo, A.E.** 1992. Wood densities of tropical tree species (Densidades de maderas de especies de árboles tropicales). Gen. Tech. Rep. SO-88. Nueva Orleans: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Southern Forest Experiment Station (Estación Experimental del Bosque del Sur). 15 p.
- Rice, K.; Brokaw, N.; Thompson, J.** 2004. Liana abundance in a Puerto Rican forest (Abundancia de lianas en un bosque de Puerto Rico). *Forest Ecology and Management*. 190: 33-41.
- Richardson, B.A.; Richardson, M.J.; Soto-Adames, F.N.** 2005. Separating the effects of forest type and elevation on the diversity of litter invertebrate communities in a humid tropical forest in Puerto Rico (Separación de los efectos del tipo y la elevación del bosque sobre la diversidad de crías de las comunidades de invertebrados en un bosque tropical húmedo de Puerto Rico). *Journal of Animal Ecology*. 74: 926-936.
- Richardson, B.A.; Richardson, M.J.; González, G. [et al.].** 2010. A canopy trimming experiment in Puerto Rico: the response of invertebrate communities to canopy loss and debris deposition in a tropical forest subject to hurricanes (Experimento de poda de dosel arbóreo en Puerto Rico: la respuesta de las comunidades de invertebrados ante la pérdida de dosel arbóreo y la deposición de escombros en un bosque tropical sujeto a huracanes). *Ecosystems (Ecosistemas)*. 11: 286-301.
- Rivero, J.A.** 1963. *Eleuthrodactylus hedricki*, a new species of frog from Puerto Rico (*Eleuthrodactylus hedricki*, una nueva especie de rana de Puerto Rico). *Breviora*. 185: 1-7.
- Rivero, J.A.** 1978. Los anfibios y reptiles de Puerto Rico. Mayagüez, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, Editorial Universitaria. 152 p. + láminas 63 p.
- Roberts, R.C.** 1942. Soil survey of Puerto Rico (Estudio de suelos de Puerto Rico). Washington, DC: Departamento de Agricultura de los EE. UU., Oficina de Industria de Plantas; Oficina de Publicaciones Gubernamentales. 503 p.
- Robles Gil, P.** 2006. El Carmen—first wilderness designation in Latin America (El Carmen: primera designación de vida silvestre en América Latina). *International Journal of Wilderness*. 12(2): 36-40.
- Robinson, K.** 1997. Where dwarfs reign: a tropical rain forest in Puerto Rico (Donde reinan los bosques enanos: un bosque tropical lluvioso en Puerto Rico). San Juan, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico. 241 p.
- Rodríguez-Vidal, J.A.** 1959. Estudio sobre la cotorra puertorriqueña (*Amazona vittata vittata*). Monografía n.º 1 (Puerto Rico Federal Aid Project W-7-R [Proyecto de Ayuda Federal de Puerto Rico W-7-R]). San Juan, Puerto Rico: Departamento de Agricultura y Comercio, División de la Información. 15 p.
- Rodríguez-Vidal, J.A.** 1962. Estudio sobre la Cotorra Puertorriqueña (*Amazona vittata vittata* Boddaert). *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. 49(2): 67-79.
- Rojas Daporta, M.; Ortiz Otero, B.** 1969. Helicóptero GC sutuá restos. San Juan, Puerto Rico: *El Mundo*. 6 de marzo de 1969: 1 + 19A.
- Rosario Rivera, R.** 1995. La real Cédula de Gracias de 1815 y sus primeros efectos en Puerto Rico. San Juan, Puerto Rico: Primera publicación del libro de P.R. 295 p.
- Ruiz Díaz, B.I.; Flecha, A.; Vilches Norat, M.A. [et al.].** 1999. Baúl de actividades sobre bosques tropicales: Palmer, PR: Bosque Nacional del Caribe. Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Bosque Nacional del Caribe. 260 p.
- Russell, K.W.; Miller, H.A.** 1977. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 17 (La ecología de un bosque enano de Puerto Rico, 17). Epiphytic mossy vegetation of Pico del Oeste (Vegetación epifítica musgosa de Pico del Oeste). *Journal of the Arnold Arboretum*. 58(1): 1-24.
- Salvia, L.A.** 1972. Historia de los temporales de Puerto Rico y las Antillas, 1542 a 1970. Río Piedras, Puerto Rico: Editorial Edil., Universidad de Puerto Rico. 385 p.
- Sastre-de Jesús, I.** 1979. Ecological life cycle of *Buchenavia capitata* (Vahl.) Eichl., a late secondary successional species in the rain forest of Puerto Rico (Ciclo de vida ecológico de la especie *Buchenavia capitata* [Vahl.] Eichl., una especie en etapa de sucesión ecológica secundaria final en el bosque tropical de Puerto Rico). Knoxville, Tennessee: Universidad de Tennessee. 45 p., Tesis de maestría
- Saunders, D.A.; Hobbs, R.J.; Margules, C.R.** 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review (Consecuencias biológicas de la fragmentación de ecosistemas: revisión). *Conservation Biology*. 5(1): 18-32.
- Scatena, F.N.** 1989. An introduction to the physiography and history of the Bisley experimental watersheds in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Introducción a la fisiografía e historia de las cuencas experimentales de Bisley en la sierra de Luquillo de Puerto Rico). GTR-SO-72. Nueva Orleans: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Southern Forest Experiment Station (Estación Experimental del Bosque del Sur). 22 p.
- Scatena, F.N.** 1990. Watershed scale rainfall interception on two forested watersheds in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Intercepción de lluvias a escala de cuencas en dos cuencas boscosas en la sierra de Luquillo de Puerto Rico). *Journal of Hydrology*. 113: 89-102.
- Scatena, F.N.** 1993. The management of Luquillo elfin cloud forest ecosystems: irreversible decisions in a nonsubstitutable ecosystem (La gestión de los ecosistemas del bosque nuboso enano de Luquillo: decisiones irreversibles en un ecosistema no sustituible). En: Hamilton, L.S.; Juvik, J.O.; Scatena, F.N. Tropical montane cloud forests: proceedings of an international symposium (Bosques nubosos montanos tropicales: registros de un simposio internacional). Río Piedras, Puerto Rico: Instituto Internacional de Dasonomía Tropical: 191-198.
- Scatena, F.N.** 1998a. A comparative ecology of the Bisley biodiversity plot and experimental watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico (Ecología comparativa de la parcela de biodiversidad de Bisley y las cuencas experimentales, bosque experimental de Luquillo, Puerto Rico). En: Dallmeier, F.; Comiskey, J.A., eds. Forest biodiversity in North, Central and South America, and the Caribbean (Biodiversidad forestal en América del Norte, Central y del Sur y el Caribe). Pearl River, Nueva York: Parthenon Publishing Group: 213-230.
- Scatena, F.N.** 1998b. An assessment of climate change in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Evaluación del cambio climático en la sierra de Luquillo de Puerto Rico). En: Segarra-Garcá, R.I., ed. Proceedings tropical hydrology and Caribbean water resources, Third international symposium

- on tropical hydrology and Fifth Caribbean Islands water resources congress (Registros: hidrología tropical y recursos del agua del Caribe; tercer simposio internacional sobre hidrología tropical y quinto congreso de recursos del agua de las Islas Caribe). San Juan, PR, Herndon, VA: American Water Resources Association (Asociación Estadounidense de Recursos Hídricos): 193-199.
- Scatena, F.N.** 2002. Ecological rhythms and the management of humid tropical forests: examples from the Caribbean National Forest, Puerto Rico (Ritmos ecológicos y gestión de bosques tropicales húmedos: ejemplos del Bosque Nacional del Caribe, Puerto Rico). *Forest Ecology and Management*. 154: 453-464.
- Scatena, F.N.; Larsen, M.C.** 1991. Physical aspects of hurricane Hugo in Puerto Rico (Aspectos físicos del huracán Hugo en Puerto Rico). *Biotropica*. 23(4a): 317-323.
- Scatena, F.N.; Lugo, A.E.** 1995. Geomorphology, disturbance, and the soils and vegetation in two subtropical wet steepland watersheds of Puerto Rico (Geomorfología, perturbaciones y suelos y vegetaciones en dos cuencas de terreno escarpado húmedo subtropical de Puerto Rico). *Geomorphology*. 13: 199-213.
- Scatena, F.N.; Moya, S.; Estrada, C.; Chinea, J.D.** 1995. The first five years in the reorganization of aboveground biomass and nutrient use following Hurricane Hugo in the Bisley Experimental watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico (Los primeros cinco años en la reorganización de la biomasa aérea y el uso de nutrientes tras el huracán Hugo en las cuencas experimentales de Bisley, bosque experimental de Luquillo, Puerto Rico). *Biotropica*. 28(4a): 424-440.
- Scatena, F.N.; Silver, W.; Siccama, T. [et al.]** 1993. Biomass and nutrient content of the Bisley Experimental watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, before and after Hurricane Hugo (Biomasa y contenido de nutrientes de las cuencas experimentales de Bisley, bosque experimental de Luquillo, Puerto Rico, antes y después del huracán Hugo), 1989. *Biotropica*. 25(1): 15-27.
- Schellekens, J.; Bruijnzeel, L.A.; Scatena, F.N. [et al.]** 2000. Evaporation from a tropical rain forest, Luquillo Experimental Forest, eastern Puerto Rico (Evaporación de un bosque tropical, bosque experimental de Luquillo, este de Puerto Rico). *Water Resources Research*. 36(8): 2183-2196.
- Seiders, V.M.** 1971. Geologic map of the El Yunque quadrangle, Puerto Rico (Mapa geológico del cuadrángulo de El Yunque, Puerto Rico). *Miscellaneous Geologic Investigations Map I-658* (Mapa de diversas investigaciones geológicas I-658). Washington, DC: Servicio Geológico de EE. UU. 1 p. + 1:20,000.
- Seifriz, W.** 1943. The plant life of Cuba (La vida vegetal de Cuba). *Ecological Monographs*. 13: 375-426.
- Shaw, J.D.** 2006. Benefits of a strategic national forest inventory to science and society: the USDA Forest Service Inventory and Analysis program (Beneficios de un inventario forestal nacional estratégico de ciencia y sociedad: Inventario del Servicio Forestal del USDA y programa de análisis). *Forest@* 3(1): 46-53.
- Shiels, A.B.; Zimmerman, J.K.; García-Montiel, D.C. [et al.]** 2010. Plant responses to simulated hurricane impacts in a subtropical wet forest, Puerto Rico (Respuesta de las plantas ante los impactos de un huracán simulado en un bosque muy húmedo subtropical, Puerto Rico). *Journal of Ecology*. 98: 659-673.
- Shreve, F.** 1914. A montane rain forest: a contribution to the physiological plant geography of Jamaica (Bosque tropical montano: una contribución para la geografía fisiológica vegetal de Jamaica). Publicación n.º 199. Washington, D.C.: Carnegie Institute: 1-110.
- Silander, S.R.** 1979. A study of the ecological life history of *Cecropia peltata* L., an early secondary successional species in the rain forest of Puerto Rico (Estudio de la vida ecológica de la especie *Cecropia peltata* L., una especie en etapa de sucesión ecológica secundaria inicial en el bosque tropical de Puerto Rico). Knoxville, Tennessee: Universidad de Tennessee. 94 p., Tesis de maestría
- Silcox, F.A.; Kircher, J.C.** 1936. Caribbean National Forest of Puerto Rico (Bosque Nacional del Caribe de Puerto Rico). Washington, DC: Oficina de Publicaciones del Gobierno de los Estados Unidos. 29 p. + mapas.
- Simon, A.; Larsen, M.C.; Hupp, C.R.** 1990. The role of soil process in determining mechanisms of slope failure and hillslope development in a humid-tropical forest, eastern Puerto Rico (El rol del proceso del suelo a la hora de determinar los mecanismos del desprendimiento de talud y desarrollo de una pendiente en un bosque tropical húmedo, este de Puerto Rico). En: Kneuper, P.; McFadden, L.D., eds. *Geomorphology*. 3: 263-286.
- Smith, E.E.** 1954. The forests of Cuba (Los bosques de Cuba). Maria Moors Cabot Foundation. Publ. n.º 2. Petersham, Massachusetts: Harvard Forest. Cienfuegos, Cuba: Atkins Garden and Research Laboratory. 98 p.
- Smith, R.F.** 1970. The vegetation structure of a Puerto Rican rain forest before and after short-term gamma irradiation (Estructura de la vegetación de un bosque tropical de Puerto Rico antes y después de la radiación gamma a corto plazo). En: Odum, H.T.; Pigeon, R.F. *A tropical rain forest: a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico* (Bosque tropical: estudio de la radiación y ecología en El Verde, Puerto Rico). Springfield, Virginia: Departamento de Comercio de Estados Unidos: 103-140. Capítulo D-3.
- Soil Survey Staff (Personal del estudio de suelos)**. 1995. Order 1 soil survey of the Luquillo long-term ecological research grid, Puerto Rico (Estudio del suelo de Orden 1 de la red de investigación ecológica a largo plazo de Luquillo, Puerto Rico). San Juan, Puerto Rico: Departamento de Agricultura de EE. UU., Servicio Nacional de Conservación de Recursos; Universidad de Puerto Rico, División de Ecología Terrestre. Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU. 92 p. + mapa.
- Snyder, N.F.R.; Wiley, J.W.; Kepler, C.B.** 1987. The parrots of Luquillo: natural history and conservation of the Puerto Rican Parrot (Las cotorras de Luquillo: historia natural y conservación de las cotorras de Puerto Rico). Los Angeles, California: The Western Foundation of Vertebrate Zoology. 384 p.
- Stadtmuller, T.** 1986. Cloud forest in the humid tropics (Bosques nubosos en los trópicos húmedos). Tokio, Japón: Universidad de Naciones Unidas. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE). 81 p.
- Stewart, G.R.** 1941. Storm. Nueva York: Random House. 349 p.
- Thompson, J.; Brokaw, N.; Zimmerman, J.K. [et al.]** 2002. Land use history, environment, and tree composition in a tropical forest (Historia del uso de suelos, del medio ambiente y de la composición de los árboles en un bosque tropical). *Ecological Applications*. 12(5): 1344-1363.
- Thompson, J.; Brokaw, N.; Zimmerman, J.K. [et al.]** 2004. Parcela dinámica del bosque Luquillo. En: Losos, E.C.; Leigh, Jr., E.G., eds. *Tropical forest diversity and dynamism: findings from a long-scale plot network* (Diversidad y dinamismo forestal tropical: resultados de una red de parcelas a gran escala). Chicago, Illinois. University of Chicago Press. 540-550. Capítulo 32.
- Thompson, J.; Lugo, A.E.; Thomlinson, J.** 2007. Land use history, hurricane disturbance, and the fate of introduced species in a subtropical wet forest in Puerto Rico (Historia del uso de suelos, perturbación del huracán y destino de las especies introducidas en un bosque muy húmedo subtropical en Puerto Rico). *Plant Ecology* (Ecología vegetal). 192: 289-301.
- Tomblin, J.** 1981. Earthquakes, volcanoes and hurricanes: a review of natural hazards and vulnerability in the West Indies (Terremotos, volcanes y huracanes: una revisión de los peligros naturales y la vulnerabilidad en las Indias Occidentales). *Ambio*. 10(6): 340-345.
- Torres, C.E.** 2002. Mueren cinco al caer una avioneta. San Juan, Puerto Rico: El Nuevo Día. 6 de enero de 2002: 40.
- Torres, J.A.** 1988. Tropical cyclones effects on insect colonization and abundance in Puerto Rico (Efectos de los ciclones tropicales en la colonización y abundancia de insectos en Puerto Rico). *Acta Científica*. 2(1): 40-44.
- Torres, J.A.** 1992. Lepidoptera outbreaks in response to successional changes after the passage of Hurricane Hugo in Puerto Rico (Aparición masiva de Lepidoptera como consecuencia de cambios de sucesión tras el paso del huracán Hugo en Puerto Rico). *Journal of Tropical Ecology*. 8: 285-298.
- Tropical Forest Experiment Station (Estación experimental de bosques tropicales)**. 1950. 10th Annual report (10.º informe anual). Caribbean Forester. 11: 59-80.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura)**. 2011. [www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/](http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/). [Fecha de acceso: 23 de marzo de 2011].
- Urban, I.** 1903-11. Flora portoricensis. *Symbolae Antillanae*. 4: 1-771.
- Urban, I.** 1924. Apuntes históricos de las investigaciones botánicas de la isla. *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. 12(11): 97-107.
- Uriarte, M.; Canham, III, C.D.; Thompson, J. [et al.]** 2005. Seedling recruitment in a hurricane-driven tropical forest: light limitation, density-dependence and the spatial distribution of parent trees (Recuperación de plántones en bosques tropicales afectados por huracanes: limitación de luz, dependencia de densidad y distribución de espacio de árboles progenitores). *Journal of Ecology*. 93: 291-304.
- Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU.** 1983. The principal laws relating to Forest Service Activities (Las principales leyes relacionadas con las actividades del Servicio Forestal). *Agric. Handb* (Manual de agricultura). N.º 453. Washington, DC: Oficina de Publicaciones del Gobierno de los Estados Unidos. 591 p.
- Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU.** 1997a. Revised land use and resource management plan: Caribbean National Forest—Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico (Plan revisado de gestión de recursos y uso de tierras: Bosque Nacional del Caribe: bosque experimental de Luquillo, Puerto Rico). *Management Bulletin* (Boletín de gestión) R8-MB 80G. Palmer, PR: Caribbean National Forest (Bosque Nacional del Caribe). 5 capítulos + 3 apéndices.
- Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU.** 1997b. Final environmental impact statement for the revised land and resource management plan: Caribbean National Forest—Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico (Declaración final del impacto ambiental para la revisión del plan de gestión de tierras y recursos: Bosque Nacional del Caribe: bosque experimental de Luquillo, Puerto Rico). *Management Bulletin* (Boletín de gestión) R8-MB 80F. Palmer, PR: Caribbean National Forest (Bosque Nacional del Caribe). 5 capítulos + 9 apéndices.
- Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU.** 2006. National visitor use monitoring results for El Yunque National Forest (Resultados de la supervisión nacional sobre el uso del visitante para el Bosque Nacional El Yunque). Atlanta: Region 8, Forest Service (Región 8, Servicio Forestal). 60 p.
- Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU.** 2008. International Institute of Tropical Forestry strategic plan for fiscal years 2008-2012 (Plan estratégico del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical para los años fiscales 2008-2012). FS- 914. Washington, DC: Servicio Forestal. 83 p.

- Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU.**  
2009. Interpretive and conservation education master plan (Plan maestro interpretativo y de educación para la conservación): Bosque Nacional El Yunque. Palmer, PR: Bosque Nacional El Yunque. 92 p.
- Departamento de Agricultura de los EE. UU., Servicio de Conservación de Recursos Naturales.** 2002. Soil survey of the Caribbean National Forest and Luquillo Experimental Forest, Commonwealth of Puerto Rico (Estudio de suelos del Bosque Nacional del Caribe y el Bosque Experimental de Luquillo, Estado Libre Asociado de Puerto Rico). Washington, DC: Departamento de Agricultura de los EE. UU., Servicio de Conservación de Recursos Naturales. 181 p.
- Departamento del Interior de los EE. UU., Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los EE. UU.** 2007. Interior Deputy Secretary Lynn Scarlett joins Fish and Wildlife Service employees and partners for grand opening of the Iguaca Aviary. (Secretaria sustituta del interior, Lynn Scarlett, se une a los empleados y socios del Servicio de Pesca y Fauna para la gran apertura del Aviario Iguaca). Boletín informativo, 28 de abril de 2007. <http://www.fws.gov/southeast/news/2007/r07-066.html>. [Fecha de acceso: 8 de junio de 2010].
- Servicio Geológico de EE. UU.** 1999. Puerto Rico: huracán Georges. Hoja de datos del Servicio Geológico de EE. UU. 040-99, abril de 1999. San Juan, Puerto Rico: Departamento del Interior de los EE. UU., Servicio Geológico de EE. UU. 4 p.
- Valdés Pizzini, M.; González Cruz, M.; Martínez Reyes, J.E.** 2011. La transformación del paisaje puertorriqueño y la disciplina del Cuerpo Civil de Conservación, 1933-1942. Río Piedras, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, Centro de Investigaciones Sociales. 277 p.
- Van der Molen, M.K.; Dolman, A.J.; Waterloo, M.J.; Bruijnzeel, L.A.** 2006. Climate is affected more by maritime than by continental land use change: a multiple scale analysis (El clima se ve más afectado por los cambios marítimos que por los cambios en el uso de tierras continentales: análisis de escala múltiple). *Global and Planetary Change (Cambio global y planetario)*. 54: 128-149.
- Van Valen, L.** 1975. Life, death, and energy of a tree (Vida, muerte y energía de los árboles). *Biotropica*. 7(4): 260-269.
- Ventosa-Febles, E.A.; Camacho Rodríguez, M.; Chabert Llompart, J.L. [et al.].** 2005. Puerto Rico critical wildlife areas (Áreas críticas de vida silvestre de Puerto Rico). San Juan, Puerto Rico: Department of Natural and Environmental Resources, U.S. Bureau of Fish and Wildlife, Terrestrial Resources Division (Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, Oficina de Pesca y Fauna de EE. UU., División de Recursos Terrestres). 385 p.
- Vogt, K.A.; Beard, K.H.; Hammann, S. [et al.].** 2002. Indigenous knowledge informing management of tropical forests: the link between rhythms in plant secondary chemistry and lunar cycles (Conocimiento tradicional que informa sobre la gestión de bosques tropicales: la relación entre los ritmos de la química secundaria vegetal y los ciclos lunares). *Ambio*. 31(6): 485-490.
- Wadsworth, F.H.** 1947a. Growth in the lower montane forest of Puerto Rico (Crecimiento en el bosque montano bajo de Puerto Rico). *Caribbean Forester*. 8: 27-35.
- Wadsworth, F.H.** 1947b. La influencia climatológica e hidrológica de los bosques. *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. 38(1): 83-87.
- Wadsworth, F.H.** 1948. The climate of the Luquillo Mountains and its significance to the people of Puerto Rico (El clima de la sierra de Luquillo y su importancia para las personas de Puerto Rico). *Caribbean Forester*. 9: 321-335.
- Wadsworth, F.H.** 1949. The development of the forest land resources of the Luquillo Mountains, Puerto Rico (Desarrollo de los recursos de tierras forestales de la sierra de Luquillo, Puerto Rico). *Ann Arbor, Michigan: Universidad de Michigan*. 481 p., Tesis doctoral.
- Wadsworth, F.H.** 1950. Notes on the climax forests of Puerto Rico and their destruction and conservation prior to 1900 (Notas sobre los bosques climax de Puerto Rico y su destrucción y conservación antes de 1900). *Caribbean Forester*. 11: 38-47.
- Wadsworth, F.H.** 1951. Forest management in the Luquillo Mountains, I. The setting Caribbean Forester (Gestión forestal en la sierra de Luquillo, I. El entorno. *Caribbean Forester*). 12(3): 93-114.
- Wadsworth, F.H.** 1952a. Forest management in the Luquillo Mountains, II. Planning and multiple use. (Gestión forestal en la sierra de Luquillo, II. Planificación y uso múltiple). *Caribbean Forester*. 13(1): 49-61.
- Wadsworth, F.H.** 1952b. Forest management in the Luquillo Mountains, III. Selection of products and silvicultural policies. (Gestión forestal en la sierra de Luquillo, III. Selección de productos y políticas de silvicultura). *Caribbean Forester*. 13(3): 93-119.
- Wadsworth, F.H.** 1953. New observations of tree growth in tabonuco forest (Nuevas observaciones del crecimiento de árboles en el bosque de Tabonuco). *Caribbean Forester*. 14: 106-111.
- Wadsworth, F.H.** 1970. Review of past research in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Revisión de la investigación anterior en la sierra de Luquillo de Puerto Rico). En: Odum, H.T.; Pigeon, R.F. A tropical rain forest: a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico. Springfield, Virginia: Departamento de Comercio de Estados Unidos: 33-46. Capítulo B-2.
- Wadsworth, F.H.** 2000. Producción forestal para América Tropical. *Manual de Agricultura 710-S*. Washington, DC: Departamento de Agricultura de los EE.UU. Servicio Forestal. 603 p.
- Wadsworth, F.H.; Bonnet, J.A.** 1951. Soil as a factor in the occurrence of two types of montane forest in Puerto Rico (El suelo como factor en los casos de dos tipos de bosques montanos en Puerto Rico). *Caribbean Forester*. 12: 67-70.
- Wadsworth, F.H.; Bryan, B.; Figueroa-Colón, J.** 2010. Cutover tropical forest productivity potential merits assessment, Puerto Rico (Evaluación de los posibles méritos de productividad del bosque tropical cosechado, Puerto Rico). *Bois et Forêts des Tropiques*. 305(3): 33-41.
- Wadsworth, F.H.; Englerth, G.H.** 1959. Effects of the 1956 hurricane on forests of Puerto Rico (Efectos del huracán de 1956 en los bosques de Puerto Rico). *Caribbean Forester*. 20: 38-51.
- Wadsworth, F.H.; Huckenpahler, B.J.; Erelebe, C.F.** 1955. A report on the tropical forestry short course held in Puerto Rico, March 1 to May 29, 1955 (Informe sobre el curso corto de silvicultura tropical que se llevó a cabo en Puerto Rico del 1.º de marzo al 29 de mayo de 1955). *Caribbean Forester*. 16(1-2): 12-23.
- Wadsworth, R.K.** 1977. A study of diameter distributions of an uneven aged tropical forest by means of a transition matrix model (Estudio de las distribuciones de diámetro de un bosque tropical con envejecimiento desigual por medio de un modelo de matriz de transición). Seattle, WA: Universidad de Washington, College of Forest Resources (Instituto de Recursos Forestales). 153 p. Tesis doctoral.
- Wagner, R.J.; Wagner, A.B.; Howard, R.A.** 1970. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 9 (La ecología de un bosque enano de Puerto Rico, 9). Chemical studies of colored leaves (Estudios químicos de hojas coloreadas). *Journal of the Arnold Arboretum*. 50 (4): 556-565.
- Waide, R.B.; Zimmerman, J.K.; Scatena, F.N.** 1998. Controls of primary productivity: lessons from the Luquillo Mountains in Puerto Rico (Controles de la productividad primaria: lecciones de la sierra de Luquillo en Puerto Rico). *Ecology*. 79(1): 31-37.
- Walker, L.R.** 1991. Tree damage and recovery from Hurricane Hugo in Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico (Árboles dañados y recuperación tras el huracán Hugo en el Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico). *Biotropica*. 23(4a): 379-385.
- Walker, L.R.** 1994. Effects of fern thickets on woodland development on landslides in Puerto Rico (Efectos de los matorrales de helechos en el desarrollo del bosque relacionado con los desprendimientos en Puerto Rico). *Journal of Vegetation Science*. 5: 525-532.
- Walker, L.R.** 1995. Timing of post-hurricane tree mortality in Puerto Rico (Lapso de la mortalidad arbórea tras el paso del huracán en Puerto Rico). *Journal of Tropical Ecology*. 11: 315-320.
- Walker, L.R.** 2000. Seedling and sapling dynamics of treefall pits in Puerto Rico (Dinámica de los plantones y retoños y fosas en el suelo debido a la caída de árboles en Puerto Rico). *Biotropica*. 32(2): 262-275.
- Walker, L.R.; Brokaw, N.L.V.; Lodge, D.J.; Waide, R.B.** 1991. Ecosystem, plant, and animal responses to hurricanes in the Caribbean (Respuestas del ecosistema, las plantas y los animales ante los huracanes del Caribe). *Biotropica*. 23(4): 313-521.
- Walker, L.R.; Lodge, D.J.; Brokaw, N.V.L.; Waide, R.B.** 1991. An introduction to hurricanes in the Caribbean (Introducción a los huracanes del Caribe). *Biotropica*. 23(4a): 313-316.
- Walker, L.R.; Neris, L.E.** 1993. Posthurricane seed rain dynamics in Puerto Rico (Dinámica de la lluvia de semillas tras el huracán en Puerto Rico). *Biotropica*. 25(4): 408-418.
- Walker, L.R.; Silver, W.L.; Willig, M.R.; Zimmerman, J.K.** 1996. Long term responses of Caribbean ecosystems to disturbance (Respuestas a largo plazo de los ecosistemas del Caribe ante la perturbación). *Biotropica*. 28(4a): 414-616.
- Walker, L.R.; Voltzow, J.; Ackerman, J.D. [et al.].** 1992. Immediate impact of Hurricane Hugo on a Puerto Rican rain forest (Impacto inmediato del huracán Hugo en un bosque tropical de Puerto Rico). *Ecology*. 73(2): 691-694.
- Walker, L.R.; Whiteaker, L.D.** 1988. Crown shyness in a tropical cloud forest (Timidez entre árboles en un bosque nuboso tropical). *Biotropica*. 20(4): 338-339.
- Walker, L.R.; Zimmerman, J.K.; Lodge, D.J.; Guzmán-Grajales, S.** 1996. An altitudinal comparison of growth and species composition in hurricane-damaged forests in Puerto Rico (Comparación altitudinal del crecimiento y la composición de especies en los bosques dañados por huracanes en Puerto Rico). *Journal of Ecology*. 84: 877-889.
- Ward, S.E.; Lugo, A.E.** 2003. Twenty mahogany provenances under different conditions in Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands (Veinte procedencias de la caoba bajo distintas condiciones en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos). En: Lugo, A.E.; Figueroa Colón, J.; Alayón, M., eds., Big-leaf mahogany: genetics, ecology and management (Caoba de hoja grande: genética, ecología y gestión) Nueva York: Springer: 29-93.
- Wattlington, F.** 2008. Parrots in peril, squirrels in Central Park: a proposition for El Yunque neotropical bioserve forest (Loros y ardillas en peligro en Central Park: una propuesta para el bosque biorreserva neotropical El Yunque). *Gen. Tech. Rep. IITF-GTR-37*. En: Annual letter 2003-2004: 100 years of tropical forestry in Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands (100 años de dasonomía tropical en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de EE. UU.). San Juan, Puerto Rico: Departamento de Agricultura de los EE. UU., Instituto Internacional de Dasonomía Tropical: 78-79.

- Watson, A.E. 2004. Human relationships with wilderness: the fundamental definition of wilderness character (Relaciones humanas con la vida silvestre: la definición principal del carácter de la vida silvestre). *International Journal of Wilderness* 10(3): 4-7.
- Weaver, P.L. 1972. Cloud moisture interception in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Intercepción de humedad de las nubes en la sierra de Luquillo de Puerto Rico). *Caribbean Journal of Science*. 12(3-4): 129-144.
- Weaver, P.L. 1983. Tree growth and stand changes in the subtropical life zones of the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Crecimiento de los árboles y cambios en el rodal de las zonas subtropicales con vida de la sierra de Luquillo de Puerto Rico). Res. Pap. SO-190. Nueva Orleans: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Southern Forest Experiment Station (Estación Experimental del Bosque del Sur). 24 p.
- Weaver, P.L. 1986a. Hurricane damage and recovery in the montane forests of the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Daños del huracán y recuperación en los bosques montanos de la sierra de Luquillo en Puerto Rico). *Caribbean Journal of Science*. 22: 53-70.
- Weaver, P.L. 1986b. Growth and age of *Cyrilla racemiflora* L. in montane forests of Puerto Rico (Crecimiento y edad de la especie *Cyrilla racemiflora* L. en los bosques montanos de Puerto Rico). *Interciencia*. 11(5): 221-228.
- Weaver, P.L. 1987a. Structure and dynamics in the Colorado forest of the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Estructura y dinámica del bosque Colorado en la sierra de Luquillo en Puerto Rico). East Lansing, MI: Universidad del Estado de Michigan, Departamento de Botánica y Patología Vegetal. 296 p., Tesis doctoral.
- Weaver, P.L. 1987b. Ecological observations on *Magnolia splendens* Urban in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Observaciones ecológicas sobre la especie *Magnolia splendens* Urban en la sierra de Luquillo de Puerto Rico). *Caribbean Journal of Science*. 23(3-4): 340-351.
- Weaver, P.L. 1987c. Enrichment plantings in tropical America (Plantaciones de enriquecimiento en América tropical). En: Figueroa, J.C.; Wadsworth, F.H.; Branahan, S., eds. Management of the forests of tropical America: prospects and technologies (Gestión de los bosques de América tropical: posibilidades y tecnologías). San Juan, Puerto Rico: Instituto de Dasonomía Tropical: 259-276.
- Weaver, P.L. 1989a. Taungya plantings in Puerto Rico (Plantaciones mediante el sistema taungya en Puerto Rico). *Journal of Forestry*. 87(3): 37-41.
- Weaver, P.L. 1989b. Forest changes after hurricanes in Puerto Rico's Luquillo Mountains (Cambios en los bosques tras los huracanes en la sierra de Luquillo de Puerto Rico). *Interciencia*. 14(4): 181-192.
- Weaver, P.L. 1989c. Rare trees in the Colorado forest of Puerto Rico's Luquillo Mountains (Árboles poco frecuentes en el bosque Colorado de la sierra de Luquillo de Puerto Rico). *Natural Areas Journal*. 9(3): 169-173.
- Weaver, P.L. 1990. Succession in the elfin woodland of the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Sucesión en un bosque enano en la sierra de Luquillo en Puerto Rico). *Biotropica*. 22(1): 83-89.
- Weaver, P.L. 1991. Environmental gradients affect forest composition in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Gradientes ambientales que afectan la composición del bosque en la sierra de Luquillo en Puerto Rico). *Interciencia*. 16(3): 142-151.
- Weaver, P.L. 1992. An ecological comparison of canopy trees in the montane rain forest of Puerto Rico's Luquillo Mountains (Comparación ecológica de árboles del dosel arbóreo en el bosque tropical montano de la sierra de Luquillo en Puerto Rico). *Caribbean Journal of Science*. 28(1-2): 62-69.
- Weaver, P.L. 1994. Baño de Oro Natural Area, Luquillo Mountains, Puerto Rico. GTR-SO-111. Nueva Orleans: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., Instituto de Dasonomía Tropical. 55 p.
- Weaver, P.L. 1995. The Colorado and dwarf forests of Puerto Rico's Luquillo Mountains (Bosque Colorado y bosques enanos de la sierra de Luquillo de Puerto Rico). En: Lugo, A.E.; Lowe, C., eds., *Tropical forests: management and ecology* (Bosques tropicales: gestión y ecología). Nueva York: Springer-Verlag: 109-141. Capítulo 5.
- Weaver, P.L. 1998. Hurricane effects and long-term recovery in a subtropical rain forest (Efectos del huracán y recuperación a largo plazo en un bosque subtropical). En: Dallmeier, F.; Comiskey, J.A., eds. *Forest biodiversity in North, Central and South America, and the Caribbean* (Biodiversidad forestal en América del Norte, Central y del Sur y el Caribe). Pearl River, Nueva York: Parthenon Publishing Group: 249-270.
- Weaver, P.L. 1999. Impacts of Hurricane Hugo on the dwarf cloud forest of Puerto Rico's Luquillo Mountains (Impactos del huracán Hugo en el bosque nuboso enano de la sierra de Luquillo en Puerto Rico). *Caribbean Journal of Science*. 35(1-2): 101-111.
- Weaver, P.L. 2000a. Environmental gradients affect forest structure in Puerto Rico's Luquillo Mountains (Gradientes ambientales que afectan la estructura del bosque en la sierra de Luquillo de Puerto Rico). *Interciencia*. 25(4): 254-259.
- Weaver, P.L. 2000b. Elfin woodland recovery 30 years after a plane wreck in Puerto Rico's Luquillo Mountains (Recuperación del bosque enano tras 30 años de la caída de un avión en la sierra de Luquillo en Puerto Rico). *Caribbean Journal of Science*. 36(1-2): 1-9.
- Weaver, P.L. 2001. Thinning and regeneration in Puerto Rico's Colorado forest, with comments about their effect on the Puerto Rican Parrot (Raleo y regeneración del bosque Colorado de Puerto Rico con comentarios acerca de su efecto en la cotorra puertorriqueña). *Caribbean Journal of Science*. 37(3-4): 252-258.
- Weaver, P.L. 2002a. The importance of forest cover for water supplies in mountainous Caribbean islands (La importancia de la cubierta del bosque para los suministros de agua en las islas montañosas del Caribe). *International Forestry Review* (Revisión de silvicultura internacional). 4(4): 310-312.
- Weaver, P.L. 2002b. A chronology of hurricane induced changes in Puerto Rico's lower montane rain forest (Cronología de los cambios inducidos por el huracán en el bosque tropical montano bajo de Puerto Rico). *Interciencia*. 27(5): 252-258.
- Weaver, P.L. 2006. Estate Thomas Experimental Forest, St. Croix, U.S. Virgin Islands: research history and potential (Bosque Experimental Estate Thomas, Santa Cruz, Islas Vírgenes de EE. UU.: historia de la investigación y probabilidades). Gen. Tech. Rep. IITF-30. Río Piedras, Puerto Rico: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. 62 p.
- Weaver, P.L. 2008. Dwarf forest recovery after disturbances in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Recuperación del bosque enano tras las perturbaciones en la sierra de Luquillo de Puerto Rico). *Caribbean Journal of Science*. 44(2): 150-163.
- Weaver, P.L. 2010a. Forest structure and composition in the Lower montane rain forest of the Luquillo Mountains in Puerto Rico (Estructura y composición del bosque tropical montano bajo de la sierra de Luquillo en Puerto Rico). *Interciencia*. 35(9): 35(9): 640-656.
- Weaver, P.L. 2010b. Tree species distribution and forest structure along environmental gradients in the dwarf forest of the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Distribución de las especies de árboles y estructura del bosque junto con los gradientes ambientales en el bosque enano de la sierra de Luquillo de Puerto Rico). *Bois et Forêts des Tropiques*. 306(4): 33-44.
- Weaver, P.L. 2011. Área silvestre El Toro, Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico. En: Watson, A.; Murrieta-Saldivar, J.; McBride, B., comps. 2011. Science and Stewardship to Protect and Sustain Wilderness Values (Ciencia y gestión ambiental que protegen y sustentan los valores de las áreas silvestres): Ninth World Wilderness Congress symposium (Noveno simposio del World Wilderness Congress). Proceedings (Registros) RMRS-P-000. Fort Collins, Colorado: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Rocky Mountain Research Station (Estación de Investigación de las Montañas Rocosas): 95-108.
- Weaver, P.L.; Bauer, G.P. 1986. Growth, survival and shoot borer damage in mahogany plantings in the Luquillo Forest in Puerto Rico (Crecimiento, supervivencia y daños al barrenador de brotes en las plantaciones de caoba en el bosque de Luquillo de Puerto Rico). *Turrialba*. 36(4): 509-522.
- Weaver, P.L.; Byer, M.D.; Brook, D. 1973. Transpiration rates in the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Tasas de transpiración en la sierra de Luquillo de Puerto Rico). *Biotropica*. 5(2): 123-133.
- Weaver, P.L.; Francis, J.K. 1990. The performance of *Tectona grandis* in Puerto Rico (El comportamiento de *Tectona grandis* en Puerto Rico). *Commonwealth Forestry Review*. 69(4): 313-323.
- Weaver, P.L.; Gillespie, A.J.R. 1992. Tree biomass equations for the forests of the Luquillo Mountains, Puerto Rico. (Ecuaciones de la biomasa de los árboles para los bosques de la sierra de Luquillo, Puerto Rico). *Commonwealth Forestry Review*. 71(1): 35-39.
- Weaver, P.L.; Medina, E.; Pool, D. [et al.]. 1986. Ecological observations in the dwarf cloud forest of the Luquillo Mountains in Puerto Rico. (Observaciones ecológicas en el bosque nuboso enano de la sierra de Luquillo en Puerto Rico). *Biotropica*. 18(1): 79-85.
- Weaver, P.L.; Murphy, P.G. 1990. Forest structure and productivity in Puerto Rico's Luquillo Mountains (Estructura y productividad del bosque en la sierra de Luquillo de Puerto Rico). *Biotropica*. 22(1): 69-82.
- Weaver, P.L.; Ramírez, J.L.; Coll Rivera, J.L. 1999. Las Cabezas de San Juan Nature Reserve (El Faro). GTR IITF-5. Río Piedras, Puerto Rico: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. 58 p.
- Weaver, P.L.; Schwagerl, J. 2009. U.S. Fish and Wildlife Service refuges and other nearby reserves in southwestern Puerto Rico (Refugios del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los EE. UU. y otras reservas cercanas en el sudoeste de Puerto Rico). GTR-IITF-40. Río Piedras, Puerto Rico: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. 110 p.
- Wellcock, T.R. 2010. The dicky bird scientists take charge: science, policy, and the spotted owl (El ave pequeña que cuidan los científicos: ciencia, política y el búho manchado). *Historia del medio ambiente*. 15: 381-414.
- Wetmore, A. 1916. Aves de Puerto Rico. Departamento de Agricultura de los EE. UU., boletín n.º 326. Washington, DC: Oficina de Publicaciones del Gobierno de los Estados Unidos. 139 p.
- Wetmore, A. 1927. Birds of Porto Rico and the Virgin Islands (Aves de Puerto Rico y las Islas Vírgenes). Scientific Survey of Porto Rico and the U.S. Virgin Islands (Estudio científico sobre Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos). Nueva York: Academia de Ciencias de Nueva York. 9(3-4): 245-571.

- White, H.H., Jr.** 1963. Variation of stand structure correlated with altitude in the Luquillo Mountains (Variación de la estructura del rodal en relación con la altitud en la sierra de Luquillo). *Caribbean Forester*. 24(1): 46-52.
- White, T.H. Jr.; Collazo, J.A.; Vilella, F.J.** 2005. Survival of captive-reared Puerto Rican parrots released in the Caribbean National Forest (Supervivencia de las cotorras puertorriqueñas criadas en cautiverio y liberadas en el Bosque Nacional del Caribe). *El cóndor*. 107: 424-432.
- Wilderness.net** 2011. About wilderness, fast facts: creation and growth of the National Wilderness Preservation System (Datos básicos sobre la vida silvestre: creación y crecimiento del Sistema Nacional de Preservación de la Vida Silvestre). [Fecha de acceso: 22 de marzo de 2011].
- Wiley, J.W.; Bauer, G.P.** 1985. Caribbean National Forest, Puerto Rico (Bosque Nacional del Caribe, Puerto Rico). *Aves de Estados Unidos*. 39(1): 12-18.
- Wiley, J.W.; Wunderle, J.M., Jr.** 1993. The effects of hurricanes on birds, with special reference to Caribbean islands (Efectos de los huracanes en las aves, con referencia especial a las islas del Caribe). *Bird Conservation International*. 3: 319-349.
- Willig, M.R.; Bauman, A.** 1984. Notes on bats from the Luquillo Mountains of Puerto Rico (Notas sobre murciélagos de la sierra de Luquillo de Puerto Rico). CEER-T-194. San Juan, Puerto Rico: Center for Energy and Environment Research, University of Puerto Rico; U.S. Department of Energy (Centro de Investigación Energética y Ambiental, Universidad de Puerto Rico; Departamento de Energía de los Estados Unidos). 12 p.
- Willig, M.R.; Gannon, M.R.** 1991. The effect of Hurricane Hugo on bat ecology with emphasis on an endemic Puerto Rican bat (*Stenoderma rufum*) in the Luquillo Experimental Forest (Los efectos del huracán Hugo en la ecología de los murciélagos con énfasis en un murciélago endémico de Puerto Rico [*Stenoderma rufum*] del Bosque Experimental de Luquillo). Informe de investigación. Lubbock, Texas: Texas Technical University, Department of Biological Science (Universidad Técnica de Texas, Departamento de Ciencias Biológicas). 30 p.
- Wolcott, G.N.** 1924. The food of Porto Rican lizards (La alimentación de los lagartos de Puerto Rico). *The Journal of Agriculture of the University of Porto Rico*. 7(4): 5-37.
- Wolcott, G.N.** 1946. A list of woods arranged according to their resistance to the attack of the West Indian dry-wood termite, *Cryptotermes brevis* (Walker) (Lista de maderas organizadas según su resistencia al ataque de la termita de madera seca de las Indias Occidentales, *Cryptotermes brevis* [Walker]). *Caribbean Forester*. 9(1): 329-336.
- Wolcott, G.N.** 1948. The insects of Puerto Rico (Los insectos de Puerto Rico). *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. 32(4): 749-871.
- Wolcott, G.N.** 1950. An index to the termite-resistance of woods (Lista de maderas resistentes a las termitas). Boletín n.º 85. Río Piedras, Puerto Rico: University of Puerto Rico Agricultural Experiment Station (Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico). 26 p.
- Wolcott, G.N.** 1953. The food of the mongoose (*Herpestes javanicus auro punctatus* Hodgson) in St. Croix and Puerto Rico (La alimentación de la mangosta [*Herpestes javanicus auro punctatus* Hodgson] en Santa Cruz y Puerto Rico). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. 37(3): 241-247.
- Woodbury, R.; Raffaele, H.; Fram, M. [et al.].** 1975. Rare and endangered plants of Puerto Rico: a committee report (Plantas poco frecuentes y en peligro de extinción de Puerto Rico: informe del comité). San Juan, Puerto Rico: Departamento de Agricultura de los EE. UU, Servicio de Conservación de Suelos; Departamento de Recursos Naturales del Estado Libre Asociado de Puerto Rico. 85 p.
- Woolbright, L.L.** 1996. Disturbance influences long-term population patterns in the Puerto Rican frog, *Eleutherodactylus coqui* (Anura: Leptodactylidae) (La perturbación que influye en los patrones de población a largo plazo de las ranas puertorriqueñas, *Eleutherodactylus coqui* [Anura: Leptodactylidae]). *Biotropica*. 28(4a): 493-501.
- Woolbright, L.L.** 1997. Local extinctions of anuran amphibians in the Luquillo Experimental Forest of northeastern Puerto Rico (Extinciones locales de los anfibios anuros del Bosque Experimental de Luquillo al noreste de Puerto Rico). *Journal of Herpetology*. 31(4): 572-576.
- Wunderle, J.M., Jr.** 1995. Responses of bird populations in a Puerto Rican forest to Hurricane Hugo: the first 18 months (Respuestas de las poblaciones de aves en un bosque de Puerto Rico ante el huracán Hugo: los primeros 18 meses). *El cóndor*. 97: 879-896.
- Wunderle, J.M., Jr.; Arendt, W.J.** 2011. Avian studies and research opportunities in the Luquillo Experimental Forest: a tropical rain forest in Puerto Rico (Estudios de las aves y oportunidades de investigación en el Bosque Experimental de Luquillo: un bosque tropical en Puerto Rico). *Forest Ecology and Management*. 262: 33-48.
- Wunderle, J.M., Jr.; Mercado, J.E.; Parresol, B.; Terranova, E.** 2004. Spatial ecology of Puerto Rican boas (*Epicrates inornatus*) in a hurricane impacted forest (Ecología espacial de las boas puertorriqueñas [*Epicrates inornatus*] en un bosque afectado por el huracán). *Biotropica*. 36(4): 555-571.
- Wunderle, J.M., Jr.; Snyder, N.F.R.; Muiznieks, B. [et al.].** 2003. Histories of Puerto Rican Parrot nests in the Caribbean National/Luquillo Experimental Forest, 1973-2000 (Historias de las cotorras puertorriqueñas en el Bosque Nacional del Caribe/Bosque Experimental de Luquillo, 1973-2000). Gen. Tech. Rep. IITF-GTR-21. San Juan, Puerto Rico: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. 28 p.
- You, C.** 1991. Population dynamics of *Manilkara bidentata* (A. DC.) (Dinámica de la población de *Manilkara bidentata* [A. DC.]) Cher. in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico (Cher. en el Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico). Knoxville, Tennessee: Universidad de Tennessee. 175 p., Tesis doctoral.
- You, C.; Petty, W.H.** 1991. Effects of Hurricane Hugo on *Manilkara bidentata*, a primary tree species in the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico (Efectos del huracán Hugo en la especie *Manilkara bidentata*, una especie primaria de árbol del Bosque Experimental de Luquillo en Puerto Rico). *Biotropica*. 23(4a): 400-406.
- Zimmerman, J.K.; Aide, T.M.; Rosario, M. [et al.].** 1995. Effects of land management and a recent hurricane on forest structure and composition in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico (Efectos de la gestión de tierras y de un huracán reciente en la estructura y composición del Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico). *Forest Ecology and Management*. 77: 65-76.
- Zimmerman, J.K.; Everham, III, E.M.; Waide, R.B. [et al.].** 1994. Responses of tree species to hurricane winds in subtropical wet forest in Puerto Rico: implications for tropical tree life histories (Respuestas de las especies de árboles ante los vientos huracanados en el bosque muy húmedo subtropical en Puerto Rico: consecuencias para las historias de vida de los árboles tropicales). *Journal of Ecology*. 82: 911-922.
- Zou, X.; Zucca, C.P.; Waide, R.B.; McDowell, W.H.** 1995. Long-term influence of deforestation on tree species composition and litter dynamics of a tropical rain forest in Puerto Rico (Influencia de la deforestación a largo plazo en la composición de las especies de árboles y la dinámica de la hojarasca de un bosque tropical en Puerto Rico). *Forest Ecology and Management*. 78: 147-157.
- Zwank, P.J.; Layton, B.W.** 1989. Black rats as potential Puerto Rican parrot nest predators (Ratas negras como posibles depredadoras de nidos de cotorras puertorriqueñas). *Caribbean Journal of Science*. 25(1-2): 13-20.

# APÉNDICE A

**Apéndice A: cronología de las actividades y los eventos esenciales, los documentos y las leyes importantes y los datos poco conocidos que influyen en el medio ambiente de la sierra de Luquillo y en su flora y fauna. Las actividades y los eventos relacionados con múltiples ocasiones (por ejemplo, la minería) se ingresan una o dos veces en las fechas más adecuadas<sup>a, b</sup>**

| Fecha      | Tema   |
|------------|--|
| ~3000–1493 | Varios grupos culturales ocupan Puerto Rico en diferentes períodos, incluidos los arcaicos, los igneris, los ostionoides, los taínos y los caribe. Los grupos precolombinos viven en pequeñas aldeas alrededor de la sierra de Luquillo, donde subsisten con cosechas tropicales y mariscos y, en ocasiones, se arriesgan a entrar al bosque para obtener materiales de construcción y con otros fines (Domínguez Cristóbal, 1997a, 1997b, 1997c; Robinson, 1997; Wadsworth, 1970).  |
| 1493       | Colón navega por la costa sur de Puerto Rico durante su segunda travesía, donde muy probablemente visualiza la sierra de Luquillo el 17 de noviembre (Domínguez Cristóbal, 1997a; Moran Arce, 1971). El 19 de noviembre (día del descubrimiento), los españoles desembarcan en el oeste de Puerto Rico. Algunas personas afirman que Alonso Pinzón fue el responsable del descubrimiento de Puerto Rico por parte de los españoles en 1492 (Hurga, 2004).  |
| 1508–09    | La colonización española comienza en los valles de los ríos que brotan de la sierra de Luquillo (Wadsworth, 1949).   |
| 1508–1946  | La minería de placeres para la obtención de oro comienza en Puerto Rico en los valles del Río Blanco y del Río Fajardo, y continúa en distintos lugares y períodos en la sierra de Luquillo, incluidos el Río de la Mina, Río Espíritu Santo, Río Mameyes, Río Prieto y Río Sabana, hasta mediados del siglo XX (Cardona, 1984; Wadsworth, 1949). Algunos ejemplos son los siguientes: la parte superior del valle del Río Mameyes en 1870 y 1903, y la parte superior del valle del Río Blanco en 1903 (Scatena, 1989) y una operación masiva justo debajo del puente Puente Roto en la ruta Sabana Road (ruta 988 de Puerto Rico), abandonada en 1946 (Wadsworth, 1970). |
| 1511–15    | Los taínos que viven en la sierra de Luquillo se rebelan contra los colonizadores españoles (Domínguez Cristóbal, 1997a; Wadsworth, 1970).   |
| 1513       | La Corona española les otorga a los colonos un título de aproximadamente 70 ha de tierras, si estos cumplen con los requisitos de residencia y cultivo. (Wadsworth, 1949).   |
| 1529–30    | Los nativos atacan a los mineros y queman sus viviendas. Las operaciones de minería de placeres para la obtención de oro disminuyen debido a que los colonizadores reemplazan la agricultura por la minería (Cardona, 1984).   |
| 1550       | La población nativa de la isla fue devastada por las enfermedades introducidas y el trabajo forzado (Anderson-Córdova, 2005).  |
| 1552       | Los asentamientos españoles en las laderas bajas de las cuencas de Espíritu Santo y Sabana son abandonados debido a los ataques indígenas desde sus fortalezas ubicadas en las montañas (Wadsworth, 1949, 1970).   |
| 1500s      | Los españoles usan la resina de <i>Dacryodes excelsa</i> (árbol tabonuco) para calafatear la madera de sus barcos (Domínguez Cristóbal, 1997a).  |
| 1500s      | Un explorador español desecha un frasco de aceitunas, el cual se encuentra casi 400 años después (Jeffrey Walker, 2009; consulte las notas finales).   |
| 1600s      | Puerto Rico, con solo tres áreas pobladas (San Germán, San Juan y Coamo), permanece aislado y los residentes viven del contrabando. Las exportaciones de madera son insignificantes (Alegria y Rivera Quiñones, 1999; Wadsworth, 1949).  |
| 1736–1899  | El café, introducido desde República Dominicana, creció luego en las laderas más bajas de la sierra de Luquillo hasta fines del siglo XIX, cuando un gran huracán destruye los cultivos (Nolla, 1936; Scatena, 1989; Wadsworth, 1949).   |
| 1772–1880  | La población de la isla aumenta, y los pueblos rodean la sierra de Luquillo: Fajardo (1772), Las Piedras (1773) Naguabo (1794), Luquillo y Juncos (1797), Gurabo (1815), Ceiba (1836) y Río Grande (1880). Esto constituyó una demanda en relación con los recursos del bosque (Domínguez Cristóbal, 1997a; Wadsworth, 1949).  |
| 1797–98    | El botánico francés Pierre Ledru explora el noreste de Puerto Rico y recolecta muestras de plantas (Liogier, 1996; Urban, 1924).   |
| 1815       | La “Cédula de Gracia” cede a la Corona tierras para el uso agrícola del público en general, ordena que en los límites se planten árboles y estimula la economía local con nuevas granjas, equipos e industrias, incluidos los aserraderos (Rosario Rivera, 1995).  |
| 1820–90    | La Corona española realiza concesiones de tierras al pie de la sierra de Luquillo (Scatena, 1989; Wadsworth, 1949).  |
| 1827       | El botánico suizo Heinrich Wydler visita la sierra de Luquillo durante sus viajes a las Indias Occidentales (Urban, 1903-11, 1924).  |
| 1837–95    | La madera se corta y exporta desde la sierra de Luquillo a través del puerto de Luquillo (Wadsworth, 1949, 1970).  |
| 1839       | La Corona española ordena el establecimiento de una junta para proteger los bosques, los peces y la vida silvestre. La junta recomienda que no se permita cortar leña en las riberas de los arroyos o nacimientos de ríos (Scatena, 1989).   |
| 1853       | Conforme al decreto real, se envían dos silvicultores españoles a investigar y gestionar los bosques de la Corona, incluido el bosque de Luquillo (Wadsworth, 1970), y se plantan cosechas para la supervivencia en las granjas del área (Scatena, 1989).  |

continuación

**Apéndice A: (continuación) Cronología de las actividades y los eventos esenciales, los documentos y las leyes importantes y los datos poco conocidos que influyen en el medio ambiente de la sierra de Luquillo y en su flora y fauna. Las actividades y los eventos relacionados con múltiples ocasiones (por ejemplo, la minería) se ingresan una o dos veces en las fechas más adecuadas<sup>a, b</sup>**

| Fecha   | Tema   |
|---------|--|
| 1857    | Un tramo del área de Bisley se corta para destinarlo a <i>Dacryodes excelsa</i> , <i>Manilkara bidentata</i> y leña. Se plantan bananas, café y cosechas para la supervivencia en las granjas del área (Scatena, 1989).  |
| 1860    | Según registros españoles, quedaban 7850 ha de tierras de la Corona en la sierra de Luquillo, cifra que luego disminuyó a 6190 ha en 1880 y a aproximadamente 5040 ha en 1898 (Snyder <i>et al.</i> , 1987).   |
| 1867    | El huracán San Narciso pasa por la sierra de Luquillo. Posteriormente, otros cinco grandes huracanes impactaron en la sierra de Luquillo: San Ciriaco en 1899, San Felipe en 1928, San Cipriano en 1932, Hugo en 1989 y Georges en 1998 (Salivia, 1972; Weaver, 2002b).  |
| 1876    | El rey español Alfonso XII proclama las reservas forestales en Puerto Rico, incluidas las 10,000 ha de la sierra de Luquillo, área designada como la más antigua del hemisferio Oeste (Domínguez Cristóbal, 1997a).  |
| 1877    | Se introduce la especie <i>Herpessite auropunctatus</i> (mangosta) en Puerto Rico con efectos negativos en la vida silvestre nativa de toda la isla, incluida la sierra de Luquillo (Raffaele, 1983).  |
| 1880–81 | Se interrumpe la tala de árboles ilícita, llevada a cabo de manera intermitente durante los períodos de la colonización española en los valles Jiménez y Mameyes (Wadsworth, 1949). Se pone nombre a la reserva forestal de “Sierra de Luquillo” (Domínguez Cristóbal, 1997a).   |
| 1883    | Henrik F.A. Baron von Eggers (1844-1903), soldado y botánico danés, recolecta muestras de plantas de las laderas al noroeste de la sierra de Luquillo y observa el drenaje de los suelos agrícolas de Mameyes (Eggers, 1883).  |
| 1885    | El botánico alemán Paul Ernst Emil Sintenis (1847-1907) visita la sierra de Luquillo y recolecta muestras de varias plantas registradas por primera vez (Wadsworth, 1970).   |
| 1885    | Un guardabosques asignado para vigilar el bosque de Luquillo presenta numerosos casos de invasión de propiedad ante las autoridades del pueblo de Luquillo. Las dificultades de transporte son el motivo principal que desalienta la extracción de madera (Wadsworth, 1949).   |
| 1891–97 | La Ley de Revisión de Tierras de EE. UU. (U.S. Land Revision Act) y la Ley de Revisión de Tierras (Organic Administrative Act) le permiten al presidente de EE. UU. retirar tierras forestales del dominio público (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., 1983).   |
| 1898    | Augustín Stahl (1842-1917), botánico y etnólogo de Puerto Rico, recolecta muestras en la sierra de Luquillo (Liogier, 1996; Wadsworth, 1970).  |
| 1898    | El Tratado de París cede terrenos de la Corona española a los Estados Unidos al final de la guerra hispanoamericana, con aproximadamente 5040 ha situadas en la sierra de Luquillo (Wadsworth, 1949).  |
| 1898    | Puerto Rico se denomina Porto Rico desde el 16 de julio de 1898 hasta el 17 de mayo de 1932 debido a que era más fácil pronunciarlo en inglés (Martínez-Fernández, 1998).  |
| 1899    | Alrededor de 16,000 ha de bosque y matorrales permanecen en la sierra de Luquillo, incluidas 2270 ha de bosque virgen (Hill, 1899; Wadsworth, 1970).   |
| 1902    | Percy Wilson (1879-1944), botánico que trabaja con el Jardín Botánico de Nueva York, recolecta 3000 muestras de plantas entre faldas y cimas de la sierra de Luquillo (Britton y Wilson, 1923-30; Wadsworth, 1970).  |
| 1903    | Bajo la autoridad de la Ley del Congreso de 1902, el presidente Theodore Roosevelt proclama la Reserva Forestal de Luquillo (Wadsworth, 1949).   |
| 1903    | El límite de la proclamación: todo terreno con un área de 9 a 11 millas (es decir, ~25,650 ha) se clasifica para reservarlo como bosque público tan pronto como el gobierno lo adquiera (Wadsworth, 1949). Posteriormente, el límite se modifica (Fig. 4).   |
| 1903–11 | Ignatz Urban (1848-1930), botánico alemán, clasifica las plantas de Puerto Rico, incluido el bosque nacional, y publica “Flora Portoricensis” (Liogier, 1996; Urban, 1903-11; Wadsworth, 1970).  |
| 1905    | Existe un sendero estrecho utilizado con poca frecuencia hacia El Yunque que atraviesa las montañas hacia el sur, posiblemente para caminatas o cazas de cotorras y palomas (Wadsworth, 1949).   |
| 1905    | En un informe de la Reserva Forestal de Luquillo, se analizan el clima, los recursos forestales, la industria forestal y los temas relacionados, incluidas la falta general de las especies de maderas valiosas y la venta de antorchas hechas de resina de tabonuco (Gifford, 1905).  |
| 1907    | La Reserva Forestal de Luquillo (1903-1907) se convierte en el Bosque Nacional de Luquillo (1907-1935). Posteriormente, se utilizan otras designaciones forestales: Bosque Nacional del Caribe o CNF (1935-2007); Bosque Experimental de Luquillo o LEF (1956-presente) y el Bosque Nacional El Yunque o EYNF (2007-presente) (Silcox y Kircher, 1936; Wadsworth, 1970). |

continuación

**Apéndice A: (continuación) Cronología de las actividades y los eventos esenciales, los documentos y las leyes importantes y los datos poco conocidos que influyen en el medio ambiente de la sierra de Luquillo y en su flora y fauna. Las actividades y los eventos relacionados con múltiples ocasiones (por ejemplo, la minería) se ingresan una o dos veces en las fechas más adecuadas<sup>a, b</sup>**

| Fecha    | Tema   |
|----------|--|
| 1908     | La Ley para la Preservación de las Antigüedades de Estados Unidos (Preservation of American Antiquities Act) protege las ruinas situadas en tierras del gobierno (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., 1983).   |
| 1908     | El Servicio Geodésico y de Costas de los Estados Unidos (U.S. Coast and Geodetic Survey) ubica e indica con marcadores de concreto los límites proclamados del Bosque Nacional de Luquillo (Wadsworth, 1970).  |
| 1908–09  | Los senderos hacia las cuencas Espíritu Santo y Jiménez se utilizan para talar árboles de manera ilegal. Como consecuencia de la invasión de propiedad por parte de las personas encargadas de cortar carbón en las elevaciones altas de las montañas, el inspector de Agricultura solicita guardabosques (Dominguez Cristóbal, 1997c; Wadsworth, 1949).   |
| 1910     | Según los estudios, El Toro, y no El Yunque, es el pico más alto de la sierra de Luquillo (Wadsworth, 1970).   |
| 1910–11  | Los registros de posesión de propiedades para la sierra de Luquillo son imprecisos. El gobernador del gobierno insular persuade al Servicio Forestal de los EE. UU. para que se estudie el terreno (Murphy, 1916; Wadsworth, 1970).  |
| 1911     | La Ley de Semanas de Estados Unidos (U.S. Weeks Act) permite que la Secretaría de Agricultura adquiera terrenos forestales, cosechados o desolados en las cuencas de los ríos navegables por medio de compra o intercambio (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., 1983).   |
| 1912     | A partir de 1912, el agua de la sierra de Luquillo se consume en varios pueblos y ciudades: desde Río Fajardo hasta Fajardo (1912), desde Río Gurabo hasta Juncos (1914), desde Quebrada Grande hasta Naguabo (1922), nuevamente desde Quebrada Grande hasta Río Grande (1924), desde Río Canovanas hasta Canovanas (1925), desde Río Cristal hasta Luquillo (1926), desde Río Blanco y los arroyos cercanos para energía hidráulica (1928) y desde Río Gurabo (conservada en una reserva del Río Loíza) hasta San Juan (1950) (Wadsworth, 1970). Durante la década de 1970, el agua del Río Blanco se suministra para Roosevelt Roads y Vieques (PREPA 1974). Los proyectos de extracción de agua continúan actualmente con las reservas de Valenciano y Río Blanco en las áreas de Juncos y Fajardo respectivamente (Marino 2011). |
| 1912–16  | Se completa el estudio del límite forestal del Bosque Nacional de Luquillo proclamado y expone aproximadamente 5040 ha. Se les permite a las personas que practican la agricultura dentro de los límites continuar haciéndolo mediante un permiso (Bruner, 1923; Wadsworth, 1949, 1970).   |
| 1913–17  | Nathaniel Britton y los colegas del Jardín Botánico de Nueva York realizan un estudio científico de la historia física y natural de Puerto Rico y las Islas Vírgenes, incluida la sierra de Luquillo, y resumen su trabajo en varios volúmenes. (Britton y Wilson, 1923-30; Cook, 1928; Gleason y Cook, 1927).   |
| <1914    | La explotación forestal de 160 ha se lleva a cabo entre Quebrada Grande y el Río Espíritu Santo (Wadsworth, 1949).   |
| 1914     | La tala indiscriminada de árboles se reporta en las laderas del norte de la sierra de Luquillo (Wadsworth, 1970).  |
| 1916     | Se describen tres tipos de bosques montanos (bosque tropical, bosque de árboles de madera dura y bosque de palmeras) para la sierra de Luquillo. Se incluye un apéndice de 170 especies de árboles (Murphy, 1916).   |
| 1916     | El gobierno de Puerto Rico entrega al gobierno federal 1200 ha adyacentes al Bosque Nacional de Luquillo. (Bruner, 1919).  |
| 1916–27  | Se describen las aves de Puerto Rico, aproximadamente 40 de las que anidan en la sierra de Luquillo (Wetmore, 1916, 1927).   |
| 1917     | Se designa al primer supervisor forestal y el Servicio Forestal de los EE. UU. comienza la gestión de la Reserva Forestal de Luquillo. El supervisor ayuda a redactar la primera ley tras la partida de los españoles. La ley prevé la creación del Servicio Forestal (Bruner, 1923; Kramer, 1928; Wadsworth, 1970).   |
| 1918     | Se designan los guardabosques para que trabajen en el Bosque Nacional de Luquillo. Además, la agricultura se pone en marcha en Bisley y junto al límite forestal del sur hasta 550 m de elevación (Bruner, 1923; Wadsworth, 1949).   |
| 1919     | Se proporciona la primera descripción de los cuatro tipos de bosques básicos de la sierra de Luquillo: ensenada, laderas o laderas inferiores, laderas superiores o palma de sierra y cresta o bosque enano (Bruner, 1918; consulte las notas finales).  |
| 1919–26  | Se construyen aproximadamente 50 km de caminos de herradura para vigilar los límites del bosque, lo que incluye el recorrido a lo largo del Río Sabana en el noreste, desde Palmer hasta el Río Blanco, a través del valle del Río Mameyes, y desde Catalina hasta El Yunque en el norte, y también a lo largo del límite oeste del bosque. Un sendero atraviesa las montañas. En 1926, se construyen otros 10 km de senderos (Kramer, 1928; Wadsworth, 1949).   |
| 1919–50s | Una familia vive en el límite forestal en 1919, número que aumenta a 220 familias en 1940 y que luego disminuye a 60 en 1949. En 1953, todas las familias se reubican fuera de los límites forestales (Wadsworth, 1949, 2009; consulte las notas finales).   |
| 1920–43  | Tres aserraderos operan a elevaciones menores en los valles del Río Sabana y Río Espíritu Santo, cerca del límite forestal, y permanecen en funcionamiento por hasta 15 años (Scatena, 1989; Wadsworth, 1949).   |
| 1924     | La Ley Clarke-McNary de EE. UU. (U.S. Clarke-McNary Act) permite que el Servicio Forestal respalde la producción de árboles locales (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., 1983).  |

*continuación*

**Apéndice A: (continuación) Cronología de las actividades y los eventos esenciales, los documentos y las leyes importantes y los datos poco conocidos que influyen en el medio ambiente de la sierra de Luquillo y en su flora y fauna. Las actividades y los eventos relacionados con múltiples ocasiones (por ejemplo, la minería) se ingresan una o dos veces en las fechas más adecuadas<sup>a, b</sup>**

| Fecha   | Tema   |
|---------|--|
| 1925–26 | Se describen los mamíferos de Puerto Rico, incluidos los murciélagos nativos de la sierra de Luquillo (Anthony, 1925, 1926).   |
| 1926–42 | Comienza la construcción en la autopista Mameyes-Río Blanco (ruta PR 191) a fin de atravesar la sierra de Luquillo. La primera sección de Palmer a Catalina se completa en 1929. La ruta se termina en 1942 (Bagué, 1962; Wadsworth, 1970). Posteriormente, otras 15 rutas se construyen en su totalidad o de forma parcial dentro del bosque o en el límite (Tabla 3).  |
| 1927    | Se proporcionan descripciones ecológicas de cuatro asociaciones forestales distintas para la sierra de Luquillo (Gleason y Cook, 1927).  |
| 1928    | La Ley McSweeney-McNary de EE. UU. (U.S. McSweeney-McNary Act) autoriza una estación federal de investigación forestal en Puerto Rico (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., 1983).  |
| 1928    | Un funicular de ancho de trocha angosta se construye en el valle del Río Blanco a una elevación de 430 m hacia el oeste (es decir, debajo del límite forestal) en las laderas del sur a fin de facilitar la construcción de estructuras de control de agua en el Río Icacos y otros arroyos que brotan de la sierra de Luquillo (Krug, 1930).  |
| 1928–32 | Tres huracanes causan daños considerables en el bosque de Luquillo y en los suelos inundados del este de Puerto Rico. Se autoriza la reutilización de la madera conforme a la Ley de Provisión de Uso Libre (Free Use Provision Act) para la construcción rural tras el huracán San Felipe en 1928, la tormenta legendaria de la isla (Crow, 1980; Synder <i>et al.</i> , 1987).   |
| 1930–62 | Se implementan cuatro estudios forestales sistemáticos: existencias del bosque en 1930; aserrío, retoños y reproducción en 1937; aserrío en 1948; y un remuestreo de las áreas más accesibles de aserrío en 1962 (Wadsworth, 1951, 1970).  |
| 1930s   | Se plantan rodales de bambú exótico dentro del bosque nacional a fin de estabilizar los suelos a lo largo de la ruta PR 191 (Blundell <i>et al.</i> , 2003).   |
| 1931    | Las primeras plantaciones de <i>Swietenia macrophylla</i> x <i>mahagoni</i> (caoba híbrida) se establecen en el tramo Harvey y las plantaciones experimentales en Del Valle (Marrero, 1948; Wadsworth, 1970).  |
| 1931–39 | Leslie R. Holdridge, la autora de la ecología de la zona de vida, comienza la recopilación de un herbario. En 1948, reúne 3000 muestras, incluidos varios árboles en el Bosque Nacional de Luquillo (Wadsworth, 1970). A principios de 1980, la recopilación se dona al herbario en la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico.  |
| 1931–49 | La reforestación, principalmente entre 1935 y 1945, da como resultado la plantación de casi 1600 ha (Wadsworth, 1949, 1970).   |
| 1931–49 | El Servicio Forestal autoriza la venta de madera, la cual comienza el siguiente año (Wadsworth, 1949). Las ventas de madera, más del 80 % de leña (es decir, 3.25 millones de pies tablares), tienen lugar en las 2150 ha más accesibles. La supervisión de la tala de árboles garantiza la liberación de especies de árboles deseables. El mercado de carbón colapsa en 1949 con la importación de estufas a keroseno (Snyder <i>et al.</i> , 1987; Wadsworth, 2009; consulte las notas finales). |
| 1932    | El supervisor forestal completa la declaración de políticas para el Bosque Nacional de Luquillo, la cual exige la protección del bosque y la producción de madera, y permite la reutilización tras el huracán (Kramer, 1932; consulte las notas finales; Wadsworth, 1949).   |
| 1932    | El Servicio Forestal construye cabañas para pasar la noche en las laderas norte y sur de la sierra de Luquillo a fin de facilitar la vigilancia y la protección del bosque nacional (Wadsworth, 1949).   |
| 1933    | Se describe la geología de Puerto Rico, incluida la sierra de Luquillo (Meyerhoff, 1933).  |
| 1933–34 | Se crea el Cuerpo Civil de Conservación (CCC) en los Estados Unidos a fin de llevar a cabo el trabajo de conservación de emergencia (Lavandero, 1998). El Congreso de EE. UU. promulga el Programa de Obras Públicas de Emergencia (Emergency Public Works Program) para Puerto Rico. Los oficiales en la reserva del ejército de EE. UU. se encargan temporalmente de los campos para construir edificios y senderos (Mowbray, 2008).   |
| 1933–49 | El área del Bosque Nacional de Luquillo aumenta casi la mitad de su tamaño actual de 11,310 ha (Fig. 1 y 4).   |
| 1934–37 | Se construyen abrevaderos y piscinas de cría para un criadero de truchas cerca del área recreativa La Mina. Se introducen huevos de trucha de los Estados Unidos, pero las aguas del bosque nacional son demasiado cálidas para la reproducción (Domínguez Cristóbal, 1997c; Gerhart, 1936; consulte las notas finales).   |
| 1934    | El área de La Mina se abre por primera vez al público y atrae a 2200 visitantes en un solo día (Gerhart, 1936; consulte las notas finales).  |
| 1934–51 | Se establece un aserradero en Sabana para cortar <i>Dacryodes excelsa</i> y construir casas para los residentes temporales del bosque (es decir, parceleros) (Holdridge, 1940; Wadsworth, 1949).   |
| 1935–39 | Se implementa una mejora del rodal de madera a pequeña escala con carácter experimental en 55 ha del bosque tropical montano bajo en los valles del Río Espíritu Santo y del Río Mameyes. Se establecen parcelas de estudio en 1938 (Wadsworth, 1949).   |

*continuación*

**Apéndice A: (continuación) Cronología de las actividades y los eventos esenciales, los documentos y las leyes importantes y los datos poco conocidos que influyen en el medio ambiente de la sierra de Luquillo y en su flora y fauna. Las actividades y los eventos relacionados con múltiples ocasiones (por ejemplo, la minería) se ingresan una o dos veces en las fechas más adecuadas<sup>a, b</sup>**

| Fecha      | Tema  |
|------------|---|
| 1935–43    | El CCC construye 100 km de rutas y 80 km de senderos junto con dos áreas de picnic, cabañas, un criadero de peces, dos piscinas y un restaurante (cerrado en 1989). Posteriormente, en 1939, se construye el área recreativa La Mina. Los senderos se extienden desde el área recreativa hasta la cascada La Mina y Baño de Oro, y desde la ruta PR 191 hasta Mt. Britton, El Yunque, Los Picachos y las cimas de Pico del Este, Pico del Oeste y El Toro. Además, el CCC lleva a cabo una reforestación extensiva de las montañas (Domínguez Cristóbal, 1997a, 1997c; Gerhart, 1936a, 1936b; Wadsworth, 1949). |
| 1937       | Se lleva a cabo una estimación del volumen de madera del 6 % de 6900 ha dentro del bosque (Wadsworth, 1970).  |
| 1937       | La Ley Pittman-Robertson (Pittman-Robertson Act) amplía la participación del gobierno en la conservación de la vida silvestre al proporcionar fondos para la adquisición de tierras, la restauración de hábitats y la realización de investigaciones (Snyder <i>et al.</i> , 1987).   |
| 1937–39    | La Administración de Reconstrucción de Puerto Rico construye la estación de campo El Verde a 350 m de altura (Odum y Pigeon, 1970; Wadsworth, 1970). La estación se renueva a principios de la década de 1960, y las instalaciones de laboratorio se construyen en 1963 y 1977. En las inmediaciones, se construyen luego una torre permanente de 22 m, que permite subir caminando, y una pasarela aérea para acceder al dosel arbóreo. En 2005, se incorpora un dormitorio.   |
| 1938       | Se construyen las torres de El Yunque y el Mt. Britton (Bosque Nacional El Yunque 2009; consulte las notas finales; Walker <i>et al.</i> , 1999; consulte las notas finales).   |
| 1938–40s   | Se construyen carreteras para cabañas de verano cerca del área recreativa La Mina (p. ej., Molindero Road) (Gerhart, 1936; consulte las notas finales). La falta de uso o mantenimiento da como resultado la pérdida de estas (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU., 1997b).  |
| 1939       | La silvicultura se practica por primera vez en el bosque mediante la eliminación de vides y árboles débiles a fin de favorecer los retoños deseables (Wadsworth, 1970).   |
| 1939       | Comienza a operar la Estación Experimental de Bosques Tropicales (actualmente el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical). Comienzan las pruebas de adaptabilidad al lugar para más de 100 especies de árboles nativos y 350 introducidas. El personal también comienza la publicación de Caribbean Forester, organiza la biblioteca del Instituto y desarrolla un sistema de archivos de investigación. Una gran parte de esta investigación se lleva a cabo en la sierra de Luquillo (Anónimo, 1939; Francis, 1989; Marrero, 1948).   |
| 1940s      | Aproximadamente, 220 familias residentes de extensiones de tierras adquiridas dentro del Bosque Nacional del Caribe cultivan árboles junto con cultivos de subsistencia (es decir, agrosilvicultura) y reforestan la tierra de forma gradual (Holdridge, 1940).   |
| 1940s      | Se talan partes de las cuencas de Bisley (Scatena, 1989)  |
| 1940s–2008 | Un avión se estrella en el bosque montano bajo cerca de las cuencas de Bisley, posiblemente durante la Segunda Guerra Mundial. Posteriormente, se producen accidentes en 1968 en Pico del Este, en 1969 en Cacique, en 2002 cerca de los restaurantes de la ruta PR 191 y en 2008 en el área silvestre El Toro (Hernández Pérez, 2008; Rojas Daporta y Ortiz Otero, 1969; Torres, 2002; Weaver, 2000).  |
| 1942       | El Servicio Geológico de EE. UU. completa los mapas topográficos de la sierra Luquillo a una escala de 1/30,000 y, luego, se realizan revisiones en 1952 y 1958 a una escala de 1/20,000 (Wadsworth, 1970).   |
| 1942       | El ejército de EE. UU. construye la ruta de acceso FS-10 desde la ruta PR 191 hasta el pico El Yunque para un puesto de radar de detección precoz que le permita detectar aeronaves enemigas. Además, se construyen los cuarteles de la FS-10 para el personal del radar que no está en servicio (Mombrey, 2008).   |
| 1942–55    | Las secciones de aforo se mantienen en el Río Icacos y Río Espíritu Santo desde 1942 hasta 1955 (Wadsworth, 1970).  |
| 1943       | La investigación a largo plazo comienza con 0.72-ha de la parcela El Verde. Actualmente, las parcelas para determinar el crecimiento de los árboles ascienden a aproximadamente 450 y se encuentran en todos los tipos de bosques. Algunas aún son monitoreadas (Crow, 1980; Weaver, 1983) (Tabla 7).   |
| 1945       | Se describen los insectos forestales de Puerto Rico, incluidas las especies de la sierra de Luquillo (Martorel, 1945).  |
| 1945       | Se utiliza la mejora del rodal de madera en las cuencas de 1620 ha de Río Grande, Río Icacos y Río Sabana a fin de aliviar la crisis de energía de la posguerra y crear puestos de trabajo (Snyder <i>et al.</i> , 1987).   |
| 1945–57    | El ejército de EE. UU. lleva a cabo maniobras con permiso dentro del bosque nacional (Wadsworth, 2009; consulte las notas finales).   |
| 1945–74    | Se establece un vivero forestal en Catalina y, en 2 años, puede producir 6 millones de árboles y plantas ornamentales. El vivero continúa funcionando hasta 1974 (Domínguez Cristóbal, 1997c).  |
| 1946       | Todos los bosques públicos de Puerto Rico, incluida la sierra de Luquillo, se designan como refugios de vida silvestre (Wadsworth, 1970).   |

continuación

**Apéndice A: (continuación) Cronología de las actividades y los eventos esenciales, los documentos y las leyes importantes y los datos poco conocidos que influyen en el medio ambiente de la sierra de Luquillo y en su flora y fauna. Las actividades y los eventos relacionados con múltiples ocasiones (por ejemplo, la minería) se ingresan una o dos veces en las fechas más adecuadas<sup>a, b</sup>**

| Fecha   | Tema   |
|---------|--|
| 1946–48 | Se lleva a cabo una estimación del volumen de madera del 2 % de 4550 ha en bosques tropicales montanos y bosques montanos bajos a fin de ayudar a preparar un plan de gestión forestal de uso múltiple (Wadsworth, 1951, 1952a, 1952b).  |
| 1948    | Los datos climáticos desde 1935 hasta 1948 se informan para la estación La Mina Station a 720 m de altura en la sierra de Luquillo (Wadsworth, 1948).  |
| 1948    | Una evaluación de 4 millones de plantones de 27 especies de árboles plantados en casi 1600 ha de tierra de cultivo abandonada en la sierra de Luquillo revela, en general, supervivencia y crecimiento deficientes (Marrero, 1948).  |
| 1948–63 | Las tablas de volumen de varias especies se obtienen para los bosques tropicales montanos y bosques montanos bajos y, luego, se obtiene una ecuación de regresión combinada para estimar tres volúmenes (Wadsworth, 1949, 1970).   |
| 1949    | El área natural del Baño de Oro se establece en 745 ha en la cuenca de Mameyes. El área incluye cada uno de los cuatro tipos de bosques (bosques montanos bajos, montanos, de palmeras y enanos) en condiciones inmaculadas (Weaver, 1994).  |
| 1949    | La vegetación natural de las Islas de Barlovento y Sotavento se describe mediante el sistema de clasificación forestal que aún se utiliza ampliamente en las islas del Caribe, incluida la sierra de Luquillo (Beard, 1949).   |
| 1950    | El área de 5 ha del campamento Elizabeth Colberg para niñas exploradoras se establece a lo largo de la ruta PR 186 cerca de El Verde. En el letrero del campamento se lee lo siguiente: 12 de marzo de 1950, campamento de niñas escuchas “Eliza Colberg”. Dicho letrero indica una fecha conmemorativa de marzo de 1950.  |
| 1950    | El plan de gestión de la madera y uso múltiple del bosque de Luquillo exige la reserva de las tierras altas, los hábitats de las cotorras, la conservación de las cuencas y la investigación. Se diseña un mapa del tipo de bosque y se clasifican las especies de madera del bosque según la utilidad. Aproximadamente, quedan 2270 ha de bosques vírgenes. Los planes de maderas subsiguientes para la explotación sostenible se revisan a mediados de la década de 1960 (Muñoz, 1965; consulte las notas finales; Wadsworth, 1951, 1952a, 1952b, 1970). |
| 1950    | La resistencia de los bosques de Puerto Rico al ataque de las termitas de madera seca se resume y clasifica según la especie (Wolcott, 1950).  |
| 1953    | Los primeros 16 cursos cortos internacionales sobre dasonomía tropical comienzan con actividades de campo en la sierra de Luquillo. Estos enfatizan la planificación de uso múltiple, la identificación de los árboles, la medición forestal, la producción de madera, la silvicultura y la gestión de bosques públicos (Anónimo, 1954; Barres, 1963; Lamb, 1959; Wadsworth <i>et al.</i> , 1955).   |
| 1953–56 | Con el respaldo del Programa Pittman-Robertson, se estima que la población de cotorras de Puerto Rico a mediados de la década de 1950 es de 200 aves en el bosque. Otras estimaciones son las siguientes: 1864, abundan en las tierras bajas; 1931, aproximadamente 2000 en la sierra de Luquillo; 1963, alrededor de 120 en el LEF; 1972, solo 13 aves (Rodríguez-Vidal, 1959; Snyder <i>et al.</i> , 1987).  |
| 1955    | Se plantaron <i>Swietenia macrophylla</i> y <i>Khaya nyascia</i> en huecos y aberturas del área de Bisley (Scatena, 1989).   |
| 1955    | Cesa todo tipo de explotación forestal con bueyes en el bosque debido a las importaciones de caoba (es decir, se debilita la demanda de madera local). Finaliza la extracción y práctica de aserrado de <i>Magnolia splendens</i> para muebles (Wadsworth, 1970).  |
| 1955–61 | Se publica información sobre el uso de la madera industrial en Puerto Rico y sobre el maquinado, el estacionamiento y las características relacionadas de 60 maderas puertorriqueñas, de las cuales varias se encuentran en la sierra de Luquillo (Longwood, 1955, 1961).  |
| 1956    | Un programa de gestión piloto comienza en un poco más de 3200 ha de tierra designadas para la producción de madera. Incluye la liberación de árboles de cultivo y plantaciones de árboles prometedores (Anónimo 1957, 1958).   |
| 1958    | Se completaron las rutas de acceso a la madera en las áreas de trabajo de Bisley, Espíritu Santo, Jiménez y Sabana (Anónimo, 1958).  |
| 1958–62 | El clima (lluvia, temperatura, humedad, velocidad del viento, radiación solar) se registra continuamente durante 4 años en el Pico El Yunque. Otros ocho lugares en elevaciones más bajas proporcionan datos comparativos (Briscoe, 1966).   |
| 1958–62 | Se construyen las instalaciones del radar y la ruta FS-27 (Pico del Este) de 5 km (Mowbray, 2008; Scatena, 1993) (Tabla 3).  |
| 1959    | Se introduce exitosamente la especie <i>Pinus caribaea</i> en Puerto Rico con algunas plantaciones en la sierra de Luquillo (Mosquera y Feheley, 1984)   |
| 1960    | La Ley Estadounidense para el Rendimiento Sostenido Basado en el Uso Múltiple (U.S. Multiple-Use Sustained Yield Act) establece que los bosques nacionales deben gestionarse con fines relacionados con la recreación al aire libre, la cordillera, la madera, la cuenca, la vida silvestre y los peces (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1983).  |

continuación

**Apéndice A: (continuación) Cronología de las actividades y los eventos esenciales, los documentos y las leyes importantes y los datos poco conocidos que influyen en el medio ambiente de la sierra de Luquillo y en su flora y fauna. Las actividades y los eventos relacionados con múltiples ocasiones (por ejemplo, la minería) se ingresan una o dos veces en las fechas más adecuadas<sup>a, b</sup>**

| Fecha     | Tema   |
|-----------|--|
| 1960      | Se establece un arboreto de 625 m de altura en la ladera baja oeste del LEF, a lo largo de la ruta PR 186, donde hay más de 80 especies nativas y exóticas (Francis, 1989).  |
| 1961–65   | La Comisión de Energía Atómica experimenta con los efectos de la radiación gamma en la vegetación tropical como parte del programa “Átomos para la paz” y del proyecto propuesto del Canal de Panamá a nivel del mar (Mowbray, 2008). La Universidad de Puerto Rico opera la estación de campo El Verde con el permiso del Servicio Forestal. Los estudios culminan con “Un bosque tropical” (Odum y Pigeon, 1970).  |
| 1962      | Una cabaña de la carretera Molindero se pone a disposición de la Universidad de Puerto Rico para que se la use como estación de investigación biológica. (Wadsworth, 1970).  |
| 1962–63   | Se ofrecen cursos de verano sobre silvicultura tropical para estudiantes de silvicultura de los Estados Unidos (Anónimo, 1963).  |
| 1962–63   | Se construye la torre Yokahú Tower (Domínguez Cristóbal, 1997b).   |
| 1963      | Un programa principal de plantaciones híbridas en línea de Swietenia establece 1275 ha de plantaciones en 1981 (Weaver y Bauer, 1986).   |
| 1963      | Se descubre una nueva especie de rana arbórea ( <i>Eleutherodactylus hedricki</i> ) en el LEF (Joglar, 1998; Rivero, 1963).  |
| 1963      | Se ve por última vez la especie <i>Corvus leucognaphallus</i> (cuervo de cuello blanco) en el LEF (Raffaele, 1983).  |
| 1963      | El ejército de EE. UU. lleva a cabo una investigación sobre herbicidas (es decir, Picloram o Agente Blanco) en 0.4 ha del LEF (Mowbray, 2008).   |
| 1963–2003 | La Marina de EE. UU. opera un sitio electrónico en Pico del Este para realizar un seguimiento de los misiles en Vieques y actividades conjuntas de vigilancia para tres organismos, incluida la Administración Federal de Aviación (FAA). El uso de la Marina se suspende en 2003, pero las actividades de la FAA continúan mediante un permiso de uso especial emitido por el Servicio Forestal del USDA (Mowbray, 2008).   |
| 1964      | La Ley de Vida Silvestre (Wilderness Act) establece un sistema nacional para la vida silvestre (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1983).   |
| 1964–74   | Los silvicultores y los taxónomos de plantas describen e ilustran, en dos volúmenes, todo lo relacionado con las especies de árboles conocidas en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos, incluidas aquellas de la sierra de Luquillo (Little y Wadsworth, 1964; Little <i>et al.</i> , 1974).   |
| 1965      | Se elabora un plan de gestión de la madera para el LEF (Muñoz, 1965; consulte las notas finales).  |
| 1965–77   | Arnold Arboretum inicia una investigación en el bosque enano de Pico del Oeste. Básicamente, se publican 17 artículos de investigación relacionados con el clima, los suelos y la vegetación de las cimas de la sierra de Luquillo (Howard, 1968).   |
| 1968      | Se aprueba la Ley de Ríos Salvajes y Paisajísticos de EE. UU. (U.S. Wild and Scenic Rivers Act) (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1983).  |
| 1968–87   | La cotorra puertorriqueña ocupa el LEF como último refugio y se la designa como especie en peligro de extinción. El programa de recuperación de la cotorra comienza con la cooperación del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos, el Departamento de Recursos Naturales de Puerto Rico y el Fondo Mundial para la Naturaleza. El trabajo del programa de la cotorra se resume en un libro y, en 2000, las primeras cotorras criadas en cautiverio se liberan en las áreas silvestres (Snyder <i>et al.</i> , 1987; White <i>et al.</i> , 2005). |
| 1969      | La Ley Nacional de Política Ambiental (National Environmental Policy Act) afirma que se emplearán enfoques sistemáticos e interdisciplinarios para la planificación y la toma de decisiones relacionadas con el ambiente y que se presentarán declaraciones de impactos ambientales con alternativas para las acciones propuestas (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1983).  |
| 1970      | El bosque Toro Negro se transfiere al Sistema de Reserva Forestal del Estado Libre Asociado de Puerto Rico a cambio de tierras forestales incorporadas al LEF en la sierra de Luquillo (Wadsworth, 1970).  |
| 1970–92   | La ruta PR 191 cerca del límite sur del LEF se encuentra cerrada debido a un desprendimiento y al abandono de los esfuerzos de 1992 para volver a abrirla. La autopista permanece cerrada entre el km 13 y 21 (Domínguez Cristóbal, 1997c; Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997a).   |
| 1971      | Se descubre en el LEF la especie endémica <i>Dendroica angelae</i> (reinita del bosque enano) (Kepler y Parkes, 1972).   |
| 1972      | Se establece la primera pajarera de cotorras puertorriqueñas en los antiguos cuarteles del ejército del LEF (Snyder <i>et al.</i> , 1987).   |

continuación

**Apéndice A: (continuación) Cronología de las actividades y los eventos esenciales, los documentos y las leyes importantes y los datos poco conocidos que influyen en el medio ambiente de la sierra de Luquillo y en su flora y fauna. Las actividades y los eventos relacionados con múltiples ocasiones (por ejemplo, la minería) se ingresan una o dos veces en las fechas más adecuadas<sup>a, b</sup>**

| Fecha   | Tema   |
|---------|--|
| 1973    | La Ley de Especies en Peligro de Extinción de EE. UU. (U.S. Endangered Species Act) autoriza al gobierno a designar una especie como amenazada o en extinción y a indicar su hábitat crítico (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1983).   |
| 1973    | Se describen las zonas de vida para Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos (Ewel y Whitmore, 1973).  |
| 1974–76 | La Ley de Planificación de Recursos Renovables de Pastizales y Bosques de EE. UU. (U.S. Forest and Rangeland Renewable Resources Planning Act) y la Ley de Gestión de Bosques Nacionales (U.S. National Forest Management Act) establecen una revisión periódica de programas para la administración y la gestión del Sistema de Bosques Nacionales, incluidas la investigación y cooperación con los programas de Servicios Forestales Estatales y Privados (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1983). |
| 1974–91 | Se implementa el plan de consolidación del emplazamiento electrónico de El Yunque, lo que elimina 23 edificios y reduce la cantidad de personas autorizadas de más de 200 a solo 9 (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1991). En 1981, se finaliza la torre de comunicaciones de la compañía telefónica puertorriqueña en El Yunque, después de más de 30 años de trabajos de construcción y modificación de las instalaciones.   |
| 1975    | Se publica un libro sobre los helechos comunes del bosque de Luquillo (Kepler, 1975).  |
| 1976    | El LEF se diseña como parte de la red internacional de reservas biosféricas (Dominguez Cristóbal, 1997b).  |
| 1976    | El programa del Cuerpo de Conservación Juvenil (YCC) comienza en el LEF conforme a la Ley estadounidense del YCC de 1970. La ley implementa el trabajo de conservación necesario, proporciona empleo remunerado e instruye a la juventud de la isla sobre la conservación y el patrimonio de la naturaleza (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1983).   |
| 1982    | El Centro de Servicios de Catalina, anteriormente la oficina del distrito de guardabosques, funciona como un complejo nuevo de oficinas para el CNF (Luis Rivera, 2010; consulte las notas finales).   |
| ~1982   | La grúa estacionada se cae de la ruta FS-27 y daña 0.3 ha de bosque montano por debajo de Pico del Oeste (Weaver, obs. pers.).   |
| 1984    | Se describen los recursos minerales, la ubicación de más de 20 lugares de minería y la historia de la minería del bosque (Cardona, 1984).  |
| 1985    | El Congreso de EE. UU. autoriza investigaciones en las cuencas de Bisley, y el trabajo comienza con el programa de investigación ecológica a largo plazo (LTER) en 1987 (Scatena 1989).  |
| 1985    | Dos libros describen las vides y las plantas trepadoras de Puerto Rico, incluidas aquellas en el LEF (Acevedo-Rodríguez, 2005; Acevedo-Rodríguez y Woodbur, 1985).   |
| 1985–97 | Se completa el tratamiento descriptivo de la flora de Puerto Rico, incluidas todas las especies de la sierra de Luquillo (Liogier, 1985-97).   |
| 1986–97 | El público revisa el plan de gestión de recursos y de tierras para el CNF (también LEF). Este se revisa mediante enmiendas y finalmente se implementa (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997a, 1997b).  |
| 1989    | El Instituto celebra 50 años (1939-1989) de investigación, la mayor parte realizada en el LEF (Lugo y Lowe, 1995).   |
| 1990    | La red de investigación ecológica a largo plazo se establece en el bosque tropical montano bajo cerca de El Verde (Personal de estudio de suelos, 1995).   |
| 1992    | Se completa el primer plan interpretativo para visitantes del LEF (Vélez <i>et al.</i> , 1992; consulte las notas finales).  |
| 1994    | Se elabora un plan de emergencia ante sequías para suministrar 3 millones de litros de agua de los arroyos del bosque a las comunidades circundantes durante los momentos de escasez de agua (Bosque Nacional del Caribe 1994; consulte las notas finales).  |
| 1996    | El Centro de Bosques Forestales El Portal abre un espacio para exhibiciones de 3000 m <sup>2</sup> y ofrece oportunidades educativas para el público. En el programa de interpretación, se destaca una introducción acerca de los bosques tropicales, los beneficios de los bosques para los seres humanos y la conservación y gestión forestal futuras (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 1997a).   |
| 1999    | Se desarrolla un programa de educación ambiental para maestros a fin de complementar recorridos en el LEF (Ruiz Díaz <i>et al.</i> , 1999).  |
| 2000    | Se publica un manual de silvicultura, que incluye varias especies de árboles que crecen en el LEF (Francis y Lowe, 2000).  |
| 2000    | El muestreo del inventario forestal, llevado a cabo por primera vez en 1980, se expande hasta la sierra de Luquillo (Birdsey y Weaver, 1982; Brandeis <i>et al.</i> , 2003).   |

*continuación*

**Apéndice A: (continuación) Cronología de las actividades y los eventos esenciales, los documentos y las leyes importantes y los datos poco conocidos que influyen en el medio ambiente de la sierra de Luquillo y en su flora y fauna. Las actividades y los eventos relacionados con múltiples ocasiones (por ejemplo, la minería) se ingresan una o dos veces en las fechas más adecuadas<sup>a, b</sup>**

| Fecha | Tema   |
|-------|--|
| 2002  | La ley de Ríos Salvajes y Paisajísticos del Bosque Nacional del Caribe de 2002 (Caribbean National Forest Wild and Scenic Rivers Act of 2002) (P.L. 107-365, en su forma enmendada) designa a los Río Icacos, Río Mameyes y Río de la Mina, los cuales, en conjunto, tienen una longitud total de 15.2 km (Bosque Nacional El Yunque, 2009). |
| 2002  | Se publica el estudio de suelos del Bosque Experimental de Luquillo (Departamento de Agricultura de los EE. UU, Servicio de Conservación de Recursos Naturales, 2002).   |
| 2005  | H.R. 539, la Ley del Bosque Nacional del Caribe (P.L. 109-118) designa 10,000 acres (aproximadamente 4050 ha) de las tierras del bosque nacional en Puerto Rico como el área silvestre El Toro (Bosque Nacional El Yunque, 2009).  |
| 2007  | En un estudio de transporte forestal, se concluye que se implementará un sistema de tránsito masivo para la PR 191 (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., 2009).   |
| 2007  | El Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los EE. UU. abre oficialmente la nueva pajarera de Iguaca (cotorra puertorriqueña) a lo largo de la ruta PR 9966 (Departamento del Interior de los EE. UU., Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los EE. UU., 2007).   |
| 2009  | Se realiza un plan maestro de educación para la conservación y la interpretación específico para El Yunque (Bosque Nacional El Yunque, 2009).  |

<sup>a</sup>Los temas principales y relacionados (por ejemplo, operaciones de minería, huracanes, entre otros) se presentan en una fecha por conveniencia.

<sup>b</sup>Fuentes adicionales: Mosquera y Feheley (1984); también, información y notas que provienen de los archivos del IITF compiladas por Frank H. Wadsworth, director del Instituto de Dasonomía Tropical desde 1956 hasta 1979 (Wadsworth 2009; consulte las notas finales); y el Bosque Nacional El Yunque, 2011.

## APÉNDICE B

### Apéndice B: supervisores forestales del bosque nacional<sup>a</sup>

| Años | Nombres (títulos) <sup>b</sup>  |
|------|---|
| 1917 | Emory M. Bruner, supervisor forestal, superintendente general de los bosques de Puerto Rico (Departamento de Agricultura y Trabajo)   |
| 1923 | William P. Kramer, supervisor forestal, superintendente general de los bosques de Puerto Rico (Departamento de Agricultura y Trabajo)                                       |
| 1931 | Thomas R. Barbour, supervisor forestal, superintendente general de los bosques de Puerto Rico (Departamento de Agricultura y Trabajo)                                       |
| 1935 | Evan Worth Hadley, supervisor forestal, superintendente general de los bosques de Puerto Rico (Departamento de Agricultura y Trabajo)                                       |
| 1943 | Arthur T. Upson, supervisor forestal/director de la Estación Experimental de Bosques Tropicales <sup>b</sup>  |
| 1949 | Henry B. Bosworth, supervisor forestal/director de la Estación Experimental de Bosques Tropicales <sup>b</sup>  |
| 1951 | Irvin P. Murray, supervisor forestal  |
| 1956 | Frank H. Wadsworth, supervisor forestal y líder de proyectos del Centro de Investigación de Bosques Tropicales (luego llamado Instituto de Dasonomía Tropical) <sup>c</sup> |
| 1963 | Lawrence W. Hill, supervisor forestal del Instituto de Dasonomía Tropical   |
| 1974 | Leonard A. Linquist, supervisor forestal <sup>d</sup>   |
| 1976 | Juan E. Muñoz, supervisor forestal  |
| 1986 | Bernie Ríos, supervisor forestal  |
| 1989 | José Salinas, supervisor forestal   |
| 1993 | Pablo Cruz, supervisor forestal   |

<sup>a</sup>El nombre del bosque nacional cambió varias veces durante el período 1903-2007; además, el nombre del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical actual cambió varias veces entre 1939 y 1992 (Consulte la Introducción).

<sup>b</sup>Fuente: Bagué, 1962.

<sup>c</sup>El Bosque Nacional del Caribe y la Estación Experimental de Bosques Tropicales se combinaron en una unidad llamada Región Tropical.

<sup>d</sup>La administración del Bosque Nacional del Caribe se separó del Instituto de Dasonomía Tropical.

# APÉNDICE C

**Apéndice C: conteo del muestreo de gradientes. Presencia de 105 especies de árboles, mayormente nativas, según los factores ambientales dentro del Bosque Experimental de Luquillo**

| Nombre de especies   | Tipo <sup>a</sup> | Tallos       |          | Elevación <sup>b</sup> | Presencia de especies       |     |     |     |                             |    |    |                           |     |     |     |
|--|-------------------|--------------|----------|------------------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------------|----|----|---------------------------|-----|-----|-----|
|  |                   |              |          |                        | Tipo de bosque <sup>c</sup> |     |     |     | Topografía <sup>d</sup>     |    |    |                           |     |     |     |
|  |                   |              |          |                        | MB                          | MO  | PA  | EN  | C                           | L  | Q  | Total                     | C   | L   | Q   |
|  |                   | <i>total</i> | <i>%</i> | <i>m</i>               | --- tallos (cantidad) ---   |     |     |     | --- parcelas (cantidad) --- |    |    | --- tallos (cantidad) --- |     |     |     |
| <i>Alchornea latifolia</i> Sw.                             |                   | 64           | 0.486    | 350-915                | 7                           | 47  | 10  |     | 12                          | 7  | 6  | 25                        | 31  | 14  | 19  |
| <i>Alchorneopsis portoricensis</i> Urban                   |                   | 3            | 0.023    | 380-630                | 1                           | 2   |     |     | 0                           | 1  | 1  | 2                         | 0   | 1   | 2   |
| <i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC.                      |                   | 2            | 0.015    | 350-380                | 2                           |     |     |     | 0                           | 1  | 1  | 2                         | 0   | 1   | 1   |
| <i>Antirhea obtusifolia</i> Urb.                           | LEF               | 10           | 0.076    | 350-760                | 5                           | 5   |     |     | 1                           | 6  | 3  | 10                        | 1   | 6   | 3   |
| <i>Ardisia luquillensis</i> (Britton) Alain                | LEF               | 22           | 0.167    | 640-990                |                             | 12  | 10  |     | 6                           | 5  | 2  | 13                        | 8   | 12  | 2   |
| <i>Brunfelsia lactea</i> Krug & Urban                      | LEF               | 1            | 0.007    | 860                    |                             |     | 1   |     | 1                           | 0  | 0  | 1                         | 1   | 0   | 0   |
| <i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aublet) R. Howard           |                   | 15           | 0.114    | 350-780                | 6                           | 9   |     |     | 5                           | 5  | 2  | 12                        | 7   | 5   | 3   |
| <i>Byrsonima spicata</i> (Cav.) HBK                        |                   | 2            | 0.015    | 560-650                | 1                           | 1   |     |     | 1                           | 1  | 0  | 2                         | 1   | 1   | 0   |
| <i>Byrsonima wadsworthii</i> Little                        | PR                | 74           | 0.562    | 350-950                | 3                           | 69  | 2   |     | 16                          | 9  | 5  | 30                        | 46  | 21  | 7   |
| <i>Calyptanthes krugii</i> Kiaersk.                        | PR                | 99           | 0.752    | 640-1000               |                             | 37  | 1   | 61  | 14                          | 8  | 6  | 28                        | 60  | 23  | 16  |
| <i>Calyptropsidium sintensii</i> Kiaersk.                  |                   | 7            | 0.053    | 820                    |                             |     | 7   |     | 0                           | 0  | 1  | 1                         | 0   | 0   | 7   |
| <i>Casearia arborea</i> (L.C. Rich) Urban                  |                   | 7            | 0.053    | 560-800                | 6                           | 1   |     |     | 2                           | 1  | 0  | 3                         | 6   | 1   | 0   |
| <i>Casearia decandra</i> Jacq.                             |                   | 3            | 0.023    | 740-750                |                             | 3   |     |     | 0                           | 1  | 2  | 3                         | 0   | 1   | 2   |
| <i>Casearia sylvestris</i> Sw.                             |                   | 2            | 0.015    | 460                    | 2                           |     |     |     | 0                           | 0  | 1  | 1                         | 0   | 0   | 2   |
| <i>Cassipourea guianensis</i> Aubl.                        |                   | 13           | 0.099    | 350-700                | 4                           | 9   |     |     | 6                           | 3  | 0  | 9                         | 10  | 3   | 0   |
| <i>Cecropia schreberiana</i> Mig.                          |                   | 237          | 1.801    | 350-950                | 48                          | 54  | 130 | 5   | 9                           | 13 | 25 | 47                        | 66  | 73  | 98  |
| <i>Cestrum macrophyllum</i> Vent.                          |                   | 3            | 0.023    | 650                    |                             | 3   |     |     | 1                           | 0  | 0  | 1                         | 3   | 0   | 0   |
| <i>Chionanthus domingensis</i> Lam.                        |                   | 3            | 0.023    | 650-920                |                             | 1   | 2   |     | 1                           | 1  | 0  | 2                         | 1   | 2   | 0   |
| <i>Citharexylum caudatum</i> L.                            |                   | 34           | 0.258    | 645-960                |                             | 31  | 3   |     | 3                           | 1  | 11 | 15                        | 7   | 1   | 26  |
| <i>Cleyera albo-punctata</i> (Griseb.) Krug & Urban        |                   | 2            | 0.015    | 820-850                |                             | 2   |     |     | 2                           | 0  | 0  | 2                         | 2   | 0   | 0   |
| <i>Clibadium erosum</i> (Sw.) DC.                          |                   | 13           | 0.099    | 730-880                |                             |     | 13  |     | 1                           | 1  | 2  | 4                         | 5   | 2   | 6   |
| <i>Clusia clusioides</i> (Griseb.) D'Arcy                  |                   | 220          | 1.671    | 450-1000               | 7                           | 136 | 1   | 76  | 19                          | 17 | 6  | 42                        | 91  | 109 | 20  |
| <i>Coccoloba swartzii</i> Meisner                          |                   | 2            | 0.015    | 670                    |                             | 2   |     |     | 1                           | 0  | 0  | 1                         | 2   | 0   | 0   |
| <i>Cordia borinquensis</i> Urban                           | PR                | 432          | 3.281    | 350-960                | 23                          | 347 | 37  | 25  | 25                          | 28 | 28 | 81                        | 153 | 144 | 135 |
| <i>Cordia sulcata</i> DC.                                  |                   | 4            | 0.03     | 380-460                | 4                           |     |     |     | 0                           | 1  | 2  | 3                         | 0   | 1   | 3   |
| <i>Croton poecilanthus</i> Urban                           | LEF               | 393          | 2.985    | 360-960                | 51                          | 313 | 18  | 11  | 8                           | 13 | 29 | 50                        | 30  | 84  | 279 |
| <i>Cyathea arborea</i> (L.) J.E. Smith                     |                   | 121          | 0.919    | 460-970                | 5                           | 70  | 3   | 43  | 7                           | 7  | 11 | 25                        | 40  | 53  | 28  |
| <i>Cyathea bryophila</i> (R. Tryon) Proctor                | PR                | 435          | 3.304    | 850-1000               |                             | 12  | 2   | 421 | 6                           | 8  | 9  | 23                        | 47  | 176 | 212 |
| <i>Cyathea portoricensis</i> Spreng ex Kuhn                | PR                | 13           | 0.099    | 720-870                |                             |     | 13  |     | 0                           | 1  | 3  | 4                         | 0   | 8   | 5   |
| <i>Cybianthus sintensii</i> Mart.                          | LEF               | 3            | 0.023    | 680-950                |                             | 2   | 1   |     | 1                           | 2  | 0  | 3                         | 1   | 2   | 0   |
| <i>Cyrilla racemiflora</i> L.                              |                   | 274          | 2.081    | 450-970                | 36                          | 206 | 2   | 30  | 20                          | 18 | 7  | 45                        | 154 | 107 | 13  |
| <i>Dacryodes excelsa</i> Vahl                              |                   | 192          | 1.458    | 350-850                | 150                         | 41  | 1   |     | 10                          | 10 | 4  | 24                        | 104 | 81  | 7   |
| <i>Daphnopsis philippiana</i> Krug & Urban                 | PR                | 234          | 1.777    | 450-970                | 49                          | 140 | 2   | 43  | 19                          | 23 | 13 | 55                        | 83  | 120 | 31  |
| <i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne & Planch.           |                   | 2            | 0.015    | 750                    |                             | 2   |     |     | 0                           | 0  | 1  | 1                         | 0   | 0   | 2   |
| <i>Dendropanax laurifolius</i> (E. March.) Decne & Planch. | PR                | 3            | 0.023    | 860-915                |                             | 1   | 2   |     | 2                           | 0  | 0  | 2                         | 3   | 0   | 0   |
| <i>Ditta myricoides</i> Griseb.                            |                   | 79           | 0.601    | 450-950                | 2                           | 60  | 12  | 5   | 10                          | 11 | 12 | 33                        | 23  | 27  | 29  |
| <i>Drypetes glauca</i> Vahl                                |                   | 103          | 0.782    | 350-800                | 55                          | 48  |     |     | 4                           | 8  | 7  | 19                        | 20  | 58  | 25  |
| <i>Eugenia borinquensis</i> Britton                        | LEF               | 572          | 4.345    | 550-1000               | 1                           | 115 | 24  | 432 | 20                          | 18 | 20 | 58                        | 258 | 204 | 110 |

continuación

**Apéndice C: (continuación) conteo del muestreo de gradientes. Presencia de 105 especies de árboles, mayormente nativas, según los factores ambientales dentro del Bosque Experimental de Luquillo**

| Nombre de especies                                | Tipo <sup>a</sup> | Tallos |        | Elevación <sup>b</sup> | Presencia de especies       |     |    |     |                             |    |    |       |     |                           |     |
|---|-------------------|--------|--------|------------------------|-----------------------------|-----|----|-----|-----------------------------|----|----|-------|-----|---------------------------|-----|
|   |                   |        |        |                        | Tipo de bosque <sup>c</sup> |     |    |     | Topografía <sup>d</sup>     |    |    |       |     |                           |     |
|   |                   |        |        |                        | MB                          | MO  | PA | EN  | C                           | L  | Q  | Total | C   | L                         | Q   |
|   |                   |        |        |                        | --- tallos (cantidad) ---   |     |    |     | --- parcelas (cantidad) --- |    |    |       |     | --- tallos (cantidad) --- |     |
| <i>Eugenia eggersii</i> Kiaersk.                  | PR                | 8      | 0.061  | 660-750                |                             |     | 4  | 4   | 2                           | 1  | 1  | 4     | 4   | 1                         | 3   |
| <i>Eugenia stahlia</i> (Kiaersk.) Krug & Urban    | PR                | 41     | 0.311  | 380-850                | 4                           |     | 37 |     | 6                           | 9  | 3  | 18    | 13  | 24                        | 4   |
| <i>Ficus citrifolia</i> P. Miller                 |                   | 3      | 0.023  | 640-760                |                             | 3   |    |     | 0                           | 2  | 1  | 3     | 0   | 2                         | 1   |
| <i>Ficus crassinervia</i> Desf.                   |                   | 3      | 0.023  | 760-890                |                             | 3   |    |     | 1                           | 2  | 0  | 3     | 1   | 2                         | 0   |
| <i>Ficus sintenisii</i> Warb.                     |                   | 3      | 0.023  | 460-750                | 1                           | 2   |    |     | 2                           | 1  | 0  | 3     | 2   | 1                         | 0   |
| <i>Guarea glabra</i> Vahl                         |                   | 13     | 0.099  | 450-780                | 1                           | 12  |    |     | 0                           | 3  | 5  | 8     | 0   | 6                         | 7   |
| <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer               |                   | 13     | 0.099  | 350-730                | 12                          |     | 1  |     | 3                           | 3  | 4  | 10    | 3   | 3                         | 7   |
| <i>Guatteria caribaea</i> Urban                   |                   | 8      | 0.061  | 350-470                | 8                           |     |    |     | 2                           | 2  | 0  | 4     | 6   | 2                         | 0   |
| <i>Guettarda valenzuelana</i> A. Rich.            |                   | 32     | 0.243  | 380-750                | 4                           | 28  |    |     | 4                           | 4  | 3  | 11    | 7   | 8                         | 17  |
| <i>Haenianthus salicifolius</i> Griseb.           |                   | 231    | 1.755  | 350-1000               | 3                           | 172 | 8  | 48  | 20                          | 20 | 12 | 52    | 110 | 88                        | 33  |
| <i>Hedyosmum arborescens</i> Sw.                  |                   | 25     | 0.189  | 550-1050               | 1                           | 17  |    | 7   | 7                           | 2  | 4  | 13    | 11  | 4                         | 10  |
| <i>Henriettea macfadyenii</i> (Triana) Alain      |                   | 2      | 0.015  | 820                    |                             |     | 2  |     | 0                           | 0  | 1  | 1     | 0   | 0                         | 2   |
| <i>Henriettea squamulosa</i> (Cogn.) Judd.        | PR                | 1401   | 10.642 | 350-1000               | 34                          | 925 | 85 | 357 | 32                          | 35 | 32 | 99    | 476 | 594                       | 331 |
| <i>Hirtella rugosa</i> Pers.                      | PR                | 134    | 1.018  | 360-860                | 10                          | 124 |    |     | 11                          | 9  | 2  | 22    | 89  | 43                        | 2   |
| <i>Hirtella triandra</i> Sw.                      |                   | 6      | 0.045  | 350                    | 6                           |     |    |     | 1                           | 0  | 0  | 1     | 6   | 0                         | 0   |
| <i>Homalium racemosum</i> Jacq.                   |                   | 14     | 0.106  | 350-700                | 3                           | 11  |    |     | 3                           | 2  | 2  | 7     | 6   | 6                         | 2   |
| <i>Ilex nitida</i> (Vahl) Maxim.                  |                   | 16     | 0.122  | 650-920                |                             | 13  |    | 3   | 5                           | 6  | 0  | 11    | 9   | 7                         | 0   |
| <i>Ilex sideroxyloides</i> (Sw.) Griseb.          |                   | 3      | 0.023  | 470-835                | 2                           |     | 1  |     | 1                           | 2  | 0  | 3     | 1   | 2                         | 0   |
| <i>Ilex sintenisii</i> (Urban) Britton            | LEF               | 4      | 0.031  | 1050                   |                             |     |    | 4   | 1                           | 0  | 0  | 1     | 4   | 0                         | 0   |
| <i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.                  |                   | 37     | 0.281  | 350-680                | 9                           | 28  |    |     | 2                           | 2  | 3  | 7     | 28  | 6                         | 3   |
| <i>Inga vera</i> Willd. Ex L.                     |                   | 14     | 0.106  | 370-780                | 4                           | 10  |    |     | 2                           | 2  | 3  | 7     | 2   | 2                         | 10  |
| <i>Ixora ferrea</i> (Jacq.) Benth.                |                   | 26     | 0.197  | 350-780                | 8                           | 18  |    |     | 7                           | 3  | 0  | 10    | 18  | 8                         | 0   |
| <i>Laetia procera</i> (Poeppig) Eichl.            |                   | 1      | 0.008  | 370                    | 1                           |     |    |     | 1                           | 0  | 0  | 1     | 1   | 0                         | 0   |
| <i>Laplacea portoricensis</i> (Krug & Urban) Dyer | LEF               | 2      | 0.015  | 350                    | 2                           |     |    |     | 1                           | 0  | 0  | 1     | 2   | 0                         | 0   |
| <i>Magnolia splendens</i> Urban                   | LEF               | 88     | 0.668  | 350-990                | 7                           | 59  |    | 22  | 16                          | 14 | 12 | 42    | 40  | 34                        | 14  |
| <i>Manilkara bidentata</i> (A.DC.) Chev.          |                   | 82     | 0.623  | 350-650                | 79                          | 3   |    |     | 5                           | 4  | 3  | 12    | 32  | 38                        | 12  |
| <i>Margaritaria nobilis</i> L. f.                 |                   | 1      | 0.008  | 350                    | 1                           |     |    |     | 1                           | 0  | 0  | 1     | 1   | 0                         | 0   |
| <i>Marliera sintenisii</i> Kiaersk.               | LEF               | 25     | 0.189  | 640-990                |                             | 25  |    |     | 5                           | 5  | 0  | 10    | 13  | 12                        | 0   |
| <i>Matayba domingensis</i> (DC.) Radlk.           |                   | 122    | 0.927  | 370-875                | 17                          | 105 |    |     | 12                          | 10 | 3  | 25    | 68  | 48                        | 6   |
| <i>Mecranium latifolium</i> (Cogn.) Skean         |                   | 6      | 0.046  | 630-960                |                             | 5   |    | 1   | 1                           | 1  | 4  | 6     | 1   | 1                         | 4   |
| <i>Meliosma herbertii</i> Rolfe                   |                   | 30     | 0.228  | 350-800                | 13                          | 17  |    |     | 4                           | 3  | 0  | 7     | 21  | 9                         | 0   |
| <i>Menendezia urbanii</i> Cogn.                   |                   | 25     | 0.191  | 350-750                | 15                          | 10  |    |     | 3                           | 3  | 1  | 7     | 15  | 7                         | 3   |
| <i>Miconia laevigata</i> (L.) DC.                 |                   | 42     | 0.319  | 640-920                |                             | 40  |    | 2   | 4                           | 8  | 2  | 14    | 10  | 30                        | 2   |
| <i>Miconia pachyphylla</i> Cogn.                  | PR                | 12     | 0.091  | 680-1000               |                             | 4   |    | 8   | 3                           | 2  | 1  | 6     | 5   | 5                         | 2   |
| <i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.                  |                   | 1      | 0.007  | 680                    |                             | 1   |    |     | 0                           | 1  | 0  | 1     | 0   | 1                         | 0   |
| <i>Miconia sintenisii</i> Cogn.                   | PR                | 9      | 0.068  | 720-950                |                             | 1   | 3  | 5   | 1                           | 1  | 4  | 6     | 1   | 1                         | 7   |
| <i>Miconia tetrandra</i> D. Don                   |                   | 147    | 1.116  | 450-915                | 8                           | 138 |    | 1   | 13                          | 9  | 10 | 32    | 74  | 32                        | 41  |
| <i>Micropholis garciniiifolia</i> Pierre          | LEF               | 1097   | 8.333  | 350-1000               | 83                          | 642 | 10 | 362 | 38                          | 36 | 15 | 89    | 499 | 539                       | 59  |
| <i>Micropholis guyanensis</i> (A. DC.) Pierre     |                   | 369    | 2.803  | 370-900                | 19                          | 349 |    | 1   | 14                          | 11 | 8  | 33    | 206 | 130                       | 33  |
| <i>Myrcia deflexa</i> (Poir.) DC.                 |                   | 13     | 0.099  | 450-880                | 1                           | 11  |    | 1   | 2                           | 1  | 2  | 5     | 4   | 1                         | 8   |
| <i>Myrcia fallax</i> (A. Rich) DC.                |                   | 104    | 0.791  | 470-970                | 3                           | 97  | 1  | 3   | 22                          | 10 | 2  | 34    | 80  | 21                        | 3   |
| <i>Myrcia leptoclada</i> DC.                      |                   | 20     | 0.152  | 380-560                | 20                          |     |    |     | 1                           | 3  | 1  | 5     | 7   | 12                        | 1   |

continuación

**Apéndice C: (continuación) conteo del muestreo de gradientes. Presencia de 105 especies de árboles, mayormente nativas, según los factores ambientales dentro del Bosque Experimental de Luquillo**

| Nombre de especies  | Tipo <sup>a</sup> | Tallos       |            | Elevación <sup>b</sup><br><i>m</i> | Presencia de especies       |             |             |             |                             |           |           |                           |             |             |             |   |
|---|-------------------|--------------|------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|---|
|   |                   | <i>total</i> | <i>%</i>   |                                    | Tipo de bosque <sup>c</sup> |             |             |             | Topografía <sup>d</sup>     |           |           |                           |             |             |             |   |
|   |                   |              |            |                                    | MB                          | MO          | PA          | EN          | C                           | L         | Q         | Total                     | C           | L           | Q           |   |
|   |                   | <i>total</i> | <i>%</i>   | <i>m</i>                           | --- tallos (cantidad) ---   |             |             |             | --- parcelas (cantidad) --- |           |           | --- tallos (cantidad) --- |             |             |             |   |
| <i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.                           |                   | 1            | 0.007      | 660                                |                             | 1           |             |             |                             | 0         | 0         | 1                         | 1           | 0           | 0           | 1 |
| <i>Myrcine coriaceae</i> (Sw.) R. Br.<br>Ex Roem. & Schult. |                   | 1            | 0.007      | 850                                |                             | 1           |             |             |                             | 0         | 0         | 1                         | 1           | 0           | 0           | 1 |
| <i>Ocotea leucoxydon</i> (Sw.) Mez                          |                   | 75           | 0.571      | 350-970                            | 13                          | 46          | 6           | 10          | 20                          | 11        | 10        | 41                        | 49          | 15          | 11          |   |
| <i>Ocotea moschata</i> (Meisn.) Mez                         | PR                | 8            | 0.061      | 450-790                            | 1                           | 7           |             |             | 1                           | 2         | 2         | 5                         | 1           | 5           | 2           |   |
| <i>Ocotea portoricensis</i> Mez                             | PR                | 5            | 0.038      | 650-915                            |                             | 3           |             | 2           | 3                           | 0         | 1         | 4                         | 4           | 0           | 1           |   |
| <i>Ocotea spathulata</i> Mez                                |                   | 931          | 7.072      | 350-1000                           | 19                          | 338         | 9           | 565         | 35                          | 30        | 19        | 84                        | 528         | 326         | 77          |   |
| <i>Ormosia krugii</i> Urban                                 |                   | 27           | 0.205      | 380-780                            | 9                           | 18          |             |             | 5                           | 3         | 0         | 8                         | 21          | 6           | 0           |   |
| <i>Palicourea croceoides</i> W. Hamilton                    |                   | 38           | 0.289      | 450-940                            | 4                           | 1           |             | 33          | 3                           | 1         | 2         | 6                         | 25          | 11          | 2           |   |
| <i>Prestoea montana</i> (R. Grah.) Nichols                  |                   | 2366         | 17.972     | 350-970                            | 285                         | 1296        | 650         | 135         | 26                          | 28        | 43        | 97                        | 468         | 503         | 1395        |   |
| <i>Psychotria berteriana</i> DC.                            |                   | 108          | 0.82       | 450-970                            | 21                          | 56          | 19          | 12          | 16                          | 14        | 15        | 45                        | 48          | 22          | 38          |   |
| <i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.                        |                   | 1            | 0.007      | 350                                | 1                           |             |             |             | 0                           | 0         | 1         | 1                         | 0           | 0           | 1           |   |
| <i>Rheedia portoricensis</i> (Urban) Alain                  | PR                | 60           | 0.456      | 350-750                            | 5                           | 55          |             |             | 4                           | 3         | 1         | 8                         | 48          | 10          | 2           |   |
| <i>Rondeletia portoricensis</i><br>Krug & Urban             | PR                | 10           | 0.076      | 450-915                            | 1                           | 9           |             |             | 1                           | 1         | 3         | 5                         | 2           | 1           | 7           |   |
| <i>Sapium laurocerasus</i> Desf.                            | PR                | 50           | 0.381      | 450-950                            | 5                           | 30          | 13          | 2           | 5                           | 7         | 13        | 25                        | 7           | 10          | 33          |   |
| <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Mcguire                |                   | 42           | 0.319      | 350-790                            | 23                          | 14          | 5           |             | 8                           | 6         | 4         | 18                        | 26          | 12          | 4           |   |
| <i>Sloanea berteriana</i> Choisy                            |                   | 90           | 0.684      | 350-890                            | 60                          | 28          | 2           |             | 8                           | 8         | 13        | 29                        | 30          | 25          | 35          |   |
| <i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston                          | EXO               | 5            | 0.038      | 730-760                            |                             | 4           | 1           |             | 1                           | 1         | 0         | 2                         | 1           | 4           | 0           |   |
| <i>Tabebuia heterophylla</i> (DC.) Britton                  |                   | 14           | 0.106      | 350-740                            | 7                           | 7           |             |             | 2                           | 1         | 5         | 8                         | 5           | 1           | 8           |   |
| <i>Tabebuia rigida</i> Urban                                | LEF               | 1303         | 9.897      | 450-1000                           | 32                          | 391         | 36          | 844         | 30                          | 26        | 13        | 69                        | 606         | 578         | 119         |   |
| <i>Ternstroemia luquillensis</i><br>Krug & Urban            | LEF               | 2            | 0.015      | 1050                               |                             |             |             | 2           | 1                           | 0         | 0         | 1                         | 2           | 0           | 0           |   |
| <i>Tetragastris balsamifera</i> (Sw.) Kuntze                |                   | 53           | 0.402      | 360-780                            | 52                          | 1           |             |             | 4                           | 3         | 2         | 9                         | 33          | 17          | 3           |   |
| <i>Torrabasia cuneifolia</i> (C. Wright)<br>Krug & Urban    |                   | 29           | 0.221      | 620-1000                           |                             | 15          |             | 14          | 10                          | 3         | 0         | 13                        | 25          | 4           | 0           |   |
| <i>Trichilia pallida</i> Sw.                                |                   | 5            | 0.038      | 360-460                            | 5                           |             |             |             | 0                           | 0         | 2         | 2                         | 0           | 0           | 5           |   |
| <i>Vitex divaricata</i> Sw.                                 |                   | 2            | 0.015      | 615-960                            |                             | 2           |             |             | 0                           | 1         | 1         | 2                         | 0           | 1           | 1           |   |
| <i>Xylosma schwaneckeanum</i><br>Krug & Urban               | LEF               | 8            | 0.061      | 710-970                            |                             | 5           |             | 3           | 3                           | 1         | 1         | 5                         | 6           | 1           | 1           |   |
| <b>Total (105 especies)</b>                                 |                   | <b>13165</b> | <b>100</b> | <b>350-1000</b>                    | <b>1390</b>                 | <b>7023</b> | <b>1135</b> | <b>3617</b> | <b>44</b>                   | <b>44</b> | <b>44</b> | <b>132</b>                | <b>5075</b> | <b>4623</b> | <b>3467</b> |   |

<sup>a</sup>Tipo: PR = endémicas de Puerto Rico; LEF = endémicas del Bosque Experimental de Luquillo; EXO = exóticas; en blanco = especies nativas no endémicas.

<sup>b</sup>Rango de elevación para especies registradas en el muestreo de gradiente.

<sup>c</sup>Muestreo según el tipo de bosque variado. Cantidad total de parcelas = 132 en LEF (5.77 ha), incluidas 18 en MB (0.90 ha), 69 en MO (3.45 ha), 12 en PA (0.60 ha) y 33 en EN (0.82 ha).

<sup>d</sup>Presencia según la topografía: C = cresta (44 parcelas), L = ladera (44 parcelas) y Q = quebrada (44 parcelas). La cantidad de tallos es un valor absoluto (es decir, no está convertida en hectáreas).

# APÉNDICE D

## Apéndice D: clasificación tentativa de sucesión de algunas especies de árboles en el Bosque Experimental de Luquillo y notas sobre el lugar en que se regeneran<sup>a</sup>

| Especies <sup>b</sup>                                | Tipo de bosque <sup>c</sup> |    |    |    | Categoría de regeneración <sup>d</sup> |         |        |                  |
|--|-----------------------------|----|----|----|--|---------|--------|------------------|
|  | MB                          | MO | PM | DF | Áreas abiertas                         | Brechas | Sombra | Desprendimientos |
| <i>Acnistis arborescens</i> (L.) Schlecht.           |                             |    |    |    |  |         |        | 3                |
| <i>Alchornea latifolia</i> Sw.                       | 8                           |    | P  |    | W                                      | X       |        | 1,2,3            |
| <i>Alchorneopsis floribunda</i> (Benth.) Muell. Arg. | 4                           |    |    |    | X                                      | X       |        | 2                |
| <i>Antirhea coriacea</i> (Vahl.) Urban               |                             |    |    |    |  |         |        | 1                |
| <i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. <sup>o</sup>         |                             |    |    |    |  |         |        | 3                |
| <i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aublet) R. Howard     | 16                          |    |    |    |  | X       |        | 1,2              |
| <i>Byrsonima spicata</i> (Cav.) HBK                  | 17                          |    |    |    |  | X       |        |                  |
| <i>Byrsonima wadsworthii</i> Little                  |                             | 14 |    |    |  | X       | X      |                  |
| <i>Calophyllum calaba</i> L.                         |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Calyptanthes krugii</i> Kiaersk.                  |                             |    |    | D  | W                                      |         |        | 1                |
| <i>Casearia arborea</i> (L.C. Rich) Urban            |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Casearia decandra</i> Jacq.                       | 5                           |    |    |    |  | X       |        |                  |
| <i>Casearia sylvestris</i> Sw.                       |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Cecropia schreberiana</i> Miq                     | 1                           | 1  | P  |    | HX                                     | XH      |        | 1,2,3            |
| <i>Cestrum macrophyllum</i> Vent.                    |                             |    |    |    |  |         |        | 2,3              |
| <i>Chionanthus domingensis</i> Lam.                  | 24                          |    |    |    |  | X       | X      | 2,3              |
| <i>Citharexylum caudatum</i> L.                      |                             |    |    |    |  |         |        | 3                |
| <i>Citharexylum fruticosum</i> L.                    |                             |    |    |    |  |         |        | 1                |
| <i>Cleyera albo-punctata</i> (Griseb.) Krug & Urban  |                             |    |    |    |  |         |        | 1                |
| <i>Clibadium erosum</i> (Sw.) DC.                    |                             |    | P  |    | X                                      | X       |        | 2,3              |
| <i>Clusia clusioides</i> (Griseb.) D'Arcy            |                             | 6  |    | D  | TWX                                    | XT      |        |                  |
| <i>Coccoloba schwartzii</i> Meisner                  |                             |    |    |    |  |         |        | 3                |
| <i>Coffea arabica</i> L. <sup>e, f</sup>             |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Cordia borinquensis</i> Urban                     |                             |    | P  | D  |  |         |        | 1,2              |
| <i>Cordia sulcata</i> DC.                            | 6                           |    |    |    |  | X       |        | 3                |
| <i>Croton poecilanthus</i> Urban                     | 11                          | 16 | P  | D  |  | X       | X      | 1,2              |
| <i>Cyathea arborea</i> (L.) J.E. Smith               |                             |    |    | D  | WX                                     | X       |        | 1,3              |
| <i>Cyathea bryophila</i> (R. Tryon) Proctor          |                             |    |    | D  | WX                                     | X       |        |                  |
| <i>Cyathea portoricensis</i> Spreng ex Kuhn          |                             |    | P  |    |  |         |        |                  |
| <i>Cyrtia racemiflora</i> L.                         | 3                           | 3  |    | D  |  | XT      |        | 1,2,3            |
| <i>Dacryodes excelsa</i> Vahl                        | 19                          |    |    |    |  |         | X      | 2                |
| <i>Daphnopsis philippiana</i> Krug & Urban           |                             |    |    | D  |  |         |        | 1                |
| <i>Ditta myricoides</i> Griseb.                      |                             |    | P  |    |  |         |        | 1                |
| <i>Eugenia borinquensis</i> Britton                  |                             | 20 | P  | D  | W                                      | X       | X      | 1                |
| <i>Eugenia stahlia</i> (Kiaersk.) Krug & Urban       | 28                          | 19 |    |    |  |         | X      | 2                |
| <i>Eupatorium portoricense</i> Urban                 |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Ficus citrifolia</i> P. Miller                    |                             |    |    |    |  |         |        | 1                |
| <i>Ficus sintenisii</i> Warb.                        |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Guarea glabra</i> Vahl                            |                             |    |    |    |  |         |        | 1                |
| <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumerf                 | 25                          |    |    |    |  | X       | X      | 2,3              |

continuación

**Apéndice D: (continuación) clasificación tentativa de sucesión de algunas especies de árboles en el Bosque Experimental de Luquillo y notas sobre el lugar en que se regeneran<sup>a</sup>**

| Especies <sup>b</sup>                                       | Tipo de bosque <sup>c</sup> |    |    |    | Categoría de regeneración <sup>d</sup> |         |        |                  |
|---|-----------------------------|----|----|----|--|---------|--------|------------------|
|   | MB                          | MO | PM | DF | Áreas abiertas                         | Brechas | Sombra | Desprendimientos |
| <i>Guettarda valenzuelana</i> A. Rich.                      |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Haenianthus salicifolius</i> Griseb.                     |                             | 17 |    | D  |  | XT      | XT     | 1                |
| <i>Hedyosmum arborescens</i> Sw.                            |                             |    |    |    |  |         |        | 1                |
| <i>Henriettea squamulosa</i> (Cogn.) Judd.                  | 12                          | 15 | P  | D  | W                                      | X       | X      | 1                |
| <i>Heterotrichum cymosum</i> (Wendl.) Urban                 |                             |    |    |    |  |         |        | 2,3              |
| <i>Hirtella rugosa</i> Pers.                                |                             |    |    |    |  | X       | X      | 1,2,4            |
| <i>Homalium racemosum</i> Jacq.                             | 9                           |    |    |    |  | X       |        | 3                |
| <i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd. <sup>†</sup>               | 22                          |    |    |    |  | X       | X      | 2,3              |
| <i>Inga vera</i> Willd. ex L. <sup>†</sup>                  | 13                          |    |    |    |  | X       |        | 2,3              |
| <i>Lonchocarpus latifolius</i> (Willd.) H.B.K.              |                             |    |    |    |  |         |        | 3                |
| <i>Magnolia splendens</i> Urban                             |                             | 4  |    | D  |  | XT      |        | 1                |
| <i>Manilkara bidentata</i> (A.DC.) Chev.                    | 15                          |    |    |    |  | XH      | X      | 4                |
| <i>Margaritaria nobilis</i> L. <sup>†</sup>                 |                             |    |    |    |  |         |        | 2,3              |
| <i>Matayba domingensis</i> (DC.) Radlk.                     | 20                          | 7  |    |    |  | X       | X      | 2                |
| <i>Mecranium latifolium</i> (Cogn.) Skeepe                  |                             |    |    |    |  |         |        | 1,2              |
| <i>Miconia faveolata</i> Cogn.                              |                             |    |    |    | XHW                                    | XH      |        | 3                |
| <i>Miconia impetolaris</i> (Sw.) D. Don.                    |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Miconia laevigata</i> (L.) DC.                           |                             |    |    |    |  | XT      |        |                  |
| <i>Miconia mirabilis</i> (Aubl.) L.O. Williams              |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Miconia pachyphylla</i> Cogn.                            |                             |    |    |    | W                                      |         |        | 2                |
| <i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.                            |                             |    |    |    |  |         |        | 2,3              |
| <i>Miconia racemosa</i> (Aubl.) DC.                         |                             |    |    |    |  |         |        | 1,2,3            |
| <i>Miconia serrulata</i> (DC.) Naud.                        |                             |    |    |    |  |         |        | 2,3              |
| <i>Miconia sintenisii</i> Cogn.                             |                             |    |    |    | W                                      |         |        | 1,3              |
| <i>Miconia tetrandra</i> D. Don                             | 2                           |    |    |    | W                                      | X       |        | 1,2,3            |
| <i>Micropholis garciniifolia</i> Pierre                     | 21                          | 12 | P  | D  | W                                      |         | X      | 1                |
| <i>Micropholis guyanensis</i> (A. DC.) Pierre               |                             | 10 |    |    |  | X       | X      | 1,3              |
| <i>Myrcia citrifolia</i> (Aubl.) Urban                      |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Myrcia deflexa</i> (Poir.) DC.                           |                             |    |    |    |  |         | X      | 2,3,4            |
| <i>Myrcia fallax</i> (A. Rich) DC.                          |                             | 13 |    |    |  | X       | X      | 2                |
| <i>Myrcia leptoclada</i> DC.                                |                             |    |    |    |  |         | X      | 2                |
| <i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.                           |                             |    |    |    |  |         | X      | 2,4              |
| <i>Myrcine coriaceae</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.    |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Ocotea leucoxydon</i> (Sw.) Mez                          |                             |    |    | D  |  |         |        | 1,2,3            |
| <i>Ocotea moschata</i> (Meisn.) Mez                         | 26                          | 11 |    |    |  |         | X      |                  |
| <i>Ocotea sintenisii</i> (Mez) Alain                        |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Ocotea spathulata</i> Mez                                |                             | 18 |    | D  | W                                      | X       | X      | 1,2              |
| <i>Ochroma pyradimale</i> (Cav. ex Lamb) Urban <sup>®</sup> |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Ormosia krugii</i> Urban                                 | 23                          |    |    |    |  | X       | X      |                  |
| <i>Palicourea croceoides</i> W. Hamilton                    |                             |    |    | D  |  |         | X      | 1,4              |
| <i>Palicourea riparia</i> Benth.                            |                             |    |    |    |  |         | X      | 2,3,4            |
| <i>Pinus caribaea</i> Morelete                              |                             |    |    |    |  |         |        | 3                |
| <i>Piper aduncum</i> L.                                     |                             |    |    |    |  |         |        | 1,2,3            |

continuación

**Apéndice D: (continuación) clasificación tentativa de sucesión de algunas especies de árboles en el Bosque Experimental de Luquillo y notas sobre el lugar en que se regeneran<sup>a</sup>**

| Especies <sup>b</sup>                             | Tipo de bosque <sup>c</sup> |    |    |    | Categoría de regeneración <sup>d</sup> |         |        |                  |
|---|-----------------------------|----|----|----|--|---------|--------|------------------|
|   | MB                          | MO | PM | DF | Áreas abiertas                         | Brechas | Sombra | Desprendimientos |
| <i>Piper amalago</i> L.                           |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Prestoea montana</i> (R. Grah.) Nichols        | 18                          | 9  | P  | D  |  | X       | X      | 1,2,3            |
| <i>Psidium guajava</i> L. <sup>e</sup>            |                             |    |    |    |  |         |        | 3                |
| <i>Psychotria berteriana</i> DC.                  |                             |    | P  | D  | WX                                     | X       |        | 1,2,3            |
| <i>Rheedia portoricensis</i> (Urban) Alain        |                             |    |    |    |  |         |        | 1,2,3            |
| <i>Roystonea borinquena</i> O.F. Cook             |                             |    |    |    |  |         |        | 3                |
| <i>Sapium laurocerasus</i> Desf.                  | 7                           | 5  | P  |    |  | X       |        | 1,2,3            |
| <i>Samyda dodecandra</i> Jacq.                    |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Mcguire      | 14                          | 2  |    |    | X                                      | X       |        | 1,2,3            |
| <i>Sloanea berteriana</i> Choisy                  | 27                          |    |    |    |  |         | XH     | 1,3              |
| <i>Solanum torvum</i> Sw.                         |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Swietenia macrophylla</i> G. King <sup>e</sup> |                             |    |    |    |  | X       | X      | 2,4              |
| <i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston <sup>e</sup>   |                             |    |    |    |  |         | X      | 2,4              |
| <i>Tabebuia heterophylla</i> (DC.) Britton        | 10                          |    |    |    | X                                      | X       |        | 1,2,3            |
| <i>Tabebuia rigida</i> Urban                      |                             | 8  | P  | D  | W                                      | XT      |        | 1,3              |
| <i>Tetragastris balsamifera</i> (Sw.) Kuntze      | 29                          |    |    |    |  |         | X      | 1                |
| <i>Tetrazygia urbanii</i> Cogn.                   |                             |    |    |    |  |         |        | 1,3              |
| <i>Trema lamarckiana</i> (R.&S.) Blume            |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume                 |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |
| <i>Trichilia hirta</i> L.                         |                             |    |    |    |  |         |        | 1                |
| <i>Trichilia pallida</i> Sw.                      |                             |    |    |    | W                                      |         |        |                  |
| <i>Urera baccifera</i> (L.) Gaud.-Bapre           |                             |    |    |    |  |         |        | 2                |

<sup>a</sup>Fuentes: Byer y Weaver (1977); Devoe (1989); Guariguata (1990); Myster y Walker (1997); Shiels (2010); Smith (1970); Wadsworth (2009); consulte las notas finales; Weaver (1990, 1992, 2000, 2002).

<sup>b</sup>Las especies incluidas representan (a) 34 especies que se clasificaron anteriormente en una escala de sucesión en un bosque tropical montano bajo o bosque tropical montano; (b) especies que se registraron en el estudio de gradiente; o (c) especies que encontraron los autores citados en la nota al pie a. Taxonomía de especies (Liogier, 1985, 1997).

<sup>c</sup>Tipo de bosque: MB = montano bajo; MO = montano; PM = de palmeras; DF = enano. Los números indican la clasificación de las especies de 1 = mayormente secundarias a 29 = mayormente primarias en MB (Smith, 1970), y de 1 = mayormente secundarias a 20 = mayormente primarias en MO (Weaver, 1999). Las especies que no tienen números no se clasificaron. Estudio de gradiente: P = especies con  $\geq 10$  ejemplares registrados en matorrales de palmeras; D = especies con  $\geq 10$  ejemplares registrados en bosques enanos.

<sup>d</sup>La categoría de regeneración se basa en las clasificaciones y otras observaciones de los bosques montanos bajos y los bosques montanos. X = regeneración según se indicó (es decir, área abierta, brecha o sombra); H = regeneración tras huracanes; T = regeneración tras raleos; W = regeneración en el lugar donde hay restos del avión en bosques enanos. Regeneración tras desprendimientos según el estudio: 1 (Guariguata, 1990); 2 (Myster y Walker, 1997); 3 (desprendimiento en la ruta PR 191 en el km 21, este estudio); 4 (Wadsworth, 2009; consulte las notas finales).

<sup>e</sup>Especies exóticas.

<sup>f</sup>Especies arbóreas y de café utilizadas para sombra de café.

# APÉNDICE E

## Apéndice E: especies arbóreas plantadas en el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>

| Especies   | Objetivo de la plantación <sup>b</sup> |    |    |    | Origen <sup>c</sup> | Porcentaje del área <sup>d</sup> |
|--|--|----|----|----|---------------------|----------------------------------|
|  | AR                                     | AG | OR | PL |                     |                                  |
| <i>Acrocarpus franinifolius</i> Arn.                                 | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Agathis robusta</i> (C. Moore) F.M. Bailey <sup>o</sup>           | AR                                     |    |    | PL | ENS                 |                                  |
| <i>Albizia lebbek</i> (L.) Benth.                                    |  |    |    | PL | EN                  | 1.1                              |
| <i>Aleurites moluccana</i> (L.) Willd. <sup>o</sup>                  | AR                                     |    |    |    | ENS                 |                                  |
| <i>Alstonia macrophylla</i> Wall.                                    | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC.                                |  |    |    | PL | NA                  | <0.1                             |
| <i>Annona muricata</i> L.  |  | AG |    |    | NI                  |                                  |
| <i>Annona reticulata</i> L.  |  | AG |    |    | NI                  |                                  |
| <i>Annona squamosa</i> L.  | AR                                     |    |    |    | NI                  |                                  |
| <i>Anthocephalis chinensis</i> (Lam.) A. Rich. ex Walp. <sup>o</sup> | AR                                     |    |    | PL | ES                  |                                  |
| <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) O. Kuntze                    | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Araucaria cunninghamii</i> Aiton ex D. Don. <sup>o</sup>          | AR                                     |    |    |    | ES                  |                                  |
| <i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg <sup>o</sup>           |  | AG |    |    | ENS                 |                                  |
| <i>Bambusa gigantochloa</i>  |  |    |    | SS | E                   |                                  |
| <i>Bambusa longispiculata</i> Gamble ex Brandis                      |  |    |    | SS | E                   |                                  |
| <i>Bambusa textilis</i> McClure                                      |  |    |    | SS | E                   |                                  |
| <i>Bambusa tulda</i> Roxb.   |  |    |    | SS | E                   |                                  |
| <i>Bambusa tuldoidea</i> Munro.                                      |  |    |    | SS | E                   |                                  |
| <i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. <sup>o</sup>                         |  |    |    | PL | ENS                 |                                  |
| <i>Brunfelsia americana</i> L.                                       |  |    | OR |    | NA                  |                                  |
| <i>Byrsonima spicata</i> (Cav.) HBK                                  |  |    |    | PL | NA                  | 0.5                              |
| <i>Callitris glauca</i> R. Br. ex Mirb.                              | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Callitris intratropica</i> R.T. Baker & H.G. Smith                | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Calophyllum calaba</i> L.   |  |    | OR | PL | NI                  |                                  |
| <i>Carapa guianensis</i> Aubl. <sup>o</sup>                          | AR                                     |    |    | PL | ENS                 |                                  |
| <i>Castanospermum australe</i> A. Cunn. & C. Fraser ex Hook          | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Castilla elastica</i> Cervantes <sup>o</sup>                      |  |    | OR |    | EN                  |                                  |
| <i>Casuarina equisetifolia</i> L.                                    | AR                                     |    |    | PL | EN                  | 3.0                              |
| <i>Catalpa longissima</i> (Jacq.) Sims                               |  |    | OR | PL | E                   |                                  |
| <i>Cecropia schreberiana</i> Miq.                                    | AR                                     |    |    | PL | NA                  |                                  |
| <i>Cedrela odorata</i> L.  |  |    |    | PL | NI                  | 13.0                             |
| <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.                                  |  |    |    | PL | NA                  | 0.1                              |
| <i>Chrysophyllum cainito</i> L.                                      |  | AG |    |    | ?                   |                                  |
| <i>Chukrasia tabularis</i> A. Juss.                                  | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Cibistax donnell-smithii</i> Rose                                 | AR                                     |    |    | PL | E                   |                                  |
| <i>Citrus aurantifolia</i> (L.) Swingle                              |  | AG |    |    | E                   |                                  |
| <i>Citrus aurantium</i> L.   |  | AG |    |    | EN                  |                                  |
| <i>Citrus limon</i> (L.) Burm. F.                                    |  | AG |    |    | EN                  |                                  |
| <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck                                   |  | AG |    |    | EN                  |                                  |
| <i>Clitoria racemosa</i> G. Don. <sup>o</sup>                        | AR                                     |    |    |    | ES                  |                                  |
| <i>Coccoloba krugii</i> Lindau.                                      |  |    |    | PL | NA                  |                                  |

continuación

Apéndice E: (continuación) especies arbóreas plantadas en el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>

| Especies   | Objetivo de la plantación <sup>b</sup> |    |    |    | Origen <sup>c</sup> | Porcentaje del área <sup>d</sup> |
|--|--|----|----|----|---------------------|----------------------------------|
|  | AR                                     | AG | OR | PL |                     |                                  |
| <i>Cocos nucifera</i> L.                                     |  | AG | OR |    | EN                  |                                  |
| <i>Coffea arabica</i> L.                                     |  | AG |    |    | EN                  |                                  |
| <i>Cordia alliodora</i> Ruiz & Pav.                          | AR                                     |    |    | PL | NA                  | 8.5                              |
| <i>Cryptomeria japonica</i> (L. f.) D. Don.                  | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook. <sup>o</sup>    | AR                                     |    |    |    | ES                  |                                  |
| <i>Cupressus lusitanica</i> Mill. Cv. Benthamii <sup>o</sup> | AR                                     |    |    | PL | ENS                 |                                  |
| <i>Dacryodes excelsa</i> Vahl                                |  |    |    | PL | NA                  |                                  |
| <i>Dalbergia sissoo</i> Roxb.                                |  |    |    | PL | EN                  | 1.5                              |
| <i>Delonix regia</i> (Bojer) Raf. <sup>o</sup>               |  |    | OR |    | ENS                 |                                  |
| <i>Dendrocalamus strictus</i> Nees                           |  |    |    | SS | E                   |                                  |
| <i>Entandophragma angolensis</i> C. DC.                      | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Eucalyptus maculata</i> Hook                              | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Eucalyptus alba</i> Reinw. ex Blum <sup>o</sup>           |  |    |    | PL | E                   |                                  |
| <i>Eucalyptus botryoides</i> Sm.                             |  |    |    | PL | E                   |                                  |
| <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.                       |  |    |    | PL | E                   |                                  |
| <i>Eucalyptus citriodora</i> Hook                            | AR                                     |    |    | PL | E                   | <0.1                             |
| <i>Eucalyptus crebra</i> F. Muell.                           | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maidene                    | AR                                     |    |    |    | ES                  |                                  |
| <i>Eucalyptus kirtoniana</i> F. Muell                        |  |    |    | PL | E                   |                                  |
| <i>Eucalyptus maidenii</i> F. Muell.                         | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Eucalyptus mysore-bangalore</i> (hybrid) <sup>f</sup>     | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Eucalyptus paniculata</i> Sm.                             | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Eucalyptus patentinervis</i> R.T. Bak. <sup>o</sup>       | AR                                     |    |    |    | ES                  |                                  |
| <i>Eucalyptus resinifera</i> J.E. Smith                      |  |    |    | PL | E                   |                                  |
| <i>Eucalyptus robusta</i> J.E. Smith <sup>o</sup>            | AR                                     |    |    | PL | ENS                 | 0.4                              |
| <i>Eucalyptus rostrata</i> Schl. <sup>o</sup>                |  |    |    | PL | ES                  |                                  |
| <i>Eucalyptus saligna</i> Sm. <sup>o</sup>                   | AR                                     |    |    | PL | ES                  |                                  |
| <i>Eucalyptus</i> spp.                                       |  |    |    | PL | E                   | 0.1                              |
| <i>Eucalyptus tereticornis</i> Sm.                           |  |    |    | PL | E                   |                                  |
| <i>Eugenia jambolana</i> Lam.                                |  |    |    | PL | E                   |                                  |
| <i>Eugenia stahlia</i> (Kiaersk.) Krug & Urban               |  |    |    | PL | N                   |                                  |
| <i>Fraxinus uhdei</i> (Wenzig) Lingelsh. <sup>o</sup>        | AR                                     |    |    | PL | ENS                 |                                  |
| <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Griseb.            |  | AG |    |    | EN                  |                                  |
| <i>Gmelina arborea</i> Roxb. <sup>o</sup>                    |  |    |    |    | ES                  |                                  |
| <i>Goetzia elegans</i> Wydler                                | AR                                     |    |    |    | N                   |                                  |
| <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer                          |  |    |    | PL | N                   | 1.6                              |
| <i>Gyranthera caribensis</i> Pittier                         | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Hernandia sonora</i> L.                                   | AR                                     |    |    |    | NA                  |                                  |
| <i>Hibiscus elatus</i> Sw. <sup>o</sup>                      | AR                                     |    | OR | PL | ENS                 |                                  |
| <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.                             |  |    | OR |    | E                   |                                  |
| <i>Hibiscus tiliaceus</i> L. <sup>o</sup>                    |  |    | OR |    | ES                  |                                  |
| <i>Hymenaea courbaril</i> L.                                 |  |    |    | PL | NA                  | 0.1                              |
| <i>Inga vera</i> Willd.                                      | AR                                     |    |    |    | NA                  |                                  |
| <i>Jatropha multifida</i> L.                                 |  |    | OR |    | NA                  |                                  |

continuación

Apéndice E: (continuación) especies arbóreas plantadas en el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>

| Especies  | Objetivo de la plantación <sup>b</sup> |    |    |    | Origen <sup>c</sup> | Porcentaje del área <sup>d</sup> |
|---|--|----|----|----|---------------------|----------------------------------|
|   | AR                                     | AG | OR | PL |                     |                                  |
| <i>Khaya grandifoliola</i> C. DC. <sup>o</sup>              | AR                                     |    |    |    | ES                  |                                  |
| <i>Khaya nyasica</i> Stapf. ex Baker <sup>o</sup>           | AR                                     |    |    | PL | ENS                 |                                  |
| <i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss. <sup>o</sup>     | AR                                     |    |    |    | ENS                 |                                  |
| <i>Lagerstroemia speciosa</i> (L.) Pers.                    |  |    | OR |    | E                   |                                  |
| <i>Maesopsis eminii</i> Engler <sup>o</sup>                 | AR                                     |    |    |    | ENS                 |                                  |
| <i>Mammea americana</i> L.                                  |  | AG |    |    | NA                  |                                  |
| <i>Mangifera indica</i> L. <sup>o</sup>                     |  | AG |    |    | ENS                 |                                  |
| <i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) Chev.                   |  |    |    | PL | NA                  | 0.5                              |
| <i>Matayba domingensis</i> (DC.) Radlk.                     |  |    |    | PL | NA                  |                                  |
| <i>Montezuma speciosissima</i> Sesse & Moc.                 |  |    | OR | PL | NI                  | 5.1                              |
| <i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms                        | AR                                     |    |    |    | EN                  |                                  |
| <i>Ochroma pyramidale</i> (Cav.) Urban                      |  |    |    | PL | E                   |                                  |
| <i>Ocotea moschata</i> (Meisn.) Mez                         | AR                                     |    |    |    | NA                  |                                  |
| <i>Olea</i> sp.   | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Parkia timoriana</i> (DC.) Merr.                         | AR                                     |    |    |    | EN                  |                                  |
| <i>Peltophorum inerme</i> (Roxb.) Naves                     |  |    |    | PL | E                   |                                  |
| <i>Persea americana</i> Mill.                               |  | AG |    |    | EN                  |                                  |
| <i>Petitia dominguensis</i> Jacq.                           |  |    |    | PL | NA                  | 4.7                              |
| <i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb. ex Schltld.                 | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Pinus caribaea</i> Morelete, <sup>h</sup>                | AR                                     |    |    | PL | ENS                 |                                  |
| <i>Pinus chiapensis</i> (Martinez) Andresen <sup>o</sup>    | AR                                     |    |    |    | ES                  |                                  |
| <i>Pinus devoniana</i> Lund <sup>i</sup>                    | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Pinus douglasiana</i> Martinez                           | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Pinus echinata</i> Mill.                                 | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Pinus ellioti</i> var. <i>densa</i> Engelm. <sup>o</sup> | AR                                     |    |    |    | ES                  |                                  |
| <i>Pinus kesiya</i> Royle ex Gordon                         | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Pinus massoniana</i> Lamb.                               | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Pinus montezumae</i> Lamb.                               | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Pinus occidentalis</i> Sw.                               | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltld.e                   | AR                                     |    |    |    | ES                  |                                  |
| <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltld. & Cham.             | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Pinus pseudostrabus</i> Lindl.                           | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Pinus taeda</i> L.                                       | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Plumeria rubra</i> L.                                    |  |    | OR |    | E                   |                                  |
| <i>Pouteria multiflora</i> (A. DC.) Eyma                    |  |    |    | PL | NA                  |                                  |
| <i>Psidium guajava</i> L.                                   |  | AG |    |    | E                   |                                  |
| <i>Pterocarpus indicus</i> Willd.                           | AR                                     |    |    | PL | EN                  |                                  |
| <i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz                         | AR                                     |    |    |    | EN                  |                                  |
| <i>Sabinea florida</i> (Vahl.) DC.                          |  |    | OR |    | NI                  |                                  |
| <i>Sambucus simpsonii</i> (Rehd.)                           |  |    | OR |    | E                   |                                  |
| <i>Schizolobium parahybum</i> (Vell.) Blake                 | AR                                     |    |    |    | EN                  |                                  |
| <i>Senna siamea</i> (Lam.) Irwin                            |  |    | OR | PL | EN                  | 1.1                              |
| <i>Sequoia sempervirens</i> (D. Don.) Endl.                 | AR                                     |    |    |    | E                   |                                  |
| <i>Sideroxylon foetidissimum</i> Jacq.                      |  |    |    | PL | NI                  |                                  |

continuación

Apéndice E: (continuación) especies arbóreas plantadas en el Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>

| Especies  | Objetivo de la plantación <sup>b</sup> |           |           |           | Origen <sup>c</sup> | Porcentaje del área <sup>d</sup> |
|---|--|-----------|-----------|-----------|---------------------|----------------------------------|
|   | AR                                     | AG        | OR        | PL        |                     |                                  |
| <i>Simarouba amara</i> Aubl.                                  | AR                                     |           |           |           | EN                  |                                  |
| <i>Sloanea berteriana</i> Choisey                             |  |           |           | PL        | NA                  |                                  |
| <i>Spathodea campanulata</i> Beauv. <sup>e</sup>              |  |           | OR        |           | ENS                 |                                  |
| <i>Swietenia macrophylla</i> King <sup>o</sup>                | AR                                     |           |           | PL        | ENS                 | 27.3                             |
| <i>Swietenia mahagoni</i> Jacq.                               | AR                                     |           |           | PL        | EN                  | 23.8                             |
| <i>Swietenia hybrid</i> (macrophylla x mahagoni) <sup>o</sup> |  |           |           | PL        | ENS                 |                                  |
| <i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston <sup>o</sup>               |  | AG        |           | PL        | ENS                 | <0.1                             |
| <i>Tabebuia heterophylla</i> (DC.) Britton                    | AR                                     |           |           | PL        | NA                  | 5.7                              |
| <i>Taxodium mucronatum</i> Tenore                             | AR                                     |           |           |           | E                   |                                  |
| <i>Tectona grandis</i> L.                                     |  |           |           | PL        | EN                  | 1.6                              |
| <i>Terminalia catappa</i> L.                                  | AR                                     |           | OR        |           | EN                  |                                  |
| <i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev. <sup>o</sup>             | AR                                     |           |           |           | ENS                 |                                  |
| <i>Theobroma cacao</i> L.                                     |  | AG        |           |           | EN                  |                                  |
| <i>Toona ciliata</i> Roem. <sup>o</sup>                       | AR                                     |           |           | PL        | ES                  |                                  |
| <i>Toona sureni</i> (Blume) Merr.                             | AR                                     |           |           |           | E                   |                                  |
| <i>Vitex divaricata</i> Sw.                                   |  |           |           | PL        | NA                  | 0.2                              |
| <i>Widdringtonia whytei</i> Rendle                            | AR                                     |           |           |           | E                   |                                  |
| <b>Total</b>  | <b>75</b>                              | <b>17</b> | <b>18</b> | <b>61</b> | <b>144</b>          | <b>100.0</b>                     |

<sup>a</sup>Fuentes: Francis (1987, 1989); Francis y Liogier (1991); Little (1976); Marrero (1947, 1948, 1950). Algunas especies enumeradas como plantadas crecen naturalmente en las montañas.

<sup>b</sup>AR = arboreto; AG = agricultura; OR = ornamentales; PL = plantaciones forestales; SS = estabilización del suelo a lo largo de los arceros.

<sup>c</sup>Origen: E = exóticas; EN = exóticas naturalizadas; ES o ENS = exóticas adoptadas para plantaciones en el LEF; NA = nativas de Puerto Rico; NI = nativas pero introducidas en la sierra de Luquillo; ? = no determinadas.

<sup>d</sup>El área total del bosque antes de las plantaciones de 1950 es aproximadamente de 1600 ha, estimada a partir de los plantones plantados. Áreas precisas de otras especies no conocidas (es decir, agricultura, ornamentales o estabilización del arcén). La mayoría de las especies de arboreto se plantaron en pequeños bloques de 50 árboles.

<sup>e</sup>Adaptadas a las condiciones del LEF (Francis, 1987).

<sup>f</sup>La nomenclatura y las autoridades de los registros de 70 años son inciertas (por ejemplo, actualmente, tanto *Bambusa* como *Gigantochloa* son nombres de géneros).

<sup>g</sup>Se observaron en el valle de Mameyes cerca de Bisley durante la década de 1990.

<sup>h</sup>*Pinus caribaea* tiene tres variedades plantadas en el LEF: *bahamensis*, *caribaea* y *hondurensis*.

<sup>i</sup>Antes, *Pinus insularis* y *P. michoacana*, respectivamente.

# APÉNDICE F

## Apéndice F: gravedad específica de madera disponible para 87 especies nativas del Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>

| Especies de árboles<br>Densidad según el grupo decimal | Gravedad<br>específica<br><i>g cm<sup>-3</sup></i> | Especies de árboles<br>en orden alfabético | Gravedad<br>específica<br><i>g cm<sup>-3</sup></i> |
|--|--|--|--|
| <i>Ochroma pyramidale</i>                              | 0.22   | <i>Alchornea latifolia</i>                 | 0.39   |
| <i>Prestoea montana</i>                                | 0.26   | <i>Andira inermis</i>                      | 0.63   |
| <i>Cecropia schreberiana</i>                           | 0.29   | <i>Antirhea obtusifolia</i>                | 0.73   |
| <i>Pterocarpus officinalis</i>                         | 0.32   | <i>Ardisia luquillensis</i>                | 0.70   |
| <i>Hedyosmum arborescens</i>                           | 0.33   | <i>Beilschmiedia pendula</i>               | 0.54   |
| <i>Simarouba amara</i>                                 | 0.34   | <i>Buchenavia tetraphylla</i>              | 0.61   |
| <i>Schefflera morototoni</i>                           | 0.36   | <i>Byrsonima spicata</i>                   | 0.64   |
| <i>Sapium laurocerasus</i>                             | 0.38   | <i>Byrsonima wadsworthii</i>               | 0.54   |
| <i>Alchornea latifolia</i>                             | 0.39   | <i>Calyptanthus krugii</i>                 | 0.78   |
| <i>Daphnopsis philippiana</i>                          | 0.40   | <i>Cassipourea guianensis</i>              | 0.70   |
| <i>Ficus citrifolia</i>                                | 0.40   | <i>Cecropia schreberiana</i>               | 0.29   |
| <i>Meliosma herbertii</i>                              | 0.42   | <i>Chionanthes domingensis</i>             | 0.81   |
| <i>Ocotea leucoxydon</i>                               | 0.45   | <i>Citharexylum caudatum</i>               | 0.57   |
| <i>Ormosia krugii</i>                                  | 0.50   | <i>Clusia clusioides</i>                   | 0.90   |
| <i>Nectandra coriacea</i>                              | 0.51   | <i>Clusia rosea</i>                        | 0.67   |
| <i>Palicourea riparia</i>                              | 0.51   | <i>Cordia borinquensis</i>                 | 0.70   |
| <i>Psychotria berteriana</i>                           | 0.51   | <i>Cordia sulcata</i>                      | 0.60   |
| <i>Guarea guidonia</i>                                 | 0.52   | <i>Croton poecilanthus</i>                 | 0.60   |
| <i>Cyrtia racemiflora</i>                              | 0.53   | <i>Cyathea arborea</i>                     | 0.70   |
| <i>Dacryodes excelsa</i>                               | 0.53   | <i>Cyrtia racemiflora</i>                  | 0.53   |
| <i>Beilschmiedia pendula</i>                           | 0.54   | <i>Dacryodes excelsa</i>                   | 0.53   |
| <i>Byrsonima wadsworthii</i>                           | 0.54   | <i>Daphnopsis philippiana</i>              | 0.40   |
| <i>Guarea glabra</i>                                   | 0.54   | <i>Ditta myricoides</i>                    | 0.57   |
| <i>Mecranium amygdalinum</i>                           | 0.55   | <i>Drypetes glauca</i>                     | 0.67   |
| <i>Miconia pachyphylla</i>                             | 0.55   | <i>Eugenia borinquensis</i>                | 0.70   |
| <i>Tetrazygia urbanii</i>                              | 0.55   | <i>Eugenia eggertii</i>                    | 0.75   |
| <i>Miconia laevigata</i>                               | 0.56   | <i>Eugenia stahlii</i> (Kiaersk.)          | 0.73   |
| <i>Citharexylum caudatum</i>                           | 0.57   | <i>Ficus citrifolia</i>                    | 0.40   |
| <i>Ditta myricoides</i>                                | 0.57   | <i>Garcinia portoricensis</i>              | 0.90   |
| <i>Tabebuia rigida</i>                                 | 0.57   | <i>Grammadenia sintenisii</i>              | 0.70   |
| <i>Tabebuia heterophylla</i>                           | 0.58   | <i>Guarea glabra</i>                       | 0.54   |
| <i>Tabebuia heterophylla</i>                           | 0.58   | <i>Guarea guidonia</i>                     | 0.52   |
| <i>Torrabasia cuneifolia</i>                           | 0.58   | <i>Guatteria caribaea</i>                  | 0.80   |
| <i>Inga vera</i>                                       | 0.59   | <i>Guettarda scabra</i>                    | 0.65   |
| <i>Magnolia splendens</i>                              | 0.59   | <i>Haenianthus salicifolius</i>            | 0.81   |
| <i>Ocotea moschata</i>                                 | 0.59   | <i>Hedyosmum arborescens</i>               | 0.33   |
| <i>Cordia sulcata</i>                                  | 0.60   | <i>Henriettea squamulosa</i>               | 0.74   |
| <i>Croton poecilanthus</i>                             | 0.60   | <i>Hirtella rugosa</i>                     | 0.90   |
| <i>Laplacea portoricensis</i>                          | 0.60   | <i>Homalium racemosum</i>                  | 0.77   |
| <i>Rondeletia portoricensis</i>                        | 0.60   | <i>Hymenaea courbaril</i>                  | 0.76   |
| <i>Buchenavia tetraphylla</i>                          | 0.61   | <i>Ilex sideroxyloides</i>                 | 0.77   |
| <i>Inga laurina</i>                                    | 0.62   | <i>Inga laurina</i>                        | 0.62   |

continuación

**Apéndice F: (continuación) gravedad específica de madera disponible para 87 especies nativas del Bosque Experimental de Luquillo<sup>a</sup>**

| Especies de árboles<br>Densidad según el grupo decimal | Gravedad<br>específica<br><i>g cm<sup>-3</sup></i> | Especies de árboles<br>en orden alfabético | Gravedad<br>específica<br><i>g cm<sup>-3</sup></i> |
|--|--|--|--|
| Mammea americana                                       | 0.62   | Inga vera                                  | 0.59   |
| Ocotea spathulata                                      | 0.62   | Ixora ferrea                               | 0.73   |
| Andira inermis   | 0.63   | Laetia procera                             | 0.68   |
| Tetragastris balsamifera                               | 0.63   | Laplacea portoricensis                     | 0.60   |
| Byrsonima spicata                                      | 0.64   | Magnolia splendens                         | 0.59   |
| Micropholis garciniifolia                              | 0.64   | Mammea americana                           | 0.62   |
| Guettarda scabra                                       | 0.65   | Manilkara bidentata                        | 0.82   |
| Ternstroemia luquillensis                              | 0.65   | Margaritaria nobilis                       | 0.90   |
| Clusia rosea   | 0.67   | Marliera sintenisii                        | 0.75   |
| Drypetes glauca  | 0.67   | Matayba domingensis                        | 0.70   |
| Laetia procera   | 0.68   | Mecranium amygdalinum                      | 0.55   |
| Micropholis guyanensis                                 | 0.68   | Meliosma herbertii                         | 0.42   |
| Ardisia luquillensis                                   | 0.70   | Miconia laevigata                          | 0.56   |
| Cassipourea guianensis                                 | 0.70   | Miconia pachyphylla                        | 0.55   |
| Cordia borinquensis                                    | 0.70   | Miconia prasina                            | 0.70   |
| Cyathea arborea  | 0.70   | Miconia sintenisii                         | 0.70   |
| Eugenia borinquensis                                   | 0.70   | Miconia tetrandra                          | 0.70   |
| Grammadenia sintenisii                                 | 0.70   | Micropholis garciniifolia                  | 0.64   |
| Matayba domingensis                                    | 0.70   | Micropholis guyanensis                     | 0.68   |
| Miconia prasina  | 0.70   | Myrcia deflexa                             | 0.80   |
| Miconia sintenisii                                     | 0.70   | Myrcia fallax                              | 0.75   |
| Miconia tetrandra                                      | 0.70   | Myrcia splendens                           | 0.80   |
| Antirhea obtusifolia                                   | 0.73   | Nectandra coriacea                         | 0.51   |
| Eugenia stahlii (Kiaersk.)                             | 0.73   | Ochroma pyramidale                         | 0.22   |
| Ixora ferrea   | 0.73   | Ocotea leucoxydon                          | 0.45   |
| Henriettea squamulosa                                  | 0.74   | Ocotea moschata                            | 0.59   |
| Eugenia eggersii                                       | 0.75   | Ocotea spathulata                          | 0.62   |
| Marliera sintenisii                                    | 0.75   | Ormosia krugii                             | 0.50   |
| Myrcia fallax  | 0.75   | Palicourea riparia                         | 0.51   |
| Xylosma schwaneckeanum                                 | 0.75   | Prestoea montana                           | 0.26   |
| Hymenaea courbaril                                     | 0.76   | Psychotria berteriana                      | 0.51   |
| Homalium racemosum                                     | 0.77   | Pterocarpus officinalis                    | 0.32   |
| Ilex sideroxyloides                                    | 0.77   | Rondeletia portoricensis                   | 0.60   |
| Calyptanthus krugii                                    | 0.78   | Sapium laurocerasus                        | 0.38   |
| Guatteria caribaea                                     | 0.80   | Schefflera morototoni                      | 0.36   |
| Myrcia deflexa   | 0.80   | Simarouba amara                            | 0.34   |
| Myrcia splendens                                       | 0.80   | Sloanea berteriana                         | 0.80   |
| Sloanea berteriana                                     | 0.80   | Tabebuia heterophylla                      | 0.58   |
| Chionanthes domingensis                                | 0.81   | Tabebuia heterophylla                      | 0.58   |
| Haenianthus salicifolius                               | 0.81   | Tabebuia rigida                            | 0.57   |
| Manilkara bidentata                                    | 0.82   | Ternstroemia luquillensis                  | 0.65   |
| Clusia clusioides                                      | 0.90   | Tetragastris balsamifera                   | 0.63   |
| Garcinia portoricensis                                 | 0.90   | Tetrazygia urbanii                         | 0.55   |
| Hirtella rugosa  | 0.90   | Torrabasia cuneifolia                      | 0.58   |
| Margaritaria nobilis                                   | 0.90   | Xylosma schwaneckeanum                     | 0.75   |

<sup>a</sup>Fuentes: Reyes *et al.* (1992); Little y Wadsworth (1964); Little *et al.* (1974).



**Peter L. Weaver.** 2012. La sierra de Luquillo: Los recursos forestales y su historia. Gen. Tech. Rep. IITF-44. San Juan, Puerto Rico: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. 159 p.

Este informe incluye una descripción del Bosque Nacional El Yunque, que también se denomina Bosque Experimental de Luquillo, ubicado al noreste de Puerto Rico. Entre los temas principales, se incluye el entorno ambiental (geología, suelos y clima), las gradientes ambientales, la flora arborescente, la fauna vertebrada y la gestión forestal (es decir, plantaciones, actividades de silvicultura, planificación, investigación y usos de tierras designadas). En una cronología desde el momento del descubrimiento europeo hasta el presente, se destacan los principales eventos en el Bosque Experimental de Luquillo, entre los que se incluyen la presencia de aborígenes, la exploración para buscar oro, la extracción de madera, la agricultura, la construcción de vías y caminos, y los desarrollos recreativos.

**Palabras clave:** perturbaciones, recursos forestales, gradientes, historia, Sierra de Luquillo de Puerto Rico, gestión, investigación.



El Servicio Forestal, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), se dedica al principio de la gestión del uso múltiple de los recursos forestales de la nación para lograr el rendimiento sostenido de madera, agua, alimentos, vida silvestre y recreación. Mediante la investigación forestal, la cooperación con los estados y los propietarios forestales privados, y la gestión de bosques nacionales y pastizales nacionales, se lucha (tal como lo indica el Congreso) para brindar un servicio cada vez mejor a una nación en crecimiento.

El USDA prohíbe la discriminación en todos sus programas y actividades por motivos de raza, color, nacionalidad, edad, discapacidad y, cuando corresponda, sexo, estado civil, situación familiar, situación parental, religión, orientación sexual, información genética, creencias políticas, represalias, o porque la totalidad o parte de los ingresos de un individuo proviene de cualquier programa de asistencia pública. (No todos los motivos prohibidos se aplican a todos los programas). Las personas con discapacidades que requieran la información del programa en medios de comunicación alternativos (braille, letra grande, audio, etc.) deben comunicarse con el Centro TARGET del USDA al (202) 720-2600 (voz y TDD).

Para presentar una queja por discriminación, escriba a la siguiente dirección: USDA, Director, Office of Civil Rights, 1400 Independence Avenue, SW, Washington, D.C. 20250-9410 o llame al (800) 795-3272 (voz) o (202) 720-6382 (TDD). El USDA es un proveedor y empleador que ofrece igualdad de oportunidades.