

**UNIVERSIDAD METROPOLITANA
ESCUELA DE ASUNTOS AMBIENTALES
SAN JUAN, PUERTO RICO**

**ANÁLISIS COMPARATIVO SOBRE LA ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y
DIVERSIDAD DE ESPECIES EN CUATRO TIPOS DE COMUNIDADES EN UN
BOSQUE TROPICAL LLUVIOSO.**

Requisito parcial para la obtención del
Grado de Maestría en Ciencias en Gerencia Ambiental
en Conservación y Manejo de Recursos Naturales

Por
Rafael José Díaz Alvarado

9 de mayo de 2014

**ANÁLISIS COMPARATIVO SOBRE LA ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y
DIVERSIDAD DE ESPECIES EN CUATRO TIPOS DE COMUNIDADES EN UN
BOSQUE TROPICAL LLUVIOSO.**

POR

RAFAEL JOSÉ DÍAZ ALVARADO

TESIS SOMETIDA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GERENCIA AMBIENTAL
EN
CONSERVACIÓN Y MANEJO DE RECURSOS NATURALES

UNIVERSIDAD METROPOLITANA
SAN JUAN, PUERTO RICO
2014

APROBADA POR:

JUAN. MUSA, Ph.D.
DIRECTOR DEL COMITÉ DE TESIS

WILLIAM GOULD, Ph.D
MIEMBRO DEL COMITÉ DE TESIS

KARLO MALAVÉ, M.S.
MIEMBRO DEL COMITÉ DE TESIS

MARÍA CALIXTA ORTIZ, MSEM,
DECANA

DÍA/MES/AÑO

DEDICATORIA

*A mi esposa e hija,
por su apoyo incondicional.*

AGRADECIMIENTOS

Gracias al Instituto Internacional de Dasonomía Tropical por darme la oportunidad de analizar comparativamente esta investigación. Especialmente a la Dra. Grizelle González y el Dr. William Gould por proporcionarme todos los datos de la investigación, por su tiempo y dedicación en mi proyecto. A mi director de tesis el Dr. Juan C. Musa y el Profesor Karlos Malavé por su asesoramiento científico. Mis más sinceras gracias además a Wilmer Rivera, Pedro De León y María Rivera por el tiempo brindado para la interpretación de datos y corrección de la investigación. Por último, quiero agradecer a mi esposa, Gloribel Cruz Martínez, por su apoyo en la corrección de este documento.

TABLA DE CONTENIDO

Lista de tablas	v
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
Capitulo I	9
Trasfondo del problema de estudio	9
Problema de estudio.....	10
Justificación.....	11
Preguntas de investigación	12
Meta.....	13
Objetivos.....	13
Capitulo II.....	14
Trasfondo histórico.....	14
Tipos de bosques dentro del Bosque Nacional El Yunque.....	15
Marco teórico.....	17
Estudios de Casos	18
Capitulo III.....	21
Área de estudio	21
Período de estudio	Error! Bookmark not defined.
Puntos de muestreo.....	22
Objetivos #1, #2 y #3	22
Análisis de datos.....	23
Capitulo IV Resultados y discusión.....	26
Capitulo V Conclusiones y rescomendaciones	35
Literatura citada	38

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 Ubicación y elevación de las parcelas por cada tipo de bosque.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 2 Cantidades iniciales y 2011es de especies de plantas ubicadas en los cuatro (4) tipos de bosques.</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 3 Cont. Cantidades iniciales y 2011es de especies de plantas ubicadas en los cuatro (4) tipos de bosques.</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 4 Familias y especies no encontradas para el 2011.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 5 Composición florística del Bosque de Tabonuco. Parcela Núm. 1.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 6 Composición florística del Bosque de Tabonuco. Parcela Núm. 2.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 7 Composición florística del Bosque de Tabonuco. Parcela Núm. 3.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 8 Composición florística del Bosque de Palma de Sierra. Parcela Núm. 4.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 9 Composición florística del Bosque de Palma de Sierra. Parcela Núm. 5.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 10 Composición florística del Bosque de Palma de Sierra. Parcela Núm. 6.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 11 Composición florística del Bosque de Palma de Sierra. Parcela Núm. 7.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 12 Composición florística del Bosque de Palma de Sierra. Parcela Núm. 8.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 13 Composición florística del Bosque de Palma de Sierra. Parcela Núm. 9.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 14 Composición florística del Bosque Enano Núm. 10.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 15 Composición florística del Bosque Enano. Parcela Núm. 11.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 16 Composición florística del Bosque Enano Núm. 12.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 19 Especies recuperadas, especies muertas e índice de mortandad por parcela ..</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 20 Índice de mortandad por tipo de bosque por hectárea por año.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 21 Tasa de crecimiento por hectárea anual.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 22 Riqueza de especie por comunidad de bosques.....</i>	<i>64</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Área de estudio	66
<i>Figura 2</i> Clases diamétricas del Bosque de Tabonuco	Error! Bookmark not defined.
<i>Figura 3</i> Clases diamétricas del Bosque de Palma de Sierra	Error! Bookmark not defined.
<i>Figura 4</i> Clases diamétricas del Bosque de Palo Colorado.....	Error! Bookmark not defined.
<i>Figura 5</i> Clases diamétricas del Bosque Enano.....	Error! Bookmark not defined.
<i>Figura 6</i> Clases altimétricas del Bosque Tabonuco	Error! Bookmark not defined.
<i>Figura 7</i> Clases altimétricas del Bosque de Palma de Sierra	Error! Bookmark not defined.
<i>Figura 8</i> Clases altimétricas del Bosque de Palo Colorado	Error! Bookmark not defined.
<i>Figura 9</i> Clases altimétricas del Bosque Enano.....	Error! Bookmark not defined.
<i>Figura 10</i> Área basal promedio de todos los individuos en el Bosque de Tabonuco	Error! Bookmark not defined.
<i>Figura 11</i> Área basal promedio de todos los individuos en el Bosque de Palma de Sierra	76
<i>Figura 12</i> Área basal promedio de todos los individuos en el Bosque de Palo Colorado	77
<i>Figura 13</i> Área basal promedio de todos los individuos en el Bosque Enano	Error! Bookmark not defined.
<i>Figura 14</i> Altura promedio de todos los individuos en el Bosque de Tabonuco	Error! Bookmark not defined.
<i>Figura 15</i> Altura promedio de todos los individuos en el Bosque de Palma de Sierra....	80
<i>Figura 16</i> Altura promedio de todos los individuos en el Bosque de Palo Colorado	81
<i>Figura 17</i> Altura promedio de todos los individuos en el Bosque Enano	82
<i>Figura 18</i> Área basal promedio de todos los individuos por parcela	83
<i>Figura 19</i> Área basal promedio de todos los individuos por parcela al intervalo de confianza del 95%.....	84
<i>Figura 20</i> Altura promedio de todos los individuos por parcela	85
<i>Figura 21</i> Altura promedio de todos los individuos por parcela al intervalo de confianza del 95%	86

RESUMEN

En esta investigación se pudo comparar diferentes tipos de comunidades de plantas, en especial especies arbóreas, que se encuentran a lo largo de un gradiente altitudinal, a través de un periodo de 10 años. Durante el año 2002 se encontraron 573 individuos en todas las parcelas. Dentro de estas parcelas, se hallaron 29 familias y 52 especies. Para el año 2011 se obtuvo 539 individuos en las parcelas, con una diferencia de 34. Se identificaron 17 familias y 39 especies. Por otra parte, las comunidades del Bosque de Tabonuco y Bosque Enano en el Bosque Nacional El Yunque, ubicadas al noreste de Puerto Rico, mantuvo un balance de especies significativo. Donde hubo especies que perdieron múltiples individuos o hasta su desaparición, pero la estructura forestal se recuperó con nuevos individuos.

ABSTRACT

In this research could compare different types of plant communities, especially tree species found along an altitudinal gradient, through a period of 10 years. In 2002, 573 copies in total for all plots were found. Within these plots, 29 families and 52 species were found. By 2011, 539 specimens were obtained in total for all plots, with a difference of 34. 17 families and 39 species were identified. Moreover, the Forest communities Tabonuco and Dwarf Forest in El Yunque National Forest, located north east of Puerto Rico, maintained a balance of significant species. Where there were multiple species that lost individual or until disappearance, but forest structure was recovered with new individuals.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Trasfondo del problema de estudio

Los bosques proveen hábitat a miles de especies de flora y fauna y sostienen las funciones ecológicas que promueven la biodiversidad. El equilibrio de los bosques se ve amenazado por el crecimiento poblacional, los fenómenos atmosféricos, el desarrollo industrial y el mal manejo de los recursos provocan la pérdida o fragmentación de los ecosistemas forestales. Estos eventos naturales o intervenciones por el hombre provocan la pérdida de bosques primarios e inducen una regeneración de bosques jóvenes, a los que se les denomina como bosques secundarios. Tales ecosistemas, cubren cada vez un porcentaje mayor en los paisajes tropicales y sub tropicales, no solo en el Caribe sino globalmente (Brown & Lugo, 1990; Finegan ,1996; Myster, 2004).

Según Wadsworth (2000), los bosques primarios son aquellos que no han sufrido alteraciones significativas por parte de la intromisión del ser humano. Por tal razón, cualquier cambio realizado por el hombre en un bosque primario, invalida su cualidad de “primario”. Por otra parte, cuando nos referimos a bosques secundarios, aplica a todas las modificaciones drásticas que han ocurrido en el bosque (por ejemplo: incendios forestales, eventos atmosféricos, ataques de plagas) donde eventualmente se produce un crecimiento de vegetación naturalmente. Actualmente en Puerto Rico, en su mayoría, debido a las perturbaciones naturales (huracanes, deslizamientos de suelo, fuegos, inundaciones) y los efectos antropogénicos provocados por la agricultura, los bosques se componen de una

vegetación joven o secundaria, por causas de la alta incidencia de deforestación en el siglo XX (Birdsey & Weaver 1982; Brandeis, Helmer, & Oswalt, 2007; Franco, Weaver, & Eggen-McIntosh, 1997).

Las perturbaciones naturales y los efectos antropogénicos, en los ecosistemas forestales, influyen en las propiedades de las poblaciones, estructuras y composición de las comunidades y los ciclos biogeoquímicos (Picket & White, 1985; Sousa, 1984; Hubbell et al., 1999; Denslow, Ellison, & Sanford, 1998; Matson, Vitousek, Ewel, Mazzarino & Robertson (1987). Estas tienen un rol bien importante en la formación estructural de las comunidades de plantas en los bosques tropicales (Connell, 1978), tanto positivamente o negativamente. Por tal razón, muchas especies de plantas tropicales son amenazadas por la reducción del área forestal, fragmentación y la degradación del medio (Chazdon et al., 2009). Estos factores inducen la competencia, en crecimiento y espacio, entre especies vegetativas endémicas, nativas y exóticas a diferentes niveles de gradientes altitudinales. Estos efectos pueden influir en la estructura de las comunidades, los procesos y funciones de los ecosistemas (Brown, Spector, & Wu, 2008).

Problema de estudio

Uno de los bosques que más se ve afectado por los eventos naturales es el Bosque Nacional El Yunque (EYNF, por sus siglas en inglés), el cual se encuentra en la Sierra de Luquillo, al Noreste de Puerto Rico. Por su ubicación y elevación, este sistema forestal recibe constantemente alta precipitación y sirve de amortiguador de fuertes vientos para la isla, por parte de los vientos alisios. Recibiendo primeramente los fenómenos meteorológicos, tales como los huracanes, vaguadas, depresiones y tormentas tropicales. Por tal razón, las condiciones climáticas, los tipos de sustratos, niveles topográficos y

perturbaciones provocadas por el ser humano y la naturaleza, estimulan constantes cambios en la cobertura forestal (Britton & Wilson, 1924; Dansereau, 1966; Weaver, 1991; Lugo, 2005) produciendo una distribución diferente en la composición de plantas y animales, densidad y estructura forestal (Brown, Lugo, Silander & Liegel, 1983; Weaver, 1972; 1975; 1991; Frangi & Lugo, 1985; White, 1963; Wadsworth; 1951). Basado en esta información, nuestro estudio pretende realizar un análisis comparativo entre la investigación realizada por Gould, González y Carrero durante el año 2002 y los datos suministrado por el Instituto de Dasonomía Tropical recolectados durante el 2011 a través del método de clasificación fitosociológico (Braun-Blanquet, 1964; Mueller-Dombois & Ellenberg, 2002), en la que se documenta la abundancia y la dominancia de especies nativas, endémicas y exóticas en diferentes tipos de comunidades, ubicados en el EYNF. Según Gould et al. (2006), la mayoría de la formaciones de los bosques de Puerto Rico han sido descritas florísticamente y estructuralmente, pero sus características y la composición de las comunidades de plantas, dentro de esas alianzas, no habían sido documentadas. Por tal razón, queremos realizar una comparación de la composición florística del pasado estudio (2002 & 2002) con los datos suministrados (2011) para poder establecer estrategias de manejo forestal.

Justificación

A nueve años del primer estudio, realizado por Gould, González y Carrero (2006), esperamos ver un cambio en la composición y estructura en cuatro tipos de comunidades de plantas ubicadas dentro del EYNF, a diferentes elevaciones. Esto responde a los constantes cambios climáticos ocurridos en el planeta Tierra, los fenómenos atmosféricos y las posibles perturbaciones (naturales o antropogénicas) que han impactado

indirectamente o directamente el área de investigación. Un ejemplo en este enfoque y sus implicaciones, se encuentra en la literatura referente al cambio global, donde algunos estudios reflejaron y predijeron un desplazamiento espacial de las comunidades de vegetación a través de un gradiente altitudinal en respuesta al cambio climático.

Según Munishi, Wentworth, & Temu, (2007), la composición del gradiente posee un complejo de factores ambientales, donde cada especie de planta responde diferencialmente a formas de asociaciones distintivas. Donde las especies vegetativas se adaptan a las condiciones topográficas, influenciadas por la altitud, precipitación y características del suelo. Los cuales responde positiva o negativamente, con otras especies e influye en la estructura y composición de dicha comunidad.

Conocer la composición florística de las comunidades de los bosques maduros en el EYNF, es de suma importancia para la conservación de la biodiversidad y la planificación en el manejo de usos de terrenos (Gould et al., 2006). Esto se debe a que la cobertura forestal madura sirve de reserva para especies de plantas y animales, nativas, endémicas y exóticas. Además, promueve funciones importantes en el ecosistema para responder a los mismos factores ambientales equitativamente. Por tal razón, al clasificar y evaluar los patrones vegetativos y las asociaciones de especies, obtenemos información crucial que nos sirve de base para desarrollar estrategias para el manejo, restauración y conservación de uso de terrenos (Munishi et al., 2007).

Preguntas de investigación

¿Cuál es la composición, el estatus de conservación, las características estructurales y ambientales de las comunidades de plantas en los bosques tropicales maduros que ocurren a lo largo de un gradiente altitudinal? (Gould, 2006).

Meta

Analizar comparativamente la estructura y composición de la vegetación, a nivel de comunidad, a lo largo de un gradiente altitudinal para ofrecer recomendaciones de manejo y conservación.

Objetivos

1. Analizar la composición de cuatro comunidades de plantas en bosques tropicales, dentro de un nivel jerárquico relacionado a los controles primarios en la vegetación, tasa de crecimiento, posición topográfica y posibles perturbaciones.
2. Relacionar la variación en diversidad y estructura y de las comunidades de plantas, con respecto a los gradientes altitudinales.
3. Establecer recomendaciones de manejo con los resultados obtenidos, de la comparación.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Trasfondo histórico

Entre los años 1500 y 1900 se talaron gran parte de los bosques primarios en Puerto Rico para dar paso a las actividades agrícolas (Martin, Sherman, & Fahey, 2007). De acuerdo con Brown, Lugo, Silander & Liegel (1983), para el año 1876, el gobierno español proclamó reservas forestales en Puerto Rico, incluyendo cerca de 5,000 ha, debido al continuo desarrollo. En el 1898, después de la Guerra Hispano-Americana, los terrenos fueron transferidos a los Estados Unidos. Durante el 1903 declararon las montañas de Luquillo como reserva forestal, llamándolo como Bosque Experimental de Luquillo. Luego lo nombran Bosque Nacional del Caribe, y por último lo renombran como El Bosque Nacional El Yunque. A 2011es de la década de los 1930, menos del 1% de los bosques permanecían en su condición original o “primaria”. Mayormente las grandes extensiones de estos bosques se encuentran en el EYNF. Gracias al continuo manejo y plan de reforestación, organizado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS, según sus siglas en inglés), actualmente la cobertura forestal representa unas 11,330 ha.

El EYNF se encuentra al noreste de la isla de Puerto Rico, en la Sierra de Luquillo. Está localizado entre las latitudes 18^o14'45.78" y 18^o20'58.23" Norte y entre la longitud 65^o42'26.56" y 65^o53'53.33" Oeste. Posee una área aproximada de 11,000 ha cuyas elevaciones van desde los 100 a 1,075 metros sobre el nivel del mar a una distancia de solo 10 km (Brown et al., 1983, Weaver & Murphy, 1990; Scatena & Lugo, 1995). La precipitación promedio anual aumenta con la elevación, desde 2,450 mm/año

aproximadamente (a elevaciones bajas) hasta las elevaciones más altas con 4,000 mm/año (Wang & Hall, 2004). La temperatura promedio anual disminuye desde los 73.4 a 62.2⁰F a través del gradiente altitudinal (Brown, Lugo, Silander & Liegel, 1983, Weaver & Murphy, 1990; Scatena & Lugo, 1995; Silver, Lugo & Keller, 1999). Debido a los factores como: la altitud, precipitación y temperatura, este sistema forestal cuenta con una gran biodiversidad. Por tal razón, el USFS clasifica, dentro el EYNF, otros tipos de bosques de acuerdo a las asociaciones de plantas nombrándolos como: Bosque Enano, Bosque de Palma de Sierra, Bosque de Palma de Sierra y Bosque de Tabonuco.

Tipos de bosques dentro del Bosque Nacional El Yunque.

El Bosque Enano o Bosque de Nubes se encuentra a una elevación entre 609.60 a 1,076.9 metros sobre el nivel del mar, cubre 933 acres, con un rango promedio 65⁰F de temperatura y anualmente caen 3,810 a 5,080 milímetros de lluvia, provocando suelos ácidos y de bajo drenaje. Este tipo de ecosistema es uno de los más amenazados mundialmente (Doumenge, C., Gilmour, D., Pérez, M.R. & Blockhus, J. (1995); Hamilton, 1995) esto se debe a que está más propenso a los fenómenos atmosféricos por su altitud. Típicamente estos tipos de bosques tienen un alto nivel de endemismo, bajos niveles de producción primaria neta y juegan un papel bien importante en los ciclos hidrológicos de las montañas tropicales (Stadtmüller, 1987; Tanne, Kapos, Freskos, Healey, & Theobald, 1990; Bruijnzeel & Proctor, 1995; Grubb, 1995). Según el USFS, entre la vegetación que se encuentra en dicho lugar son: la némoa (*Ocotea spathulata*), limoncillo (*Calyptanthes kiaerskovii*), roble de sierra (*Tabebuia rigida*) y la güayabota de sierra (*Eugenia borinquensis*).

El Bosque de Palma de Sierra se caracteriza, mayormente, por la presencia de la especie *Prestoea montana*. En este sistema de bosque, dentro del EYNF, se encuentra a 762 metros de altura, con una extensión de 5,088 acres, cuyas temperaturas están por debajo de los 71⁰F y sobre pasa las 2,286 milímetros de precipitación anualmente. Este tipo de bosque se encuentra comúnmente en los bosques bajo montano húmedo y bosques lluviosos subtropicales en las zonas de vida de Holdridge (Ewel & Whitmore 1973). Los suelos son de textura variable con frecuencia anóxicas y a veces anegados (Lugo, 1998). Mayormente, entre la vegetación asociada, se encuentran las plantas vasculares y no vasculares (Pérez, 1983). Donde las epífitas crecen en proporción al diámetro y la altura de la palma, la aspereza del tallo y la capacidad de retención de humedad de la masa orgánica formada en la superficie de los tallos de las palmas por los musgos y otras plantas epífitas (Lugo et al., 1998).

El Bosque de Palo Colorado se encuentra a 609.60 metros de altura, con una extensión de 8,490 acres, cuyas temperaturas están por debajo de los 73⁰F y recibe entre 2,540 a 4,572 milímetros de precipitación anual. La especie que más abunda, en este tipo de bosque, es el Palo Colorado (*Cyrilla racemiflora*) y se relaciona comúnmente con las especies *Dacryodes excelsa*, *Euterpe globosa*, *Micropholis garciniaefolia*, *Sloanea berteriana* (Weaver, 1996). También se pueden encontrar en varias de las zonas de vida de Holdridge (Holdridge, 1967) en los bosques subtropicales secos, los subtropicales húmedos, los subtropicales muy húmedos, los subtropicales pluviales, los subtropicales montanos bajos muy húmedos y los montanos bajos pluviales (Weaver, 1996).

El Bosque de Tabonuco se encuentra ubicado por debajo de los 609.60 metros de altura. Comprende unos 13,489 acres, recibe una precipitación de 1778.0 a 2,540.0

milímetros anualmente y la temperatura sobrepasa los 73⁰F. Se caracteriza por la abundancia de la especie *Dacryodes excelsa* y se encuentra asociado con el árbol de Ausubo (*Manilkara bidentata*). Se desarrolla favorablemente en los suelos arcillosos profundos, rojos y ácidos, con un pH de entre 4.5 y 5.5 (Ultisoles tales como los Guineos y Humatas), derivados de roca ígnea. Típicamente, estos suelos son pedregosos, a menudo con peñas de buen tamaño y el drenaje interno es bueno (Lugo & Wadsworth, 1990). Este tipo de bosque posee un área basal promedio del rodal es de cerca de 40 a 46 m² por ha y el volumen de alrededor de 300 a 345 m³ por ha (Briscoe & Wadsworth, 1970).

Marco teórico

El sistema de Braun-Blanquet, asume que la vegetación existente, en un lugar definido, responde a un ambiente determinado (Molina et al, 1998), designado como el método fitosociológico. El método establece que las comunidades de plantas se conciben como tipos de vegetación reconocidos a través de su composición florística, expresando mejor sus relaciones interespecíficas y con el ambiente que cualquier otra característica (Alcaraz, 2011). Dicho sistema está basado en las características propias externas de las especies plantas y de la composición florística, lo que manifiesta adaptaciones al medio, y establece como unidad principal la asociación (Mueller-Dombois & Ellenberg, 2002).

El concepto de asociación es definido como una agrupación vegetal de composición florística determinada, que presenta características externas similares y se desarrollan en circunstancias particulares, de un periodo igualmente uniforme, donde tiene una o varias características ubicadas, únicamente, bajo condiciones ambientales similares (Müeller-Dombois & Ellenberg, 1974). Posee determinadas cualidades, donde las especies vegetativas se relacionan juntamente al medio y se encuentran localizadas en un punto

geográfico particular. También expresan particularidades florísticas en especies características y diferenciales propias, fieles a ciertos aspectos climáticos y geográficos para una comunidad (Rivas, 1995). Donde los principales criterios para determinar la asociación son las especies características o diagnósticas. Por tal razón, dichas especies diagnósticas se utilizan para organizar las comunidades en una clasificación jerárquica en la cual la asociación es la unidad básica (Alacaraz, 2011). Donde se consideran los aspectos de naturaleza cuantitativa, tales como números de individuos o densidad, grado de cobertura, volumen o peso, frecuencia, forma de agrupación y distribución. Por último, los aspectos de naturaleza cualitativa son: vitalidad o fertilidad, estratificación y periodicidad de las asociaciones (Braun-Blanquet, 1979).

Estudios de Casos

Estructura y composición de vegetación a través de un gradiente altitudinal en Puerto Rico. (Gould et al., 2006).

En esta investigación demostraron que los bosques maduros se encuentran en áreas protegidas con altas elevaciones, proveyendo lugares de reserva para especies nativas, endémicas y críticamente en peligro de extinción. Sin embargo, las áreas que se encuentran desprotegidas, en las zonas bajas de los bosques maduros secundarios, están dominadas por comunidades de plantas nativas y pocas especies no nativas han sido colonizadas por herbáceas en las diferentes estratificaciones del dosel. Por otra parte las especies de plantas invasivas (introducidas) se encuentran abundantemente en bosques húmedos jóvenes y mayormente a bajas elevaciones, pero se puede observar un alto número de especies nativas.

Estructura y composición del bosque montano bajo en las montañas de Luquillo en Puerto Rico. (Weaver, 2010).

En este estudio se establecieron seis parcelas estratificadas por sus aspectos topográficos, teniendo una variación en altitudinal, en el bosque de tabonuco en el EYNF. Se tomaron muestras de densidad de tallos, altura de los árboles y biomasa por encima del suelo. Donde encontraron diferencias significativas en la altura del dosel, en las áreas de sotavento y barlovento, disminuyendo en las pendientes en todos los lugares del estudio. Por otra parte, la cantidad de biomasa sobre el suelo es mayor en las crestas que en las pendientes. Mientras que en las especies de *Prestonea montana* y *Dacryodes excelsa*, se contabilizaron el 31% de 1,394 tallos y 69 especies. El análisis de correspondencia demostró la abundancia de 37 especies con ≥ 6 de ocurrencia variada (es el equivalente a 94% de todos los tallos), teniendo en cuenta los aspectos y características topográficas. Donde las parcelas ubicadas al barlovento contienen algunas especies asociadas con lugares muy húmedos en altas elevaciones. Según Weaver (1972), el EYNF se encuentra en etapas de recuperación constantemente debido a los fenómenos atmosféricos continuos.

Los gradientes ambientales afectan la estructura forestal en las montañas de Luquillo en Puerto Rico. (Weaver, 1991).

Según los gradientes ambientales en el bosque de palo colorado, ubicado en el EYNF, influenciaron en la estructura forestal y la riqueza de especies. Los efectos de la precipitación y la temperatura cambiaron con respecto a la elevación, teniendo resultados en condiciones más húmedas al barlovento que al sotavento. Los investigadores establecieron un modelo de covarianza demostrando que la densidad de tallos aumentaba significativamente con la elevación en el oeste, pero no en el este. La altura de los árboles se reduce significativamente con la elevación, tanto en el sotavento como en barlovento.

Marco legal

El EYNF se encuentra bajo la jurisdicción federal del gobierno de los Estados Unidos. Por tal razón, las leyes que aplican a nuestra investigación son:

Ley sobre especies en peligro de extinción (Endangered Species Act), (1973): Establece la política pública para la protección de especies de organismos amenazados y en peligro de extinción.

Ley Nacional de Manejo Forestal, (1976): Requiere al Secretario del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, evaluar los terrenos, desarrollar programas de manejo de múltiples usos y principios de recursos sostenibles, en los bosques nacionales.

Ley de Bosques de Puerto Rico, (1975): establece como política pública forestal, de la isla de Puerto Rico, que los bosques son un recurso natural y único por su capacidad para conservar y restaurar el balance ecológico del medio ambiente. Esto es así, porque ello se traduce en conservación del suelo, el agua, la flora y la fauna, proveer productos modernos y proporciona un ambiente sano para la recreación al aire libre y la expansión espiritual de los seres humanos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Nuestro estudio comparó y analizó la estructura y composición de la vegetación, a nivel de comunidad, a lo largo de un gradiente altitudinal en cuatro tipos de asociaciones diferentes de bosques en el Bosque Nacional El Yunque (EYNF, por sus siglas en inglés) mediante la utilización de datos secundarios de la investigación realizada por Gould, González y Carrero durante los años 2002 y 2002 y los datos recopilados por el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IITF, por sus siglas en inglés), en los cuales participe como voluntario en el 2011 bajo la dirección de la Dra. Gizelle González. Mediante estos datos secundarios se obtuvo el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura en metros y densidad de las especies arbóreas. Utilizamos la información suministrada para determinar el estatus de dichas comunidades de plantas, ofrecer recomendaciones de manejo y conservación para los diferentes tipos de bosques.

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el EYNF, cuya clasificación es de un bosque lluvioso tropical, ubicado al noreste de Puerto Rico. El IITF trabajó en réplicas de cuatro tipos de comunidades de bosques maduros (mayores de 60 años) a lo largo de un gradiente altitudinal.(Figura 1) Estas incluyen asociaciones de plantas del Bosque Enano, Bosque de Palo Colorado, Bosque de Palma de Sierra, y Bosque de Tabonuco (Wadsworth, 1951; Weaver, 1994). Según el IITF, el área de estudio fluctúa entre los 300 a 1,045 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Puntos de muestreo

El IITF estableció 12 parcelas en el EYNF, donde existen tres parcelas por cada tipo de bosque, en diferentes altitudes. Los lugares de muestreo se clasifican bajo el sistema de zonas de vida de Holdridge como bosques muy húmedo subtropical, pluvial subtropical, bajo montano muy húmedo y bajo montano pluvial (Ewel & Whitmore, 1973). Dentro de estos lugares, tomaron muestras de cobertura forestal (incluyen el DAP), tasa de crecimiento de las especies vegetativas, precipitación, temperatura y densidad de especies en parcelas de 10 m x 10 m. Las muestras se tomaron durante año 2002 y el año 2011.

Objetivo #1. Analizar la composición de cuatro comunidades de plantas en bosques tropicales, dentro de un nivel jerárquico relacionado a los controles primarios en la vegetación, tasa de crecimiento, posición topográfica y posibles perturbaciones.

Realizamos un análisis de los datos de la investigación de Gould, González y Carrero durante el año 2002 y los datos recopilados por el Instituto de Dasonomía tropical en el 2011, para determinar si hubo un cambio en la estructura y composición de los bosques para describir la cantidad de individuos, familias y especies encontradas en los cuatro tipos de bosques. Determinamos el valor de importancia de las especies tomando en cuenta su densidad relativa y su área basal relativa. Analizaremos además si la precipitación, la temperatura, la tasa de crecimiento, la posición topográfica y posibles perturbaciones influyeron en la composición de los cuatro tipos comunidades de bosques.

Objetivo #2. Relacionar la variación en diversidad y estructura y de las comunidades de plantas, con respecto a los gradientes altitudinales.

Analizamos como influye el gradiente altitudinal en la diversidad de especies, la estructura y las características ambientales. Determinamos la riqueza de especies para establecer las variaciones en la diversidad en los 12 puntos de muestreo. Además

establecimos las clases diamétricos, clases altimétricas y densidad de árboles para poder identificar la estructura de cada una de las parcelas.

Objetivo # 3. Establecer recomendaciones de manejo con los resultados obtenidos, de la comparación, entre ambos estudios.

Luego de evaluar y comparar la investigación inicial realizada por Gould et al. (2006) con los datos suministrados por el IITF estableceremos prácticas y recomendaciones de manejo forestal.

Análisis de datos

Determinamos el nivel jerárquico de las cuatro comunidades de plantas calculando el valor de importancia. Obtuvimos este dato mediante la siguiente ecuación:

$$VI = ABR + DR$$

Donde ABR se define como el área basal relativa y DR la densidad relativa. Determinamos el área basal relativa dividiendo el área basal de la especie entre el área de la parcela. Para calcular el área basales de la especie dividimos el área basal de todos los arboles entre el área muestreada. Determinamos la densidad relativa de una especie dividiendo la densidad de árboles de la especie entre la densidad de árboles de la parcela. 2011mente calculamos la densidad de árboles de una especie dividiendo la densidad de árboles de la especie entre el área muestreada.

Para poder describir la tasa de crecimiento calculamos el crecimiento en diámetros, el crecimiento en área basal y el crecimiento en la altura de los árboles en un tiempo determinado. Para calcular el crecimiento en diámetro utilizamos la siguiente ecuación:

$$\text{Crecimiento en diámetro} = \Delta D / \Delta T$$

donde ΔD representa la diferencia en el diámetro a la altura del pecho en dos fechas consecutivas y ΔT el tiempo en años.

Calculamos el crecimiento en área basal mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Crecimiento en el área basal} = \Delta AB / \Delta T$$

donde ΔAB representa la diferencia en el área basal en dos fechas consecutivas y ΔT el tiempo en años.

2011mente calculamos el crecimiento en la altura de los arboles utilizando la ecuación:

$$\text{Crecimiento en la altura} = \Delta A / \Delta T$$

donde ΔA representa la diferencia en la altura en dos fechas consecutivas y ΔT el tiempo en años.

Para finalizar nuestra comparación, utilizamos el programa estadístico minitab 17 para realizar nuestras graficas de intervalos de confianza para determinar si ocurrió algún cambio en las cuatro comunidades de bosques durante nueve años. Para validar nuestros dichos resultados realizamos un análisis de varianza ANOVA. Para esto establecimos las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula, H_0 - no existe ningún cambio significativo en el área basal y la altura promedio en todos los individuo para cada tipo de bosque.

Hipótesis alterna, H_1 - existe un cambio significativo en el área basal y la altura promedio en todos los individuos por lo menos una de las muestras para cada tipo de bosque.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El propósito de este trabajo fue realizar un análisis comparativo sobre datos iniciales obtenidos para el año 2002 y 2011 sobre la estructura, composición y diversidad en cuatro (4) comunidades diferentes de bosques, ubicados en EYNF. Los diferentes parámetros que se utilizaron para desarrollar nuestra investigación fueron: DAP, área basal, altura, valor de importancia y la altitud (msnm). Dichos datos fueron provistos por funcionarios del IITF.

Dentro de cada comunidad de plantas, por tipo de bosque, se establecieron tres (3) parcelas para un total de doce (12) (Figura 1). En cada parcela se identificó con un número, ubicación, elevación y tipo de bosque, (Tabla 1).

Analizar la composición de cuatro comunidades de plantas en bosques tropicales, dentro de un nivel jerárquico relacionado a los controles primarios en la vegetación, clima, tasa de crecimiento, posición topográfica y posibles perturbaciones (Gould et al., 2006).

Bosque de Tabonuco

Análisis comparativo de la Parcela #1-El Verde (433.2 msnm).

En el año 2002 se encontraron 45 individuos, 7 familias y 10 especies. Para el 2011 se contabilizaron 48 individuos, 6 familias y 9 especies de plantas. La especie *Tetragastris balsimifera* obtuvo 3 individuos nuevos para obtener en total 21 individuos. Por otra parte, hubo una familia (Annonaceae) que desapareció, ya que poseía inicialmente una sola especie (*Guateria caribaea*) (Tabla 5).

La especie con mayor importancia en esta parcela lo fue la *Tetragastris balsimifera*. Esta especie tuvo la mayor cantidad de individuos, sin embargo, la especie *Dacryoides*

excelsa tuvo la mayor área basal. (Tabla 5) Esta parcela presenta un porcentaje de mortandad de 0.22, por lo cual es considerada una parcela estable y en proceso de recuperación (Tabla 19).

Análisis comparativo de la Parcela #2-Río Grande (418.2 msnm).

En el año 2002 se encontró 38 individuos, 15 familias y 18 especies. Para el año 2011 se contabilizaron 31 individuos en total, 12 familias y 14 especies. Donde la especie *Meliosma herbetii* obtuvo 2 individuos nuevos, sin embargo, existen 3 Familias que no se encontraron, ya que cada una tenía un individuo por especie (Euphorbiaceae, Celastraceae y Meliaceae). Por otra parte, la especie *Miconia prasina*, perteneciente a la Familia Melastomataceae, no se encontró en la parcela (Tabla 6).

En esta parcela la especie con mayor importancia lo es *Dacryode excelsa*, esta especie cuenta con mayor área basal, sin embargo, la especie *Meliosma herbetii* cuenta con la mayor cantidad de individuos. (Tabla 6) Esta parcela cuenta con un índice de mortandad de 1 (Tabla 19).

Análisis comparativo de la Parcela #3-Bisley (300.6 msnm).

Para el año 2002 se encontraron 46 individuos, 13 familias y 13 especies. En el año 2011, se encontraron 42 individuos, 12 familias y 12 especies. La especie con mayor importancia lo fue la especie *Dacryode excelsa*, esta especie cuenta con el mayor área basal. Por otro lado, la especie *Ormosia Krugii* cuenta con el mayor grupo de individuos por área (Tabla 7). Esta parcela cuenta con un índice de mortandad de 1.1 y recuperó 6 individuos (Tabla 19).

Bosque de Palma de Sierra

Análisis comparativo de la Parcela #4-NIDO-Yunque (632.3 msnm).

Para el 2002 se encontraron 19 individuos, 4 familias y 4 especies de plantas. En el año 2011, se obtuvieron 12 individuos, 2 Familias. En esta parcela la especie con mayor área basal y mayor cantidad de individuos es la especie *Prestoea montana* por lo tanto es la especie con mayor importancia (Tabla 8). El índice de mortandad de esta parcela es de 0.77 sin embargo esta parcela no presento ningún individuo nuevo.

Análisis comparativo de la Parcela #5-Pico del Este (842.7 msnm).

Durante el año 2002, se encontraron 22 individuos, 5 familias y 5 especies. Para el año 2011, se obtuvieron 20 individuos, 2 familias y 2 especies de planta. En esta parcela no se encontraron tres especies: *Clibadium erosum* (Asteraceae), *Cecropia schreberiana* (Cecropiaceae) y *Psychotria berteriana* (Asteraceae). La especie con mayor importancia en esta parcela es la especie *Prestoea montana* (Tabla 9). Esta parcela presento un índice de mortandad de 0.66 y solo recupero cuatro individuos. (Tabla 19)

Análisis comparativo de la Parcela #6-Britton (917.0 msnm).

En el 2002 se encontraron 25 individuos, 3 familias y 3 especies, sin embargo en 2011 se obtuvieron 26 individuos, 2 familias y 2 especies. En esta parcela no se encontró individuos de la especie *Cecropia schreberiana*. La especie con mayor importancia nuevamente es la especie *Prestoea montana*. (Tabla 10) El índice de mortandad de esta parcela es de 0.22 mientras que la misma recupero a lo largo de nueve años 3 individuos, por lo tanto esta parcela se encuentra estable y con una gran posibilidad de recuperarse (Tabla 19).

Bosque de Palo Colorado

Análisis comparativo de la Parcela #7-Pico del Este (759.3 msnm).

En año 2002 se identificaron 43 individuo, 8 familias y 8 especies de plantas. Por otro lado en el 2011, se encontraron 42 individuo de 8 familias y 8 especies. Sin embargo, las especies *Daphnopsis philippiana* y *Torrabalsia cuneifolia* no se encontraron en el lugar. La *Clusia clusioides* es la especie con mayor importancia, sin embargo, el mayor número de individuo lo tiene la especie *Micropholis garciniifolia*. (Tabla 11) Esta parcela cuenta con un índice de mortalidad de 0.22 y solo recuperó un individuo por lo tanto es una parcela estable (Tabla 19).

Análisis comparativo de la Parcela #8-El Toro II (795.6 msnm).

En el 2002 se encontraron 34 individuos, 10 Familias y 13 especies. En el año 2011, se encontraron 31 individuos, 10 familias y 13 la especie. Las especies *Calycogonium squamulosum* (Melastomataceae), *Grammadenia sintenisii* (Myrsinaceae), *Miconia tetrandia* (Melastomataceae) y la *Ocotea portoricensis* (Lauraceae) no aparecieron en el estudio final. La especie con mayor área basal y mayor cantidad de individuo es la especie *Cyrtia racemiflora*, por lo tanto es la especie de mayor importancia. (Tabla 12) Esta parcela es una muy dinámica ya que en este periodo murieron 13 individuo lo que equivalen a una tasa de mortandad de 1.44 por otro lado nacieron 10 individuos en 9 años (Tabla 19).

Análisis comparativo de la Parcela #9-El Toro I (815.3 msnm).

En el año 2002 se encontraron 38 individuos, 10 familias y 11 especies. Por otra parte, en el año 2011, hubo un cambio significativo solo 20 individuos sobrevivieron, estos pertenecen a 10 familias y 9 especies. Los individuos de la especie *Cecropia schreberiana* y *Croton poecilanthus* desaparecieron. Sin embargo, la especie *Matayba domingensis* mantuvo todos sus individuos, siendo así la especie con mayor importancia. (Tabla 13) El

índice de mortandad en esta parcela es de 2.11, esta posee un alto índice y no tiene indicios de recuperarse ya que no se identificó ningún individuo nuevo (Tabla 19).

Bosque Enano

Análisis comparativo de la Parcela #10-Pico del Este (987.6 msnm).

En el año 2002 se encontraron 51 individuos, 6 familias y 7 especies. Por otra parte, en el estudio final, se pudo notar una diferencia en la especie *Ocothea spathulata*, la cual desapareció de la parcela. La especie con mayor importancia en esta parcela es *Tabebuia rigida*. (Tabla 14) Esta parcela es muy dinámica ya que tiene un índice de mortandad de 1.90 lo que se traduce a 19 muertos en el periodo, por otro se identificaron 10 individuos nuevos (Tabla 19).

Análisis comparativo de la Parcela #11-Pico del Oeste (994.4 msnm).

En el 2002 se encontraron 102 individuos, 6 familias y 8 especies. La especie *Eugenia borinquensis* obtuvo 30 individuos en el primer estudio y 39 en el segundo estudio, por lo tanto en este se encontraron 110 individuos, 6 familias y 6 especies. Por consiguiente la especie *Eugenia borinquensis* es categorizada como la especie de mayor importancia (Tabla 15). Al igual que la anterior esta parcela es una muy dinámica posee un índice de mortandad de 1.55 lo que se traduce a 14 individuos muertos y 17 nuevos individuos (Tabla 19).

Análisis comparativo de la Parcela #12-Pico del Yunque (1044.8 msnm).

En el 2002 se obtuvieron 109 individuos, 5 familias y 6 especies. Para el año 2011, la parcela se mantuvo con la misma cantidad de familias y especies, pero hubo un aumento significativo por parte de la *Tabebuia rigida* (17 individuos) y *Alsophila bryophila* (11 individuos), lo cual incrementa la población a 135. La especie con mayor importancia lo

es la especie *Tabebuia rigida* (Tabla 16). Esta parcela tiene un índice de mortandad de 0.22, la misma recupero 28 individuos (Tabla 19).

Análisis comparativo por comunidad de bosque

Durante los años 2002 al 2011 la temperatura fluctuó entre 19.40 C° y 24.76 C° mientras que la precipitación fluctuó entre 231.91 a 356.90 milímetros podemos concluir que a mayor altura mayor precipitación y menor temperatura. Esto es un elemento a considerar en cuanto al índice de mortandad se refiera. En el Bosque Enano tenemos una índice de mortandad de 3.72 y en el Bosque Palo Colorado una mortandad de 3.77 mientras que en los bosques con menor elevación como Bosque de Tabonuco y Bosque Palma de sierra el índice de mortandad es de 2.32 y 1.65 respectivamente.

El bosque de Tabonuco y el Bosque Enano poseen un crecimiento en diámetros de 11.32 cm y 12.43 cm respectivamente mientras que el Bosque de Palma de Sierra (-1.71 cm) y Palo Colorado (-15.13 cm), disminuyeron drásticamente si crecimiento en diámetros.

Todas las comunidades de bosques presentaron un crecimiento en área basal. El Bosque de tabonuco presento un área basal de 560.34; el Bosque de Palma de Sierra un área basal de 18.17; el Bosque Palo Colorado de 204.73 y por último el Bosque Enano de 7.54.

Tres de las cuatro comunidades de bosques perdieron altura exceptuando el Bosque Tabonuco con 6.79. El Bosque Palma de Sierra perdió 5.58; el Bosque Palo Colorado 16.16 y el Bosque Enano 14.14.

Este crecimiento es afectado por la posición geográfica y algún evento atmosférico como el huracán George en 1998.

Relacionar la variación en diversidad, estructura y las características ambientales de las comunidades de plantas, con respecto a los gradientes climáticos (Gould et al., 2006) y altitudinales (Lugo, 2005)

La comunidad del Bosque de Tabonuco presenta una riqueza de especie inicialmente de 28 individuos y finalmente de 23 individuos. Mientras que el Bosque de Palma de sierra presenta 7 especies inicialmente y 4 especies en el 2011. El Bosque de Palo Colorada en el 2002 presenta 26 especies mientras que el 2011 solo 19. Finalmente el Bosque Enano presento 10 especies inicialmente y 7 al finalizar el estudio. En general todos los bosques perdieron especies.

Para poder establecer una relación con el gradiente altitudinal evaluamos el ara basal de cada parcela. En el Bosque de Tabonuco todas las parcelas aumentaron su área basal. La parcela numero 1 inicialmente presento un área basal de 63.9 y en el 2011 presento un área basal de 76.4 cm². La segunda parcela en el 2002 presentó un área basal de 45.06 cm² y en el estudio final un área basal de 64.31 cm². Finalmente en la parcela numero 3 el área basal en el primer estudio es de 129.62 cm² y en el segundo estudio es de 148.24 cm². Este bosque aumento su área basal 50.37 cm².

La parcela número 4 tiene un área basal de 36.7 cm² inicialmente mientras que al final presento un área de 29.5 cm² por lo tanto tuvo una disminución drástica en si área basal. La parcela numero 5 presento un aumento en su área basal de 30.6 a 36.1. La parcela numero 6 tiene un ara basal de 49.5 inicialmente y 52.9 al finalizar el estudio. En general el Bosque de Palma de Sierra tuvo un aumento en área basal de 1.7 cm².

El Bosque de Palo Colorado tuvo un aumento en su área basal de 14.41 cm². Esto debido al aumento en área basal de la parcela número 7 de un 73.06 cm² a 115.42 cm². Por

otra parte la parce numero 8 disminuyo su área basal de 71.74 cm² a 61.78 cm². La parcela numero 9 tiene un área basal inicialmente de 85.02 cm² y en el estudio final de 67.06 cm².

La parcela numero 10 presentó una disminución en su área basal de 51.75 cm² a 33.77 cm². La parcela numero 11 también presento una disminución en su ara basal en este caso de 36.17 cm² a 30.04 cm². La parcela numero 12 fue la única en este bosque que aumento su área basal de 41.15 cm² a 65.94 cm². Este bosque solo presento un aumento en su área basal de 0.68 cm².

Otro elemento que tomamos en cuenta para relacionar las comunidades con el gradiente altitudinal es las clases diamétricas. Establecimos 26 clases diamétricas en cada tipo de bosque. El Bosque de Tabonuco presenta una comunidad joven ya que la mayoría de sus árboles poseen un diámetro entre 2 a 6 centímetros, por otro lado este bosque a través del tiempo este bosque presenta una comunidad madura pequeña pero estable.

El Bosque Palma de Sierra presenta una comunidad madura en comparación con el Bosque de Tabonuco ya que la mayor cantidad de individuos se tienen un diámetro entre 14 a 22 centímetros, de este dato podemos inferir que esta comunidad no sufrió ninguna perturbación.

La mayor cantidad de individuos en el Bosque de Palo Colorado tienen un diámetro entre 2 a 8 centímetros, este dato confirma el gran índice de mortandad (3.77) de este bosque por lo tanto es una comunidad que está en total recuperación. Otro bosque que presenta este mismo patrón es el Bosque Enano la mayoría de su comunidad se encuentran entre 2 a 10 centímetros y su índice de mortandad es de 3.67.

Establecimos 23 clases altimétricas de acuerdo a la altura máxima y mínima de todos los individuos. El Bosque de Tabonuco presento un crecimiento en altura de 6.79 m

por hectárea anual, la mayor cantidad de individuos de este bosque se encontraron entre las alturas de 2.3 m a 7.3 m. Los otros tres bosques no presentaron un aumento en la altura sino una disminución. El Bosque de Palma de Sierra presento una disminución de 5.58 m y se encontraron distribuidos a lo largo de las primeras 15 clasificaciones altimétricas (1.3 hasta 16.3m). En el Bosque de Palo Colorado existe una disminución en la altura aún mayor, 16.16 m por hectárea anual, en este caso la altura de los individuos se encuentra entre los 2.3m y 15.3m. Finalmente el Bosque Enano presento una disminución en su altura de 14.44m, el crecimiento de estos individuos fluctúa entre los 1.3m hasta los 7.3m.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta investigación, se determinó que las 12 parcelas ubicadas a lo largo de un gradiente altitudinal, muestran diferentes características en cuanto a estructura, composición y diversidad de especies en un término de tiempo de 9 años.

Podemos concluir, que las parcelas 2 (518.2 msnm), 4 (632.3 msnm), 9 (msnm) y 10 (987.6 msnm) tuvieron mucha diversidad en cuanto a las familias presentes inicialmente. Obteniendo resultados negativos para especies no encontradas para el estudio final. Se puede inferir que este cambio se debe a que existían pocos individuos por especie y los mismos no se mantuvieron o reprodujeron.

Por otra parte, las parcelas que mantuvieron estabilidad e incremento de poblaciones fueron la 1 (433.2 msnm), 3 (300.6 msnm), 5 (842.7 msnm), 7 (759.3 msnm), 11 (994.4 msnm) y 12 (1044.8 msnm). Según los datos, se pudo interpretar, que existe un balance de especies a modo de recuperación. Esto quiere decir que existen especies (dentro de una parcela) que tienen individuos que desaparecieron y otras especies se reprodujeron o incrementaron su área basal.

Este estudio consto de algunas limitaciones entre estas: la disponibilidad de información sobre la hojarasca, temperatura y precipitación en el Yunque durante el periodo de estudio.

Para incrementar el área forestal de Puerto Rico o para establecer futuras mitigaciones se recomienda la siembra de las siguientes especies: *Prestoea montana* en los bosques de Carite, Guilarte, Maricao, Rio Abajo, Luquillo y Toro Negro; *Cecropia Schreberiana* en los bosques de Cambalache, Carite, Guajataca, Guilarte, Maricao, Rio Abajo, Luquillo, Susua, Vega y Toro Negro; *Hirtella rugosa* en los bosques de Carite, Guilarte, Luiquillo, Maricao y Toro Negro; *Ormosia Krigii* en los bosques de Carite, Guilarte, Luiquillo y Toro Negro; *Dacryoides excelsa* en los bosques de Carite, Guilarte,

Liquillo, Maricao y Toro; *Tetragastris balsamífera* en los bosque de Cambalache, Carite, Guajataca, Guánica, Maricao, Río Abajo, Luquillo, Susua y Toro Negro; *Cyrilla racemiflora* en los bosques de Carite, Luquillo, Maricao y Toro Negro; *Matayba domingensis* en los bosques de Carite, Guilarte, Luquillo, Maricao y Toro Negro; *Meliosma herbertii* en los bosques de Carite, Guilarte, Luquillo y Toro Negro; *Eugenia borinquensis* en el bosque de Luquillo; *Calycogonium squamulosum* en los bosques de Carite, Guilarte, Luquillo y Toro Negro; *Manilkara bidentata* en los bosques de Cambalache, Carite, Guajataca, Río Abajo y Luquillo; *Micropholis garciniafolia* en los bosques de Carite y Luquillo. Estos bosques cuentan con las condiciones ideas para que estas especies se puedan desarrollar. (Litter et.al, 2002)

De acuerdo a la información provista y los cambios ocurridos en la composición de especies por cada tipo de bosque, se recomienda replicar este estudio en diferentes partes del Yunque tomando en cuenta los cuatro puntos cardinales para establecer como es la dinámica en otras zonas. Para estudios futuros se debe de tomar en cuenta elementos como: factores bióticos y abióticos, entre estos, hojarasca, polinizadores, temperatura y precipitación. También se recomienda analizar los datos obtenidos utilizando la prueba estadística t-test.

Además se recomienda la replicación de este estudio a través de Puerto Rico, al mismo nivel de altitud, para comparar varias poblaciones de plantas (con parámetros ambientales similares, o con los requisitos mínimos) y poder realizar inventarios de árboles (con mayor desarrollo y probabilidad de supervivencia) con propósitos de mitigación para áreas perturbadas.

LITERATURA CITADA

- Ahern, F., Belward, A., Churchill, P., Davis, R.A., Janetos, A., Justice, C.O... & Zhu, Z. (1999). Strategy for global observation of forest cover. *GOLD Report number*. Ottawa, CA: FAO.
- Alcaraz, J. (2011). El método fitosociológico. *Vegetación y tipos de hábitats de interés en la Unión Europea*. Murcia, España: Universidad de Murcia.
- Anon, (1998). *FRA 2000: Guidelines for assessments in tropical and sub-tropical countries*.(FAO working paper No. 2), Rome, Italy: Food and Agriculture Organization.
- Areces-Mallea, A., Weakley, A.S., Li, X., Sayre, R.G., Parrish, J.D., Tipton, C.V. & Boucher, T. (1999). A guide to Caribbean vegetation types: classification systems and descriptions. *The Nature Conservancy*. Washington, DC, U.S. : International Institute of Tropical Forestry, USDA Forest Service, Eros Data Service, US Geological Service, USAID.
- Birdsey, R.A. & Weaver, P.L. (1982). *The forest resources of Puerto Rico*. Resour. Bull. SO-85. New Orleans, U.S. : Department of Agriculture Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- Brandeis, T.J., Helmer, E.H. & Oswalt, S.N. (2007). *The status of Puerto Rico's forests, 2003*. Resour. Bull. SRS-119. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station.
- Braun-Blanquet, J. (1979).Fitosociología. *Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid, España: Editorial Blume.
- Braun-Blanquet, J. (1964). Grundzüge der Vegetationskunde. *Pflanzensoziologie*. Wien, New York, U.S. : Springer-Verlag.
- Britton, N.L. & Wilson, P. (1924). Scientific survey of Porto Rico and the Virgin Islands. *Botany of Porto Rico and the Virgin Islands*. New York, U.S.: New York Academy of Sciences.
- Briscoe, C.B. & Wadsworth, F.H. (1970). Stand structure and yield in the tabonuco forest of Puerto Rico. *A tropical rain forest, a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico*. Oak Ridge, TN: U.S. Atomic Energy Commission, Division of Technical Information Extension: B79-B90.
- Brown, K.A., Spector, S. & Wu, W. (2008). Multi-scale analysis of species introductions: combining landscape and demographic models to improve management decisions about non-native species. *Journal of Applied Ecology*, (45); 1639-1648.

- Brown, S. & Lugo, A.E. (1990). Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology*, (6); 1–32.
- Brown, S. (1997). Estimating biomass and biomass change in tropical forests: A primer. *FAO Forestry Paper 134*. Rome, Italia: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Brown, S., Lugo, A.E., Silander, S. & Liegel, L. (1983). Research opportunities in the Luquillo Experimental Forest. USDA For. Serv., Southern Expt. Stn., New Orleans. Gen. Tech. Rep. No. SO-44, 128 p.
- Bruijnzeel, L.A. & Proctor, J. (1995). Hydrology and biogeochemistry of tropical montane cloud forests: What do we really know? *Tropical Montane Cloud Forests Ecological Studies*, (110); 38-78.
- Chazdon, R.L., Peres, C.A., Dent, D., Sheil, D., Lugo, A.E., Lamb, D., Sotrk... & Millers, S.E. (2009). The potential for species conservation in tropical secondary forests. *Conservation Biology*, (23); 1406-1417.
- Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, (199): 1302-1310.
- Dansereau, P. (1966). Studies on the vegetation of Puerto Rico. *Description and integration of the plant communities*. Mayagüez, Puerto Rico: Institute of Caribbean Science.
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico. (1975). *Ley de Bosques de Puerto Rico*. 12 L.P.R.A. sec. 191a
- Denslow, JS., Ellison, A.M. & Sanford, RE. (1998). Treefall gap size effects on above and below ground processes in a tropical wet forest. *Ecol*, (86); 56-68.
- Doumenge, C., Gilmour, D., Pérez, M.R. & Blockhus, J. (1995). Tropical montane cloud forests. *Tropical Montane Cloud Forests Ecological Studies*, (110); 24-37.
- Ewel, J.J. & Whitmore, J.L. (1973). *The ecological life zones of Puerto Rico and the U. S. Virgin Islands*. (Forest Service Research Paper ITF-18). Río Piedras, PR: USDA Forest Service, Institute of Tropical Forestry.
- Finegan, B. (1996). Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. *Tree*, (11); 119-124.
- Franco, P.A., Weaver, P.L. & Eggen-McIntosh, S. (1997). *Forest resources of Puerto Rico, 1990*. Resour. Bull. SRS-22. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station.

- Frangi, J. L., & Lugo, A.E. (1985). Ecosystem dynamics of a subtropical floodplain forest. *Ecological Monographs*, (55); 351-369.
- Gould, W.A., González, G. & Carrero, G. (2006). Structures and composition of vegetation an elevational gradient in Puerto Rico. *Journal of Vegetation Science*, (17); 653-664.
- Grubb, P.J. (1995). Mineral nutrition and soil fertility in tropical rain forests. *Tropical Forests: Management and Ecology*. Ecological Studies, (112); 308-330.
- Hamilton, L.S., Juvik, J.O. & Scatena, F.N. (1995). The Puerto Rico Tropical Cloud Forest Symposium: Introduction and Workshop Synthesis. *Tropical Montane Cloud Forests Ecological Studies*, (110); 1-23.
- Helmer, E.H., Ramos, O., López, T. del M., Quiñones, M. & Díaz, W. (2002). Mapping the Forest Type and Land Cover of Puerto Rico, a Component of the Caribbean Biodiversity Hotspot. *Caribbean Journal of Science*, (38); 165-183.
- Holdridge, L.R. (1967). *Life zone ecology*. San José, Costa Rica: Tropical Science Center.
- Hubbell, SP., Foster, RB., O'Brien ST, Harms, KE., Condit, R., Wechsler, B., Wright, SJ. & De Lao., SL. (1999). Light gap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a neotropical forest. *Science*, (283); 554-557.
- Kent, M. & Coker, P. (1996). *Vegetation description and analysis*. Wiley, Chichester, UK.
- Liogier, H.A. & Martorell, L.F. (1999). *Flora of Puerto Rico and adjacent islands: a systematic synopsis*. San Juan, Puerto Rico. Editorial de la Universidad de Puerto Rico.
- Little, E.L. & Wadsworth, F.H. (1964). Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. *Agricultural Handbook*. Washington, DC: U.S. Departement of Agriculture, Forest Service. Agricultural Handbook.
- Lugo, A. E. (2005). Los bosques. *Biodiversidad de Puerto Rico. Vertebrados terrestres y ecosistemas*. San Juan, PR: Editorial del Instituto de Cultura Puertorriqueña.
- Lugo, A. E., Román, E., Quiñones, M., Marcano, H., Vicéns, I. (2005). El Bosque Estatal del Nuevo Milenio antes y después del huracán Georges. *Acta Científica* 19(1-3),83-105.
- Lugo, A.E., Francis, John, K.; Frangi & Jorge L. (1998). *Prestoea montana (R. Graham) Nichols. Sierra palm*. SO-ITF-SM-82. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- Lugo, A.E. & Wadsworth, F.H. (1990). *Dacryodes excelsa Vahl. Tabonuco*. Silvics of North America: 2. Hardwoods. *Agricultural Handbook*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

- Luh Huang, C.Y. & Schulte, E.E. 1985. Digestion of plant tissue for analysis by ICP emission spectroscopy. *Communications in Soil Science and Planta Analysis*, (16); 943-958.
- Martin, P.H., Sherman, R.E. & Fahey, T.J. (2007). Tropical montane forest ecotones: climate gradients, natural disturbance, and vegetation zonation in the Cordillera Central, Dominican Republic. *Journal of Biogeography*, (34): 1792-1806.
- Matson, P.A., Vitousek, P.M., Ewel, J., Mazzarino, M.J. & Robertson, G.P. (1987). Nitrogen transformations following tropical forest felling and burning on a volcanic soil. *Ecol*, (68); 491-502.
- McCune, B. & Mefford, M.J. (1999). PC-ORD. *Multivariate analysis of ecological data, Version 4*. MjM Software Design, Gleneden Beach, OR, US.
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. (2002). *Aims and methods of vegetation ecology*. New Jersey, U.S.: Blackburn Press.
- Munishi, P., Wentworth, T.H. & Temu, P.C. (2007). Compositional gradients of plant communities in submontane rainforests os eastern of Tanzania. *Journal of Tropical Forest Science*, (19); 35-45.
- Myster, R.W. (2004). Post-agricultural invasion, establishment, and growth of neotropical trees. *The Botanical Review*, (70); 381–402.
- Pérez Castro, Julia. (1983). Distribución de epífitas sobre cuatro especies arbóreas en un palmar. *Los bosques de Puerto Rico*. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service & Puerto Rico Department of Natural Resources.
- Pickett, S. & White, P.S. (1985). Natural disturbance and patch dynamics: An introduction. *The ecology of Natural disturbance and patch dynamics*. New York: Academic Press.
- Rivas, S. (1995). La Fitosociología en España. Worldwide Biocliatic Classification, Recuperado file:///Users/rafaeldiaz/Documents/TESIS.%20DOCUMENTOS./La%20Fitosociolog%C3%ADa%20en%20España%20-%20Read%20Speech.webarchive
- Quevedo, V. (1999). Lista de plantas críticas. *División de Patrimonio Natural de Puerto Rico*. Puerto Rico: Departamento de Recursos Naturales y del Ambiente, Puerto Rico.
- Scatena, F.N. & Lugo, A.E. (1995). Geomorphology, disturbance, and the soil and vegetation of two subtropical wet steep land watersheds of Puerto Rico. *Geomorphology*, (13); 199-213.
- Scatena, F.N., Silver, W.L., Siccama, T., Johnson, A. & Sanchez, M.J. (1993). Biomass and nutrient content of the Bisley Experimental Watershed, Luquillo Experimental

- Forest, Puerto Rico, before and after hurricane Hugo, 1989. *Biotropica*, (25); 15-27.
- Silver, W.L., Lugo A.E. & Keller, M. (1999). Soil oxygen availability and biogeochemistry along rainfall and topographic gradients in upland wet tropical forest soils. *Biogeochemistry*, (44); 301-328.
- Sousa, W.P. (1984). The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, (15); 535-391.
- Stadtmüller, T. (1987). Cloud Forests in the Humid Tropics. *A Bibliographic Review*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Tanner, E.V.J., Kapos, V., Freskos, S., Healey, J.R., & Theobald, A.M. (1990). Nitrogen and phosphorus fertilization of Jamaican montane forest trees. *Journal of Tropical Ecology* (6); 231-238.
- Wadsworth, F.H. & Bonnet, J.A. (1951). Soil as a factor in the occurrence of two types of montane forest in Puerto Rico. *Caribbean Forester*, (12); 67-70.
- Wadsworth, F.H. (2000). Los bosques primarios y su productividad. *Producción forestal para América tropical*. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Wadsworth, F.H. (1951) Forest management in the Luquillo Mountains. *The setting*. *Caribbean Forester*, (12); 93-114.
- Wang, H. & Hall, C.A.S. (2004). Modeling the effects of Hurricane Hugo on spatial and temporal variation in primary productivity and soil carbon and nitrogen in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. *Plant and Soil*, (263); 69-84.
- Weaver, L. W. (1975). Transpiration rates in the Elfin forest of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Caribbean Journal Science*, (15); 21-29.
- Weaver, P.L. & Murphy, P. (1990). Forest structure and productivity in Puerto Rico's Luquillo Mountains. *Biotropica*, (22); 69-82.
- Weaver, P.L. (1972). Cloud moisture interception in the Luquillo mountains of Puerto Rico. *Caribbean Journal Science*, (34); 129-144.
- Weaver, P.L. (1991). Environmental gradients affect forest composition in the Luquillo mountains of Puerto Rico. *Interciencia*, (16); 142-151.
- Weaver, P.L. (1994). *Baño de Oro Natural Area, Luquillo Mountains, Puerto Rico. General Technical Report SO-111*. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

Weaver, Peter L. (1996). *Cyrilla racemiflora* L. *Swamp cyrilla*. SO-ITF-SM-78. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

Westhoff, V. & van der Maarel, E. (1978). The Braun-Blanquet approach. *Classification of plant communities*. Den Haag, NL: Dr. W. Junk.

White Jr., H.H. (1963). Variation of stand structure correlated with altitude in the Luquillo mountains. *Caribbean Forester*, (24); 46-52.

TABLAS

Tabla 1 Ubicación y elevación de las parcelas por cada tipo de bosque

Núm. Parcela	Tipo de Bosque	Ubicación	Elevación (m)
1	Tabonuco	El Verde	433.2
2	Tabonuco	Río Grande	518.2
3	Tabonuco	Bisley	300.6
4	Palma de Sierra	NIDO-Yunque	632.3
5	Palma de Sierra	Pico Este	842.7
6	Palma de Sierra	Britton	917.0
7	Palo Colorado	Pico Este	759.3
8	Palo Colorado	El Toro II	795.6
9	Palo Colorado	El Toro I	815.3
10	Enano	Pico del Este	987.6
11	Enano	Pico del Oeste	994.4
12	Enano	Pico del Yunque	1044.8

Tabla 2 Cantidades iniciales y finales de especies de plantas ubicadas en los cuatro (4) tipos de bosques.

Familia	Especie	Cantidad	Cantidad
		2002	2011
Bignoniaceae	Tabebuia rigida	97	96
Myrtaceae	Eugenia borinquensis	66	77
Lauraceae	Ocotea spathulata	55	66
Arecaceae	Prestoea montana	53	58
Cyatheaceae	Alsophila bryophila	29	39
Sapotaceae	Micropholis garcinifolia	29	22
Melastomataceae	Calycogonium squamulosum	23	14
Burseraceae	Dacryodes excelsa	22	21
Burseraceae	Tetragastris balsamifera	20	23
Cyrillaceae	Cyrilla racemiflora	19	15
Fabaceae	Ormosia krugii	15	19
Cecropiaceae	Cecropia schreberiana	13	2
Sapindaceae	Miconia tetrantha	11	5
Sapotaceae	Manilkara bidentata	10	10
Boraginaceae	Cordia borinquensis	9	4
Chrysobalanaceae	Hirtella rugosa	9	6
Lauraceae	Ocotea leucocylon	9	6
Sabiaceae	Meliosma herbertii	9	10
Clusiaceae	Clusia clusioides	8	9
Myrtaceae	Myrcia leptoclada	6	9
Myrtaceae	Calyptranthes krugii	5	1
Sapindaceae	<i>Matayba domingensis</i>	5	5
Bignoniaceae	Tabebuia heterophylla	4	4
Myrtaceae	Myrcia fallax	4	2
Sapotaceae	Micropholis chrysophylloides	4	2
Aquifoliaceae	<i>Ilex sideroxyloides</i>	3	3
Euphorbiaceae	Drypetes glauca	3	1
Myrtaceae	Eugenia stahlia	3	2
Araliaceae	Schefflera morototoni	2	1
Asteraceae	Clibadium erosum	2	
Clusiaceae	Calophyllum brasiliense	2	2
Malpighiaceae	Byrsonima wadsworthii	2	1
Rubiaceae	Guettarda valenzuelana	2	1
Rubiaceae	Ixora ferrea	2	3

Tabla 3 Cont. Cantidades iniciales y 2011es de especies de plantas ubicadas en los cuatro (4) tipos de bosques.

Familia	Especie	Cantidad 2002	Cantidad 2011
Annonaceae	Guatteria caribaea	1	
Araliaceae	Dendropanax arboreus	1	1
Celastraceae	Maytenus elongata	1	
Celastraceae	Torrabasia cuneifolia	1	
Euphorbiaceae	Croton poecilanthus	1	
Lauraceae	Ocotea portoricensis	1	
Melastomataceae	Henriettea macfadyenii	1	
Melastomataceae	Miconia prasina	1	
Melastomataceae	Miconia serrulata	1	1
Meliaceae	Trichillia pallida	1	
Myrsinaceae	Ardisia luquillensis	1	1
Myrsinaceae	Grammadenia sintenisii	1	
Myrtaceae	Myrcia deflexa	1	1
Oleaceae	Haenianthus salicifolius	1	1
Rubiaceae	Psychotria berteriana	1	
Rubiaceae	Rondeletia portoricensis	1	1
Thymelaeaceae	Daphnopsis philippiana	1	
Verbenaceae	Citharexylum fruticosum	1	
TOTAL		573	545

Tabla 4 Familias y especies no encontradas para el 2011

Familia	Especie	Tipo de Bosque	Ubicación	Núm. Parcela
Annonaceae	Guatteria caribaea	Tabonuco	El Verde	1
Asteraceae	Clibadium erosum	Palma	Pico del Este	5
Celastraceae	Maytenus elongata	Tabonuco	Río Grande	2
	Miconia prasina	Tabonuco	Río Grande	2
Euphorbiaceae	Croton poecilanthus	Colorado	El Toro I	9
Lauraceae	Ocotea portoricensis	Colorado	El Toro II	8
Melastomataceae	Henriettea macfadyenii	Enano	Pico del Oeste	11
Meliaceae	Trichillia pallida	Tabonuco	Río Grande	2
Myrsinaceae	Grammadenia sintenisii	Colorado	El Toro II	8
Rubiaceae	Psychotria berteriana	Palma	Pico del Este	5
	Torrabasia cuneifolia	Colorado	Pico del Este	7
Thymelaeaceae	Daphnopsis philippiana	Colorado	Pico del Este	7
Verbenaceae	Citharexylum fruticosum	Tabonuco	Tabonuco	3
	Miconia prasina	Tabonuco	Río Grande	2

Tabla 5 Composición florística del Bosque de Tabonuco. Parcela Núm. 1

Familia	Especies	Cantidad de Individuos (CI)		Densidad árboles (tallos/ha) (DA)		Densidad Relativa (%) (Dr)		Área basal por especie (m ² /ha) (Ab)		Área basal Relativa (%) (Abr)		Valor de Importancia (%) (VI)	
		2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011
Burseraceae	Dacryoides excelsa	7	7	0.07	0.07	16	15	39.3	47.2	61.5	61.7	77	76
Annonaceae	Eugenia stahlii	1	1	0.01	0.01	2	2	4.0	4.1	6.3	5.3	9	7
Fabaceae	Guatteria caribaea	1		0.01	0	2	0	1.1	0.0	1.8	0.0	4	0
Chrysobalanaceae	Hirtella rugosa	1	1	0.01	0.01	2	2	0.6	0.7	1.0	0.9	3	3
Aquifoliaceae	Ilex sideroxyloides	1	1	0.01	0.01	2	2	0.6	0.7	1.0	0.9	3	3
Burseraceae	Manilkara bidentata	10	10	0.1	0.1	22	21	2.1	2.6	3.2	3.3	25	24
Myrtaceae	Myrcia deflexa	1	1	0.01	0.01	2	2	0.0	0.0	0.1	0.1	2	2
Myrtaceae	Myrcia leptoclada	4	5	0.04	0.05	9	10	0.3	0.3	0.4	0.4	9	11
Myrtaceae	Ormisia krugii	1	1	0.01	0.01	2	2	7.2	9.0	11.2	11.8	13	14
Sapotaceae	Tetragastris balsamifera	18	21	0.18	0.21	40	44	8.6	11.9	13.5	15.5	54	59
	TOTAL	45	48	0.45	0.48	100	100	63.9	76.4	100	100	200	200

Tabla 6 Composición florística del Bosque de Tabonuco. Parcela Núm. 2

Familia	Especies	Cantidad de Individuos (CI)		Densidad árboles (tallos/ha) (DA)		Densidad Relativa (%) (Dr)		Área basal por especie (m ² /ha) (Ab)		Área basal Relativa (%) (Abr)		Valor de Importancia (%) (VI)	
		2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011
Burseraceae	Dacryoides excelsa	7	6	0.07	0.06	18	19	27.15	39.50	60.2	61.4	79	81
Burseraceae	Tetragastris balsamifera	2	2	0.02	0.02	5	6	12.00	17.81	26.6	27.7	32	34
Sabiaceae	Meliosma herbertii	7	9	0.07	0.09	18	29	1.91	2.69	4.2	4.2	23	33
Sapindaceae	Miconia tetrantha	4	3	0.04	0.03	11	10	0.51	0.74	1.1	1.2	12	11
Arecaceae	Prestoea montana	2	2	0.02	0.02	5	6	2.40	2.49	5.3	3.9	11	10
Chrysobalanaceae	Hirtella rugosa	2	1	0.02	0.01	5	3	0.20	0.22	0.5	0.3	6	4
Araliaceae	Schefflera morototoni	2	1	0.02	0.01	5	3	0.14	0.20	0.3	0.3	6	4
Rubiaceae	Guettarda valenzuelana	2	1	0.02	0.01	5	3	0.13	0.15	0.3	0.2	6	3
Boraginaceae	Cordia borinquensis	1	1	0.01	0.01	3	3	0.15	0.24	0.3	0.4	3	4
Euphorbiaceae	Drypetes glauca	1		0.01	0	3	0	0.11		0.3	0.0	3	0
Celastraceae	Maytenus elongata	1		0.01	0	3	0	0.07		0.2	0.0	3	0
Melastomataceae	Miconia serrulata	1	1	0.01	0.01	3	3	0.07	0.09	0.1	0.1	3	3
Melastomataceae	Miconia prasina	1		0.01	0	3	0	0.05		0.1	0.0	3	0
Rubiaceae	Rodeletia portoricensis	1	1	0.01	0.01	3	3	0.04	0.06	0.1	0.1	3	3
Meliaceae	Trichillia pallida	1		0.01	0	3	0	0.04		0.1	0.0	3	0
Aquifoliaceae	Ilex sideroxyloides	1	1	0.01	0.01	3	3	0.03	0.05	0.1	0.1	3	3
Bignoniaceae	Tabebuia heterophylla	1	1	0.01	0.01	3	3	0.03	0.05	0.1	0.1	3	3
Myrtaceae	Myrcia fallax	1	1	0.01	0.01	3	3	0.03	0.03	0.1	0.1	3	3
	TOTAL	38	31	0.38	0	100	100	45.06	64.31	100	100	200	200

Tabla 7 Composición florística del Bosque de Tabonuco. Parcela Núm. 3

Familia	Especies	Cantidad de Individuos (CI)		Densidad árboles (tallos/ha) (DA)		Densidad Relativa (%) (Dr)		Área basal por especie (m ² /ha) (Ab)		Área basal Relativa (%) (Abr)		Valor de Importancia (%) (VI)	
		2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011
Clusiaceae	Calophyllum brasiliense	2	2	0.02	0.02	4	5	0.16	0.20	0.1	0.1	4	5
Verbenaceae	Citharexylum fruticosum	1		0.01	0	2	0	0.13	0.00	0.1	0.0	2	0
Burseraceae	Dacryoides excelsa	8	8	0.08	0.08	17	19	116	131.28	89.6	88.6	107	108
Araliaceae	Dendropanax arboreus	1	1	0.01	0.01	2	2	0.03	0.05	0.0	0.0	2	2
Euphorbiaceae	Drypetes glauca	2	1	0.02	0.01	4	2	0.56	0.23	0.4	0.2	5	3
Aquifoliaceae	Ilex sideroxyloides	1	1	0.01	0.01	2	2	0.03	0.05	0.0	0.0	2	2
Sabiaceae	Meliosma herbertii	2	1	0.02	0.01	4	2	0.13	0.10	0.1	0.1	4	2
Sapindaceae	Miconia tetrantha	6	2	0.06	0.02	13	5	1.72	2.22	1.3	1.5	14	6
Myrtaceae	Myrcia leptoclada	2	4	0.02	0.04	4	10	0.08	0.18	0.1	0.1	4	10
Lauraceae	Ocotea leucocylon	5	2	0.05	0.02	11	5	0.88	0.60	0.7	0.4	12	5
Fabaceae	Ormosia krugii	14	16	0.14	0.16	30	38	8.66	10.72	6.7	7.2	37	45
Arecaceae	Prestoea montana	1	3	0.01	0.03	2	7	0.97	2.44	0.7	1.6	3	9
Bignoniaceae	Tabebuia heterophylla	1	1	0.01	0.01	2	2	0.17	0.17	0.1	0.1	2	2
	TOTAL	46	42	0.46	0.42	100	100	129.62	148.24	100	100	200	200

Tabla 8 Composición florística del Bosque de Palma de Sierra. Parcela Núm. 4

Familia	Especies	Cantidad De Individuos (CI)		Densidad árboles (tallos/ha) (DA)		Densidad Relativa (%) (Dr)		Área basal por especie (m2/ha) (Ab)		Área basal Relativa (%) (Abr)		Valor de Importancia (%) (VI)	
		2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	Inicial	Final
Cecropiaceae	Cecropia schreberiana	6	2	0.06	0.02	32	17	12.4	7.9	34	27	65	44
Boraginaceae	Cordia borinquensis	1		0.01	0	5	0	0.0	0.0	0	0	5	0
Myrtaceae	Eugenia borinquensis	1		0.01	0	5	0	0.2	0.0	0	0	6	0
Arecaceae	Prestoea montana	11	10	0.11	0.1	58	83	24.1	21.5	66	73	124	156
	TOTAL	19	12	0.19	0.12	100	100	36.7	29.5	100	100	200	200

Tabla 9 Composición florística del Bosque de Palma de Sierra. Parcela Núm. 5

Familia	Especies	Cantidad de Individuos (CI)		Densidad árboles (tallos/ha) (DA)		Densidad Relativa (%) (Dr)		Área basal por especie (m2/ha) (Ab)		Área basal Relativa (%) (Abr)		Valor de Importancia (%) (VI)	
		2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011
Melastomataceae	Calycogonium squamulosum	7	5	0.07	0.05	32	25	3.2	3.0	10	8	42	33
Cecropiaceae	Cecropia schreberiana	1		0.01	0	5	0	0.0	0.0	0	0	5	0
Asteraceae	Clibadium erosum	2		0.02	0	9	0	0.1	0.0	0	0	10	0
Arecaceae	Prestoea montana	11	15	0.11	0.15	50	75	27.2	33.1	89	92	139	167
Rubiaceae	Psychotria berteriana	1		0.01	0	5	0	0.0	0.0	0	0	5	0
	TOTAL	22	20	0.22	0.2	100	100	30.6	36.1	100	100	200	200

Tabla 10 Composición florística del Bosque de Palma de Sierra. Parcela Núm. 6

Familia	Especies	Cantidad De Individuos (CI)		Densidad árboles (tallos/ha) (DA)		Densidad Relativa (%) (Dr)		Área basal por especie (m2/ha) (Ab)		Área basal Relativa (%) (Abr)		Valor de Importancia (%) (VI)	
		2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011
Cecropiaceae	Cecropia schreberiana	1		0.01	0	4	0	0.2	0.0	0.4	0.4	4	0
Myrtaceae	Eugenia borinquensis	4	3	0.04	0.03	16	12	3.4	3.2	6.8	6.8	23	18
Arecaceae	Prestoea montana	20	23	0.2	0.23	80	88	45.9	49.6	92.8	92.8	173	181
	TOTAL	25	26	0.25	0.26	100	100	49.5	52.9	100.0	100.0	200	200

Tabla 11 Composición florística del Bosque de Palma de Sierra. Parcela Núm. 7

Familia	Especies	Cantidad de Individuos (CI)		Densidad árboles (tallos/ha) (DA)		Densidad Relativa (%) (Dr)		Área basal por especie (m ² /ha) (Ab)		Área basal Relativa (%) (Abr)		Valor de Importancia (%) (VI)	
		2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011
Clusiaceae	Clusia clusioides	7	8	0.07	0.08	16	19	43.70	81.22	59.8	70.4	76	89
Cyrillaceae	Cyrilla racemiflora	9	9	0.09	0.09	21	21	18.13	20.28	24.8	17.6	46	39
Thymelaeaceae	Daphnopsis philippiana	1		0.01	0	2	0	0.04	0.00	0.1	0.0	2	0
Myrtaceae	Eugenia borinquensis	2	2	0.02	0.02	5	5	0.19	0.20	0.3	0.2	5	5
Sapotaceae	Micropholis garciniifolia	21	21	0.21	0.21	49	50	10.22	12.99	14.0	11.3	63	61
Lauraceae	Ocotea spathulata	1	1	0.01	0.01	2	2	0.54	0.55	0.7	0.5	3	3
Bignoniaceae	Tabebuia rigida	1	1	0.01	0.01	2	2	0.17	0.17	0.2	0.1	3	3
Celastraceae	Torrallbasia cuneifolia	1		0.01	0	2	0	0.08	0.00	0.1	0.0	2	0
	TOTAL	43	42	0.43	0.42	100	100	73.06	115.42	100.0	100.0	200	200

Tabla 12 Composición florística del Bosque de Palma de Sierra. Parcela Núm. 8

Familia	Especies	Cantidad de Individuos (CI)		Densidad árboles (tallos/ha) (DA)		Densidad Relativa (%) (Dr)		Área basal por especie (m ² /ha) (Ab)		Área basal Relativa (%) (Abr)		Valor de Importancia (%) (VI)	
		2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011
Malpighiaceae	Byrsonima wadsworthii	2	1	0.02	0.01	6	3	0.67	0.64	0.9	1.0	7	4
Melastomataceae	Calycogonium squamulosum	4		0.04	0	12	0	14.53	0.00	20.3	0.0	32	0
Boraginaceae	Cordia borinquensis	2	2	0.02	0.02	6	6	0.13	0.16	0.2	0.3	6	7
Cyrillaceae	Cyrilla racemiflora	8	5	0.08	0.05	24	16	46.63	51.24	65.0	82.9	89	99
Myrsinaceae	Grammadenia sintenisii	1		0.01	0	3	0	0.03	0.00	0.0	0.0	3	0
Oleaceae	Haenianthus salicifolius	1	1	0.01	0.01	3	3	2.49	2.75	3.5	4.4	6	8
Chrysobalanaceae	Hirtella rugosa	6	4	0.06	0.04	18	13	1.31	1.06	1.8	1.7	19	15
Sapindaceae	Matayba domingensis	1	1	0.01	0.01	3	3	2.54	3.66	3.5	5.9	6	9
Melastomataceae	Miconia tetrandra	1		0.01	0	3	0	2.14	0.00	3.0	0.0	6	0
Sapotaceae	Micropholis garciniifolia	1	1	0.01	0.01	3	3	0.74	0.52	1.0	0.8	4	4
Lauraceae	Ocotea leucocylon	4	4	0.04	0.04	12	13	0.26	0.31	0.4	0.5	12	13
Lauraceae	Ocotea portoricensis	1		0.01	0	3	0	0.06	0.00	0.1	0.0	3	0
Lauraceae	Ocotea spathulata	2	12	0.02	0.12	6	39	0.22	1.46	0.3	2.4	6	41
	TOTAL	34	31	0.34	0.31	100	100	71.74	61.78	100.0	100.0	200	200

Tabla 13 Composición florística del Bosque de Palma de Sierra. Parcela Núm. 9

Familia	Especies	Cantidad de Individuos (CI)		Densidad árboles (tallos/ha) (DA)		Densidad Relativa (%) (Dr)		Área basal por especie (m2/ha) (Ab)		Área basal Relativa (%) (Abr)		Valor de Importancia (%) (VI)	
		2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011
Cecropiaceae	Cecropia schreberiana	5		0.05	0	13	0	0.27	0.00	0.3	0.0	13	0
Boraginaceae	Cordia borinquensis	5	1	0.05	0.01	13	5	3.47	0.44	4.1	0.7	17	6
Euphorbiaceae	Croton poecilanthus	1		0.01	0	3	0	0.11	0.00	0.1	0.0	3	0
Cyrillaceae	Cyrilla racemiflora	2	1	0.02	0.01	5	5	44.24	29.69	52.0	44.3	57	49
Myrtaceae	Eugenia stahlii	2	1	0.02	0.01	5	5	0.27	0.18	0.3	0.3	6	5
Rubiaceae	Ixora ferrea	2	3	0.02	0.03	5	15	1.00	1.25	1.2	1.9	6	17
Sapindaceae	Matayba domingensis	4	4	0.04	0.04	11	20	20.76	23.78	24.4	35.5	35	55
Sapotaceae	Micropholis chrysophylloides	4	2	0.04	0.02	11	10	1.88	3.03	2.2	4.5	13	15
Myrtaceae	Myrcia fallax	3	1	0.03	0.01	8	5	0.32	0.07	0.4	0.1	8	5
Arecaceae	Prestoea montana	8	5	0.08	0.05	21	25	10.55	8.63	12.4	12.9	33	38
Bignoniaceae	Tabebuia heterophylla	2	2	0.02	0.02	5	10	2.16	0.00	2.5	0.0	8	10
	TOTAL	38	20	0.38	0.2	100	100	85.02	67.06	100.0	100.0	200	200

Tabla 14 Composición florística del Bosque Enano Núm. 10

Familia	Especies	Cantidad De Individuos (CI)		Densidad árboles (tallos/ha) (DA)		Densidad Relativa (%) (Dr)		Área basal por especie (m2/ha) (Ab)		Área basal Relativa (%) (Abr)		Valor de Importancia (%) (VI)	
		2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011
Cyatheaceae	Alsophila bryophila	11	9	0.11	0.09	22	33	3.15	3.74	6.1	6.1	28	39
Myrtaceae	Calyptranthes krugii	3		0.03	0	6	0	0.70	0.00	1.4	1.4	7	1
Myrtaceae	Eugenia borinquensis	7	6	0.07	0.06	14	22	7.04	5.46	13.6	13.6	27	36
Sapotaceae	Micropholis garciniifolia	2		0.02	0	4	0	5.62	0.00	10.9	10.9	15	11
Lauraceae	Ocotea spathulata	5		0.05	0	10	0	0.84	0.00	1.6	1.6	11	2
Fabaceae	Ormosia krugii	2	2	0.02	0.02	4	7	4.59	4.87	8.9	8.9	13	16
Bignoniaceae	Tabebuia rigida	21	10	0.21	0.1	41	37	29.80	19.70	57.6	57.6	99	95
	TOTAL	51	27	0.51	0.27	100	100	51.75	33.77	100.0	100.0	200	200

Tabla 15 Composición florística del Bosque Enano. Parcela Núm. 11

Familia	Especies	Cantidad De Individuos (CI)		Densidad árboles (tallos/ha) (DA)		Densidad Relativa (%) (Dr)		Área basal por especie (m ² /ha) (Ab)		Área basal Relativa (%) (Abr)		Valor de Importancia (%) (VI)	
		2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011
Cyatheaceae	<i>Alsophila bryophila</i>	14	15	0.14	0.15	14	14	4.31	5.96	11.9	19.8	26	33
Myrsinaceae	<i>Ardisia luquillensis</i>	1	1	0.01	0.01	1	1	0.16	0.29	0.4	1.0	1	2
Melastomataceae	<i>Calycogonium squamulosum</i>	4	1	0.04	0.01	4	1	0.25	0.07	0.7	0.2	5	1
Myrtaceae	<i>Eugenia borinquensis</i>	30	44	0.3	0.44	29	40	5.39	10.54	14.9	35.1	44	75
Melastomataceae	<i>Henriettea macfadyenii</i>	1		0.01	0	1	0	0.04	0.00	0.1	0.0	1	0
Sapotaceae	<i>Micropholis garcinifolia</i>	3		0.03	0	3	0	13.94	0.00	38.5	0.0	41	0
Lauraceae	<i>Ocotea spathulata</i>	21	28	0.21	0.28	21	25	1.74	3.15	4.8	10.5	25	36
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rigida</i>	28	21	0.28	0.21	27	19	10.34	10.04	28.6	33.4	56	53
	TOTAL	102	110	1.02	1.1	100	100	36.17	30.04	100.0	100.0	200	200

Tabla 16 Composición florística del Bosque Enano Núm. 12

Familia	Especies	Cantidad de Individuos (CI)		Densidad árboles (tallos/ha) (DA)		Densidad Relativa (%) (Dr)		Área basal por especie (m ² /ha) (Ab)		Área basal Relativa (%) (Abr)		Valor de Importancia (%) (VI)	
		2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011	2002	2011
Cyatheaceae	Alsophila bryophila	4	15	0.04	0.15	4	11	1.47	10.59	3.6	16.1	7	27
Melastomataceae	Calycogonium squamulosum	8	8	0.08	0.08	7	6	1.49	1.65	3.6	2.5	11	8
Myrtaceae	Calyptranthes krugii	2	1	0.02	0.01	2	1	0.27	0.22	0.7	0.3	3	1
Myrtaceae	Eugenia borinquensis	22	22	0.22	0.22	20	16	5.44	6.99	13.2	10.6	33	27
Lauraceae	Ocotea spathulata	26	25	0.26	0.25	24	19	6.01	7.36	14.6	11.2	38	30
Bignoniaceae	Tabebuia rigida	47	64	0.47	0.64	43	47	26.46	39.13	64.3	59.3	107	107
	TOTAL	109	135	1.09	1.35	100	100	41.15	65.94	100.0	100.0	200	200

Tabla 17 Especies recuperadas, especies muertas e índice de mortandad por parcela

Parcela	Tipo de Bosque	Cantidad de especies recuperadas	Cantidades de especies muertas	Índice de mortandad
1	Tabonuco	3	2	0.22
2	Tabonuco	2	9	1
3	Tabonuco	6	10	1.1
4	Palma de Sierra	0	7	0.77
5	Palma de Sierra	4	6	0.66
6	Palma de Sierra	3	2	0.22
7	Palo Colorado	1	2	0.22
8	Palo Colorado	10	13	1.44
9	Palo Colorado	1	19	2.11
10	Enano	10	17	1.90
11	Enano	14	22	1.55
12	Enano	28	2	0.22
	TOTAL	82	111	11.37

Tabla 18 Índice de mortandad por tipo de bosque por hectárea por año

Tipo de Bosque	Índice de mortandad/ha/año
Tabonuco	2.32
Palma de Sierra	1.65
Palo Colorado	3.77
Enano	3.67

Tabla 19 Tasa de crecimiento por hectárea anual

Tipo de Bosque	Crecimiento en diámetro (cm)	Crecimiento en área basal (m²)	Crecimiento en la altura (m)
Tabonuco	11.32	560.34	6.79
Palma de Sierra	-1.71	18.17	-5.58
Palo Colorado	-15.13	204.73	-16.16
Enano	12.43	7.54	-14.44

Tabla 20 Riqueza de especie por comunidad de bosques

Bosque	Riqueza de especie	
	2002	2011
Tabonuco	28	23
Palma de Sierra	7	4
Palo Colorado	26	19
Enano	10	7

FIGURAS

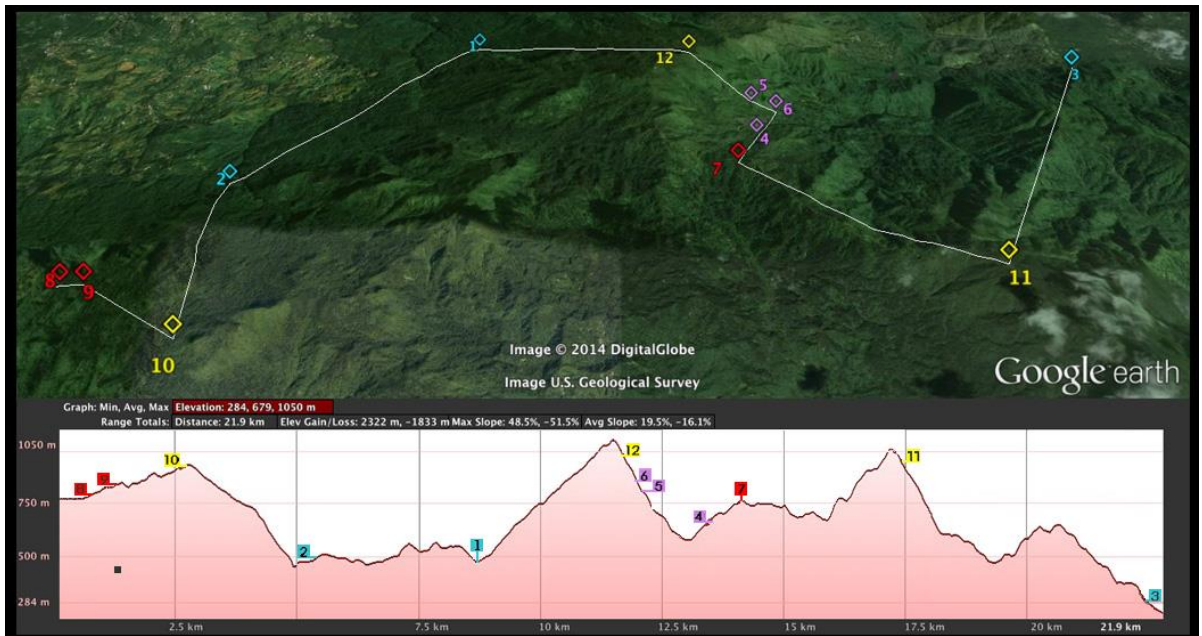


Figura 1. Área de estudio. Ubicación y perfil de las diferentes parcelas ubicadas dentro del Bosque Nacional El Yunque.

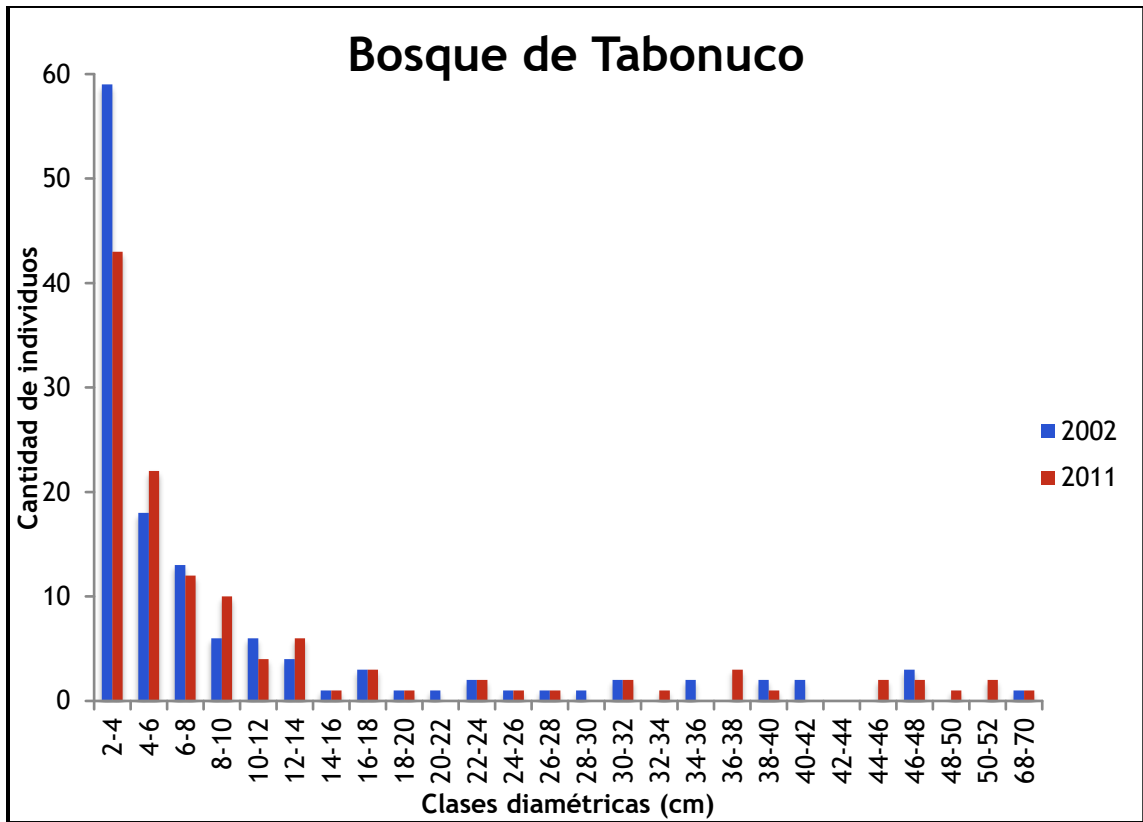


Figura 2. Clases diamétricas para todas las parcelas del Bosque de Tabonuco.

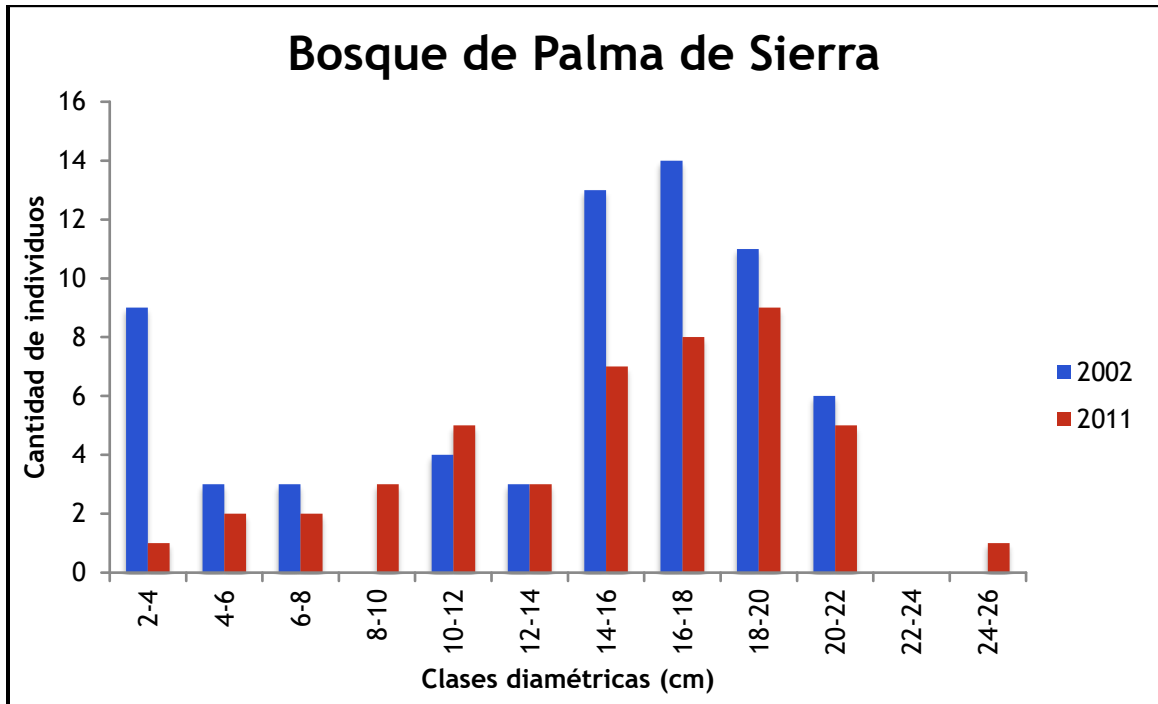


Figura 2. Clases diamétricas para todas las parcelas del Bosque de Palma de Sierra.

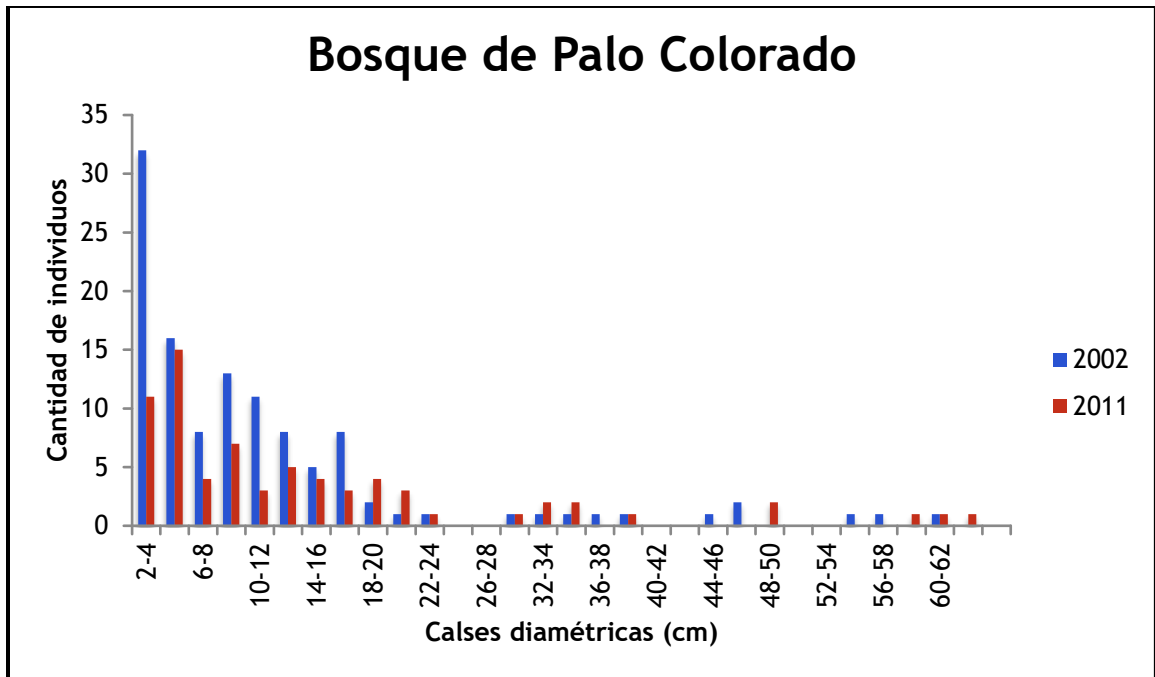


Figura 2. Clases diamétricas para todas las parcelas del Bosque de Palo Colorado.

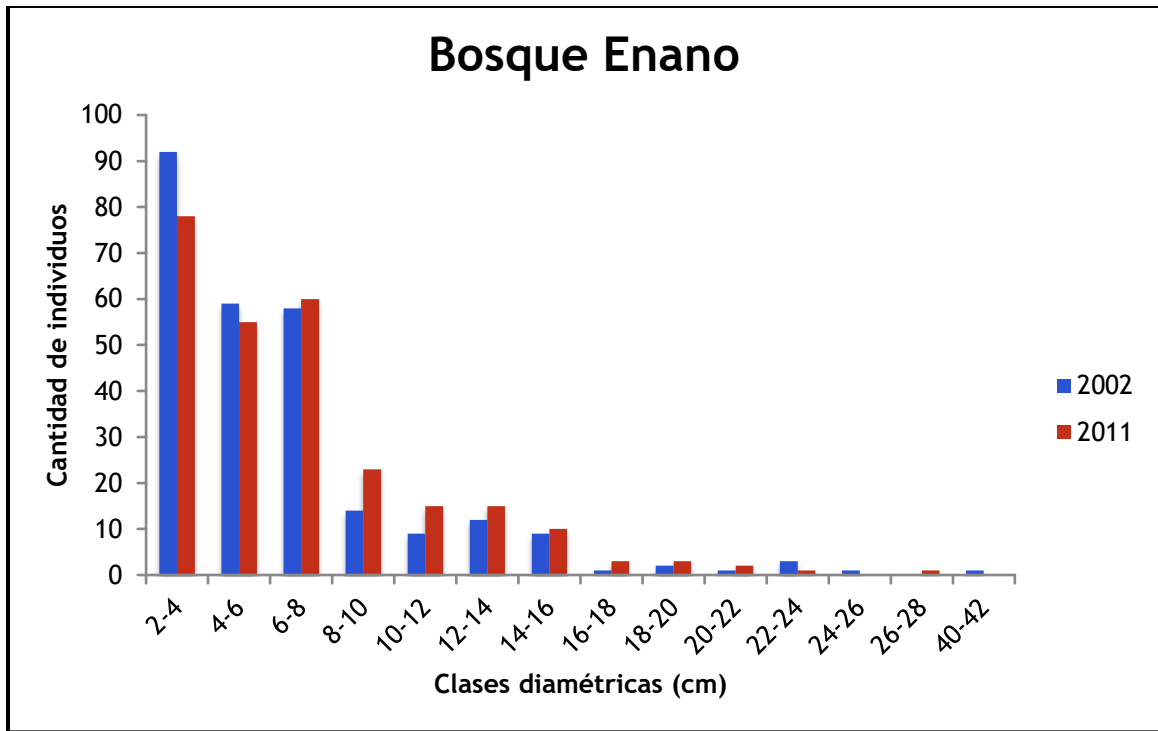


Figura 2. Clases diamétricas para todas las parcelas del Bosque Enano.

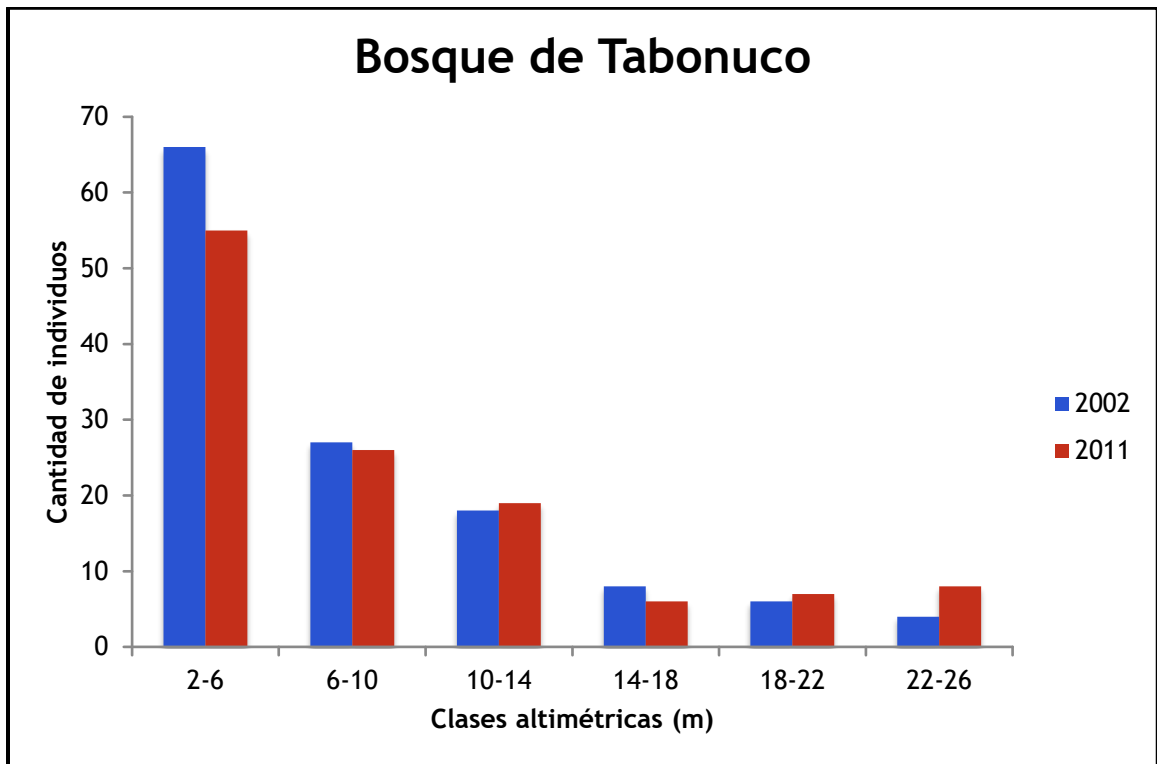


Figura 6. Clases altimétricas para todas las parcelas del Bosque de Tabonuco.

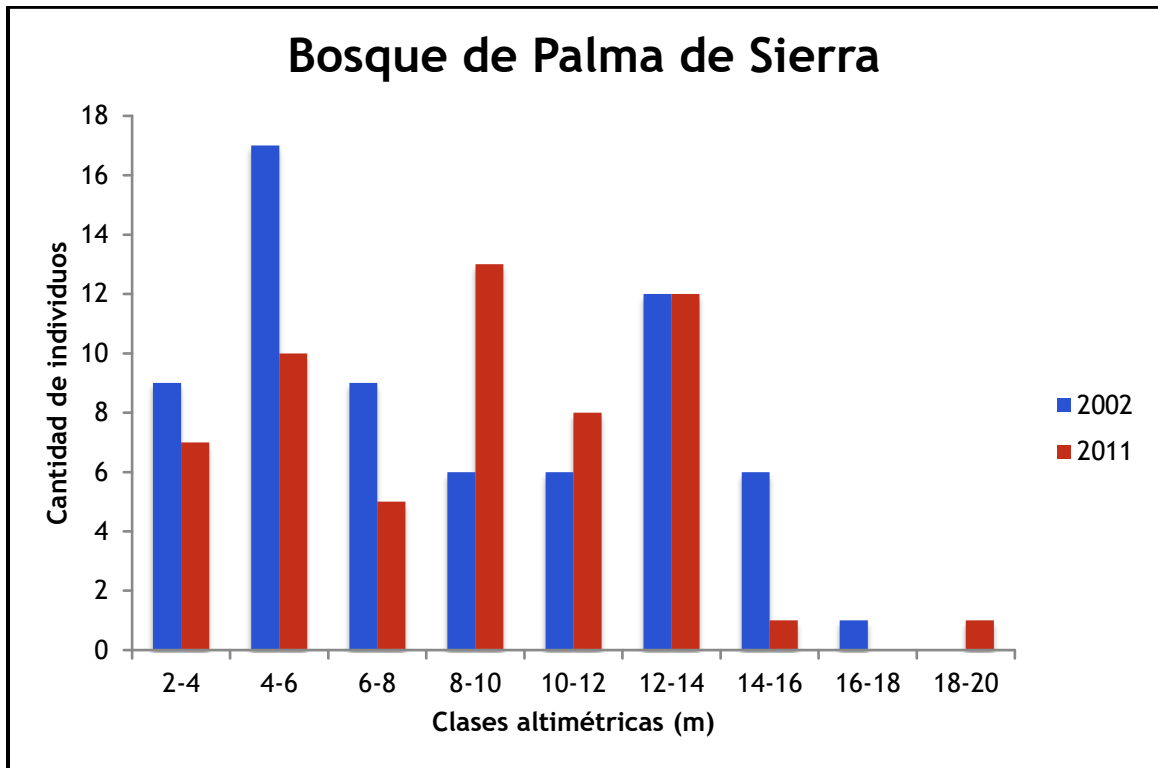


Figura 7. Clases altimétricas para todas las parcelas del Bosque de Palma de Sierra.

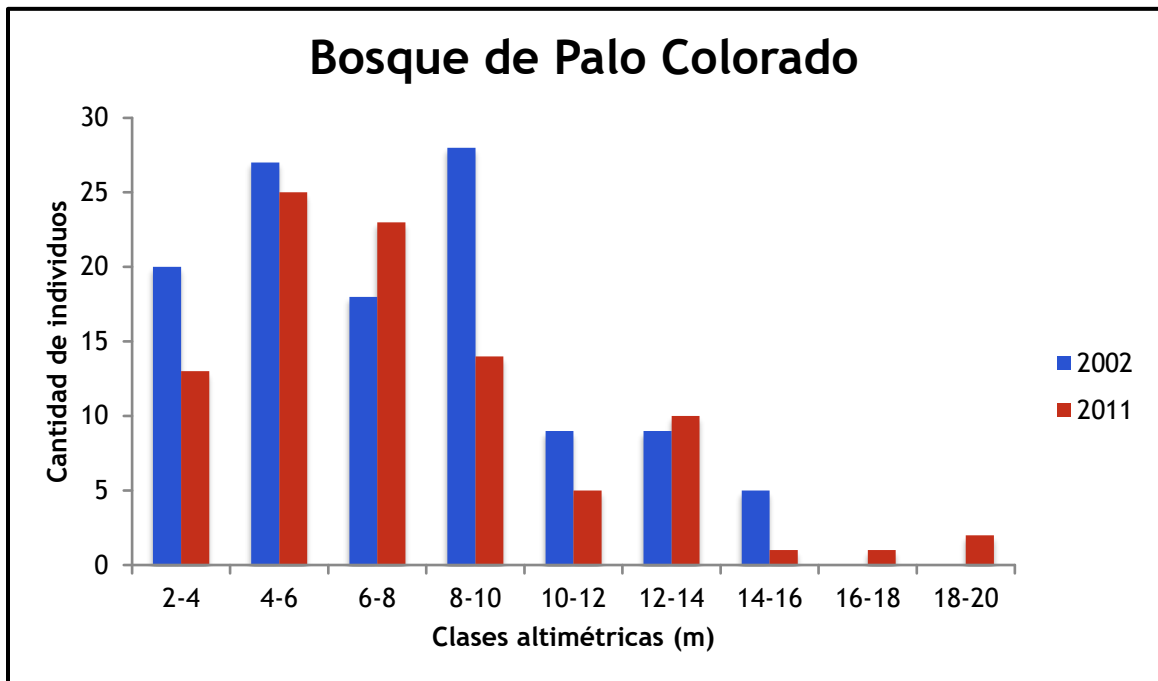


Figura 8. Clases altimétricas para todas las parcelas del Bosque de Palo Colorado.

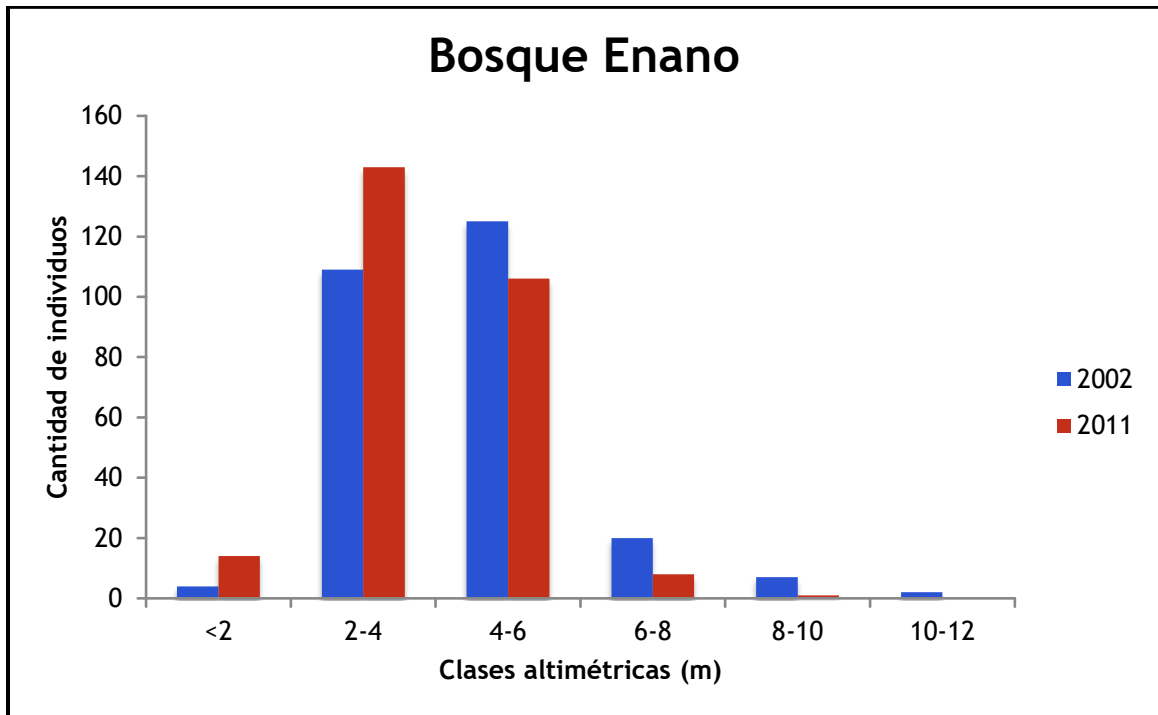


Figura 9. Clases altimétricas para todas las parcelas del Bosque Enano.

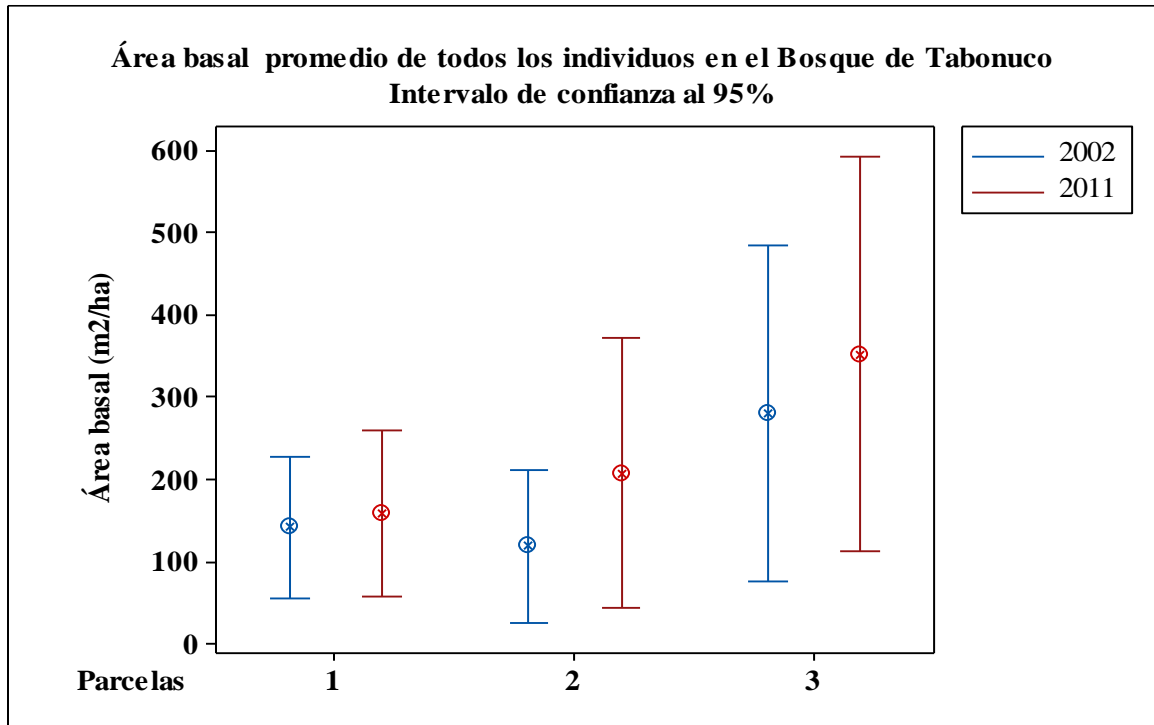


Figura 10. Área basal promedio de todos los individuos en el Bosque de Tabonuco.

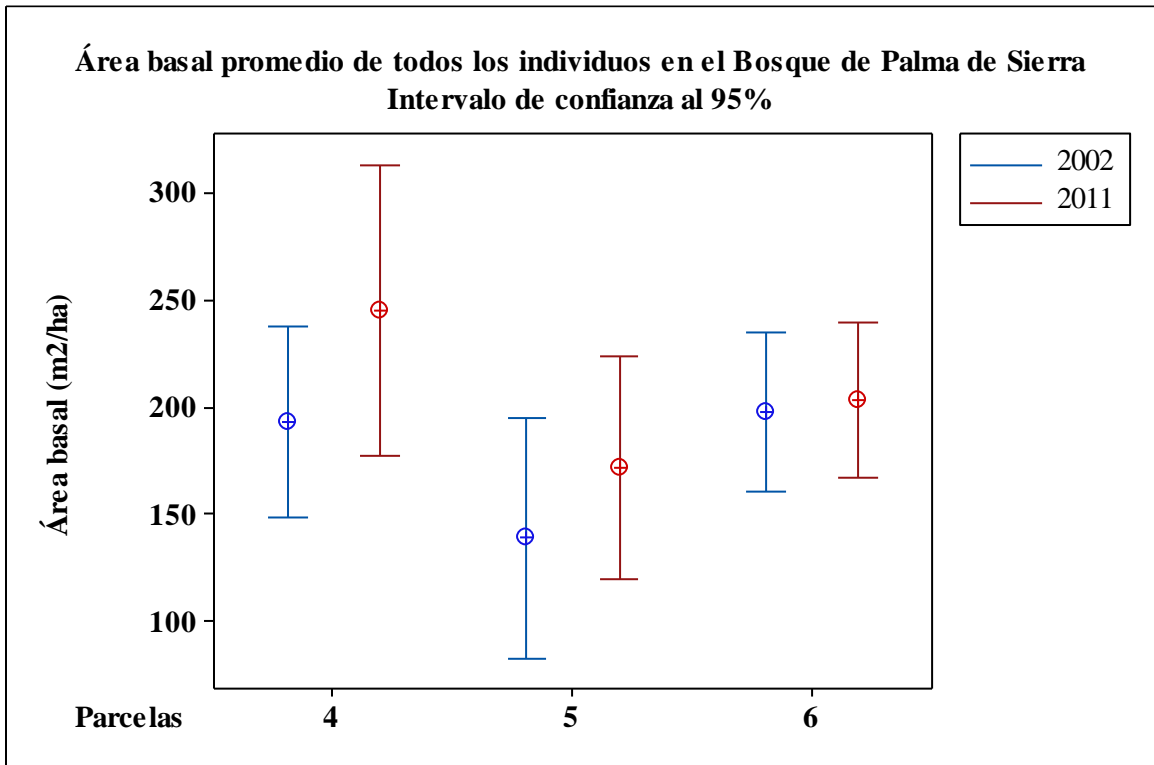


Figura 11. Área basal promedio de todos los individuos en el Bosque de Palma de Sierra.

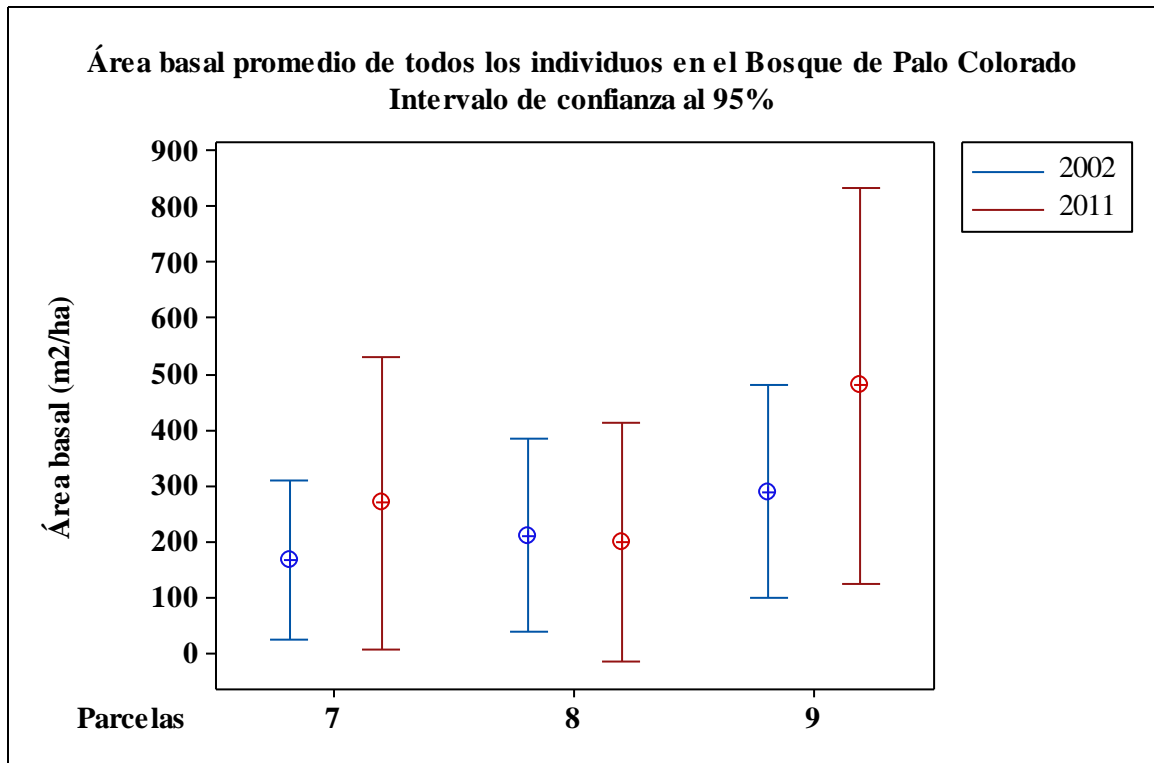


Figura 12. Área basal promedio de todos los individuos en el Bosque de Palo Colorado.

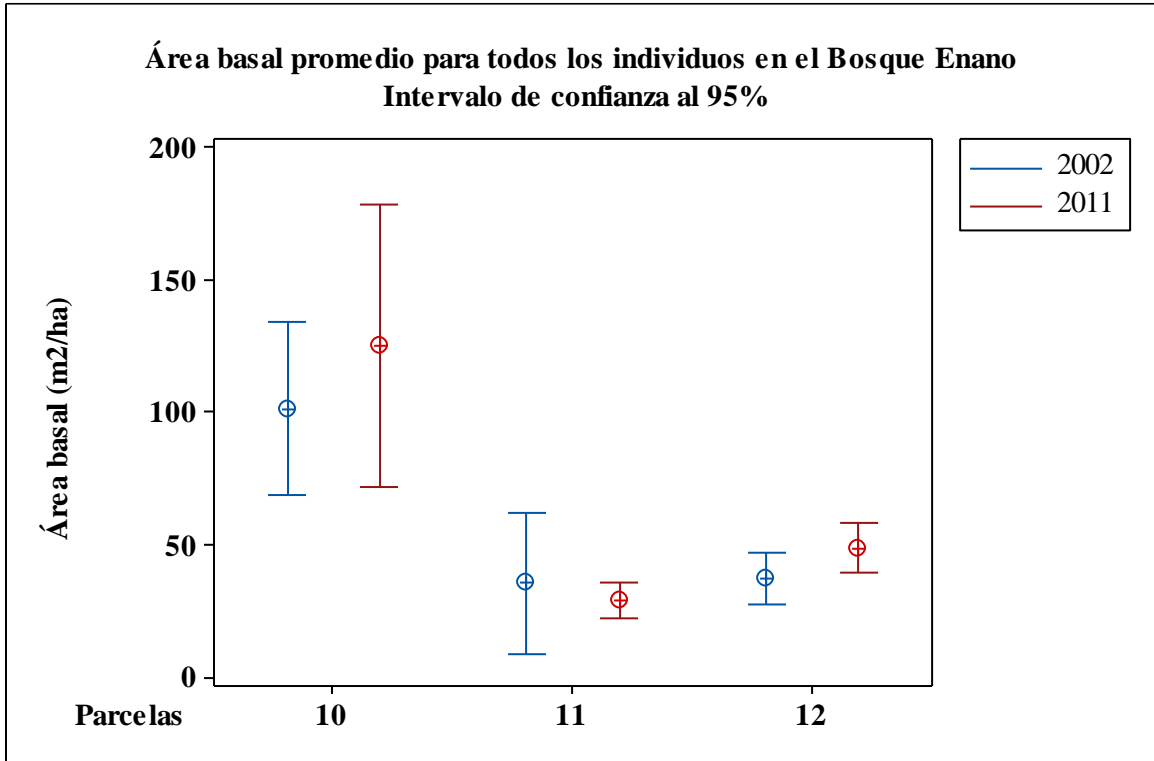


Figura 12. Área basal promedio de todos los individuos en el Bosque Enano.

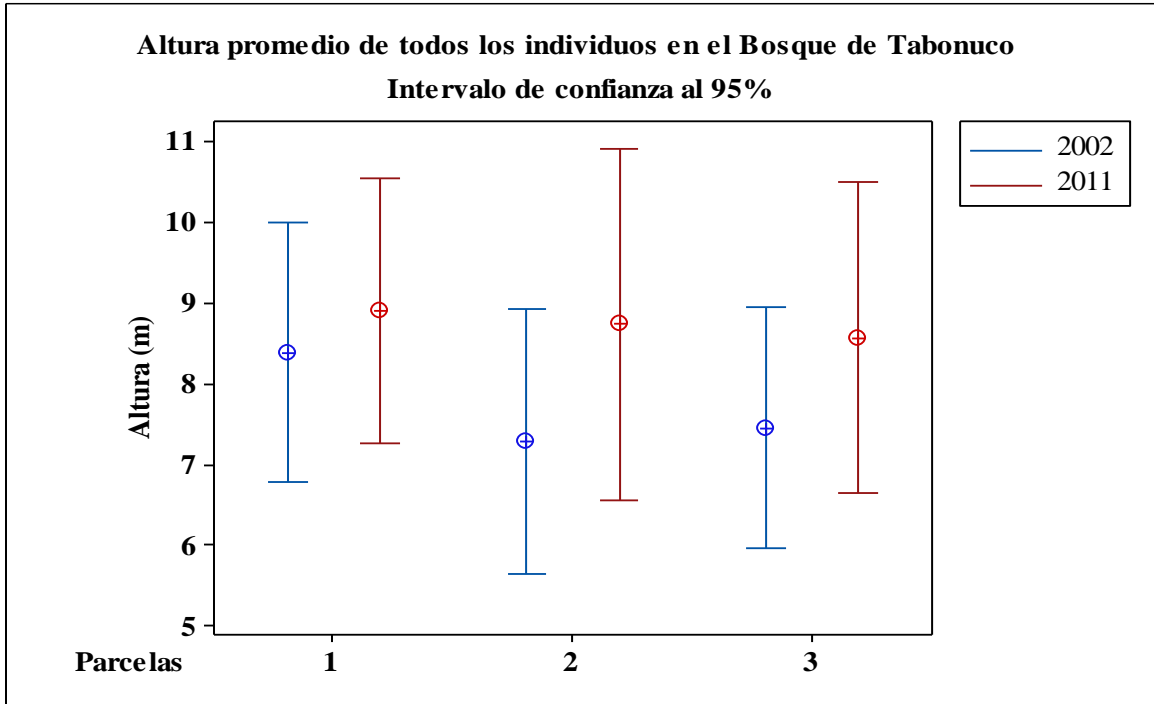


Figura 13. Altura promedio de todos los individuos en el Bosque de Tabonuco.

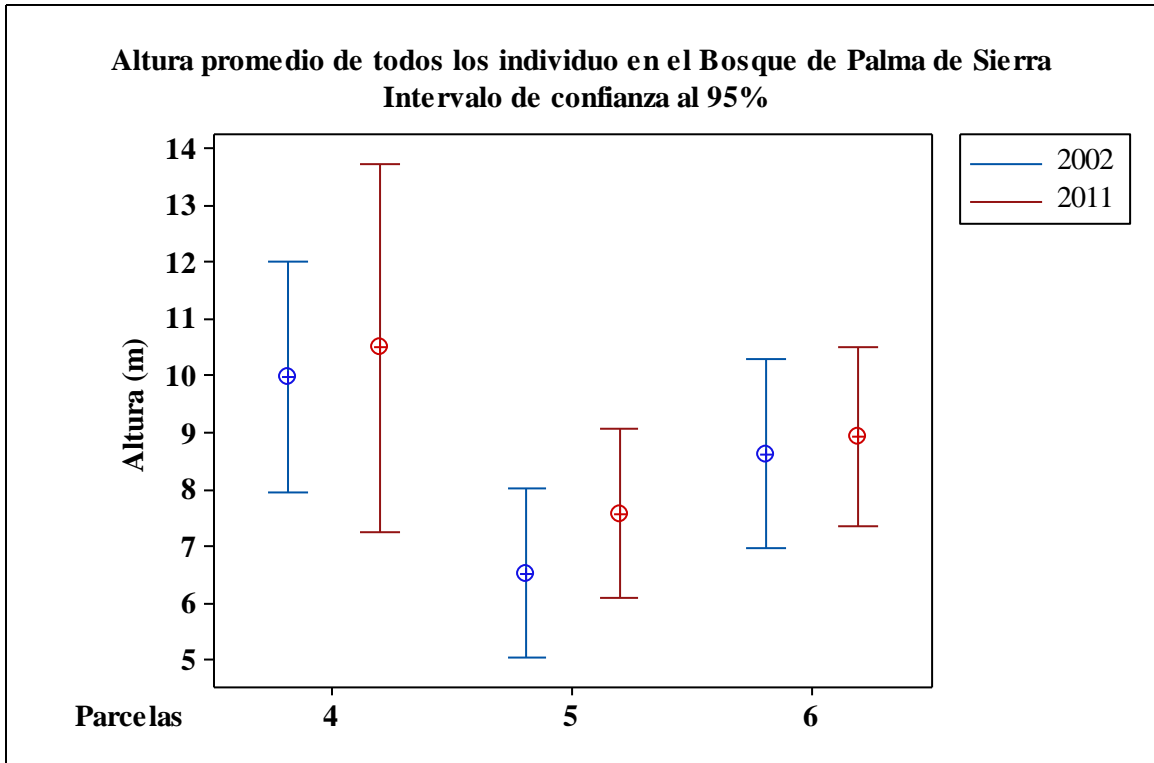


Figura 15. Altura promedio de todos los individuos en el Bosque de Palma de Sierra.

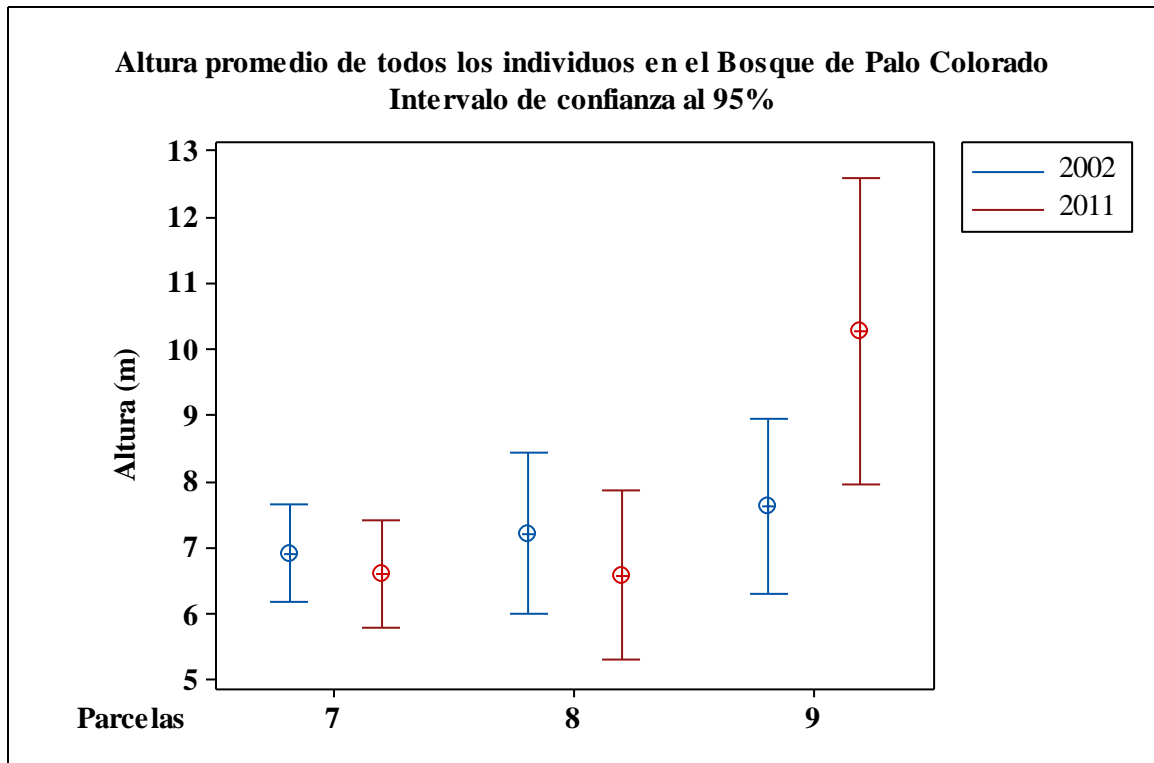


Figura 16. Altura promedio de todos los individuos en el Bosque de Palo Colorado.

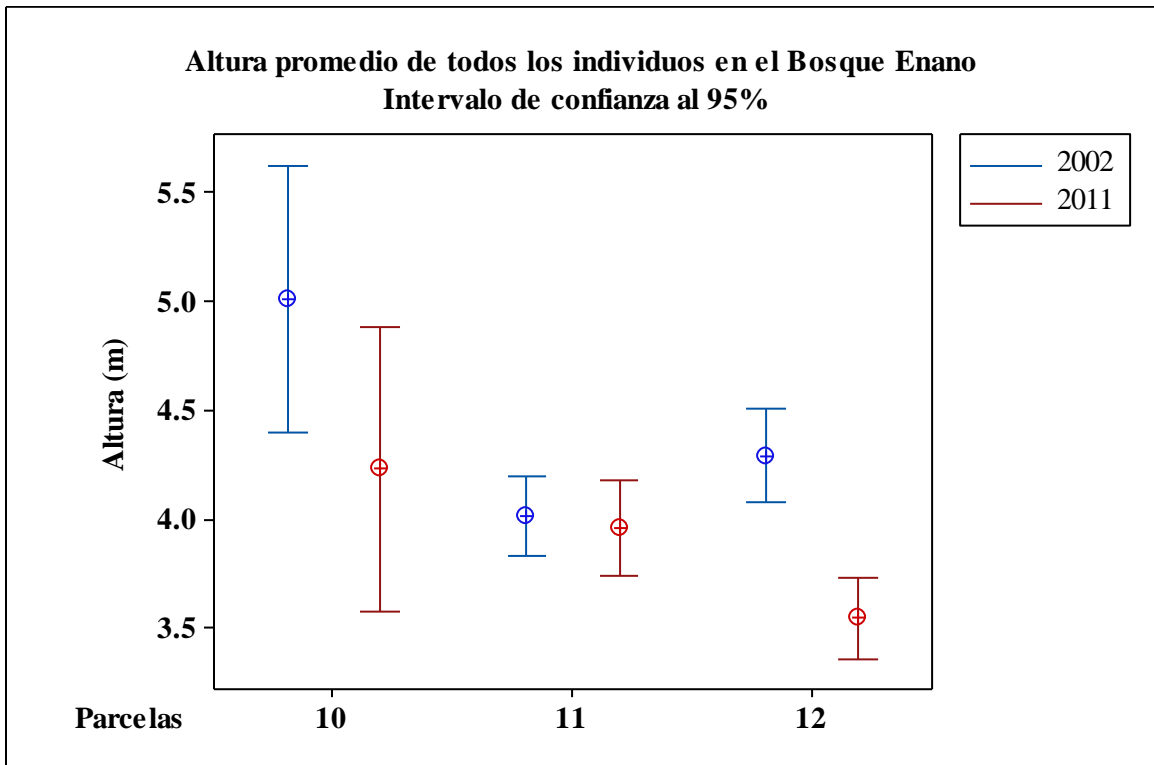


Figura 17. Altura promedio de todos los individuos en el Bosque Enano.

Área basal promedio de todos los individuos por parcela

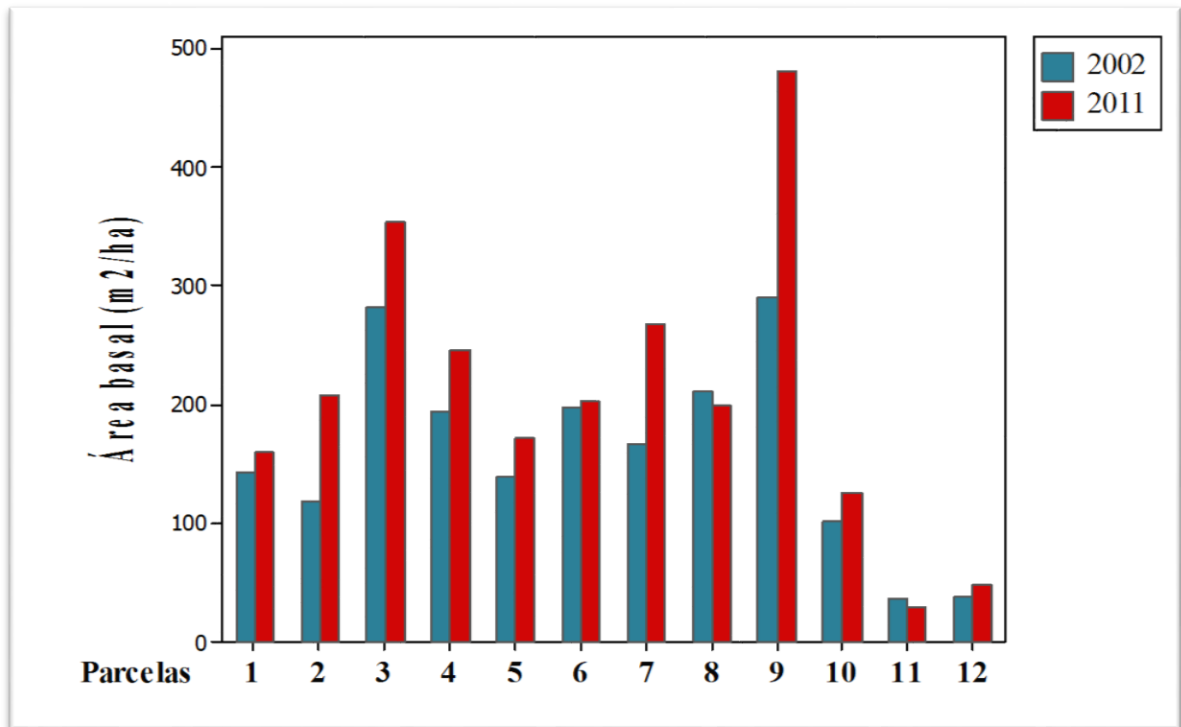


Figura 18. Área basal promedio de todos los individuos por parcela.

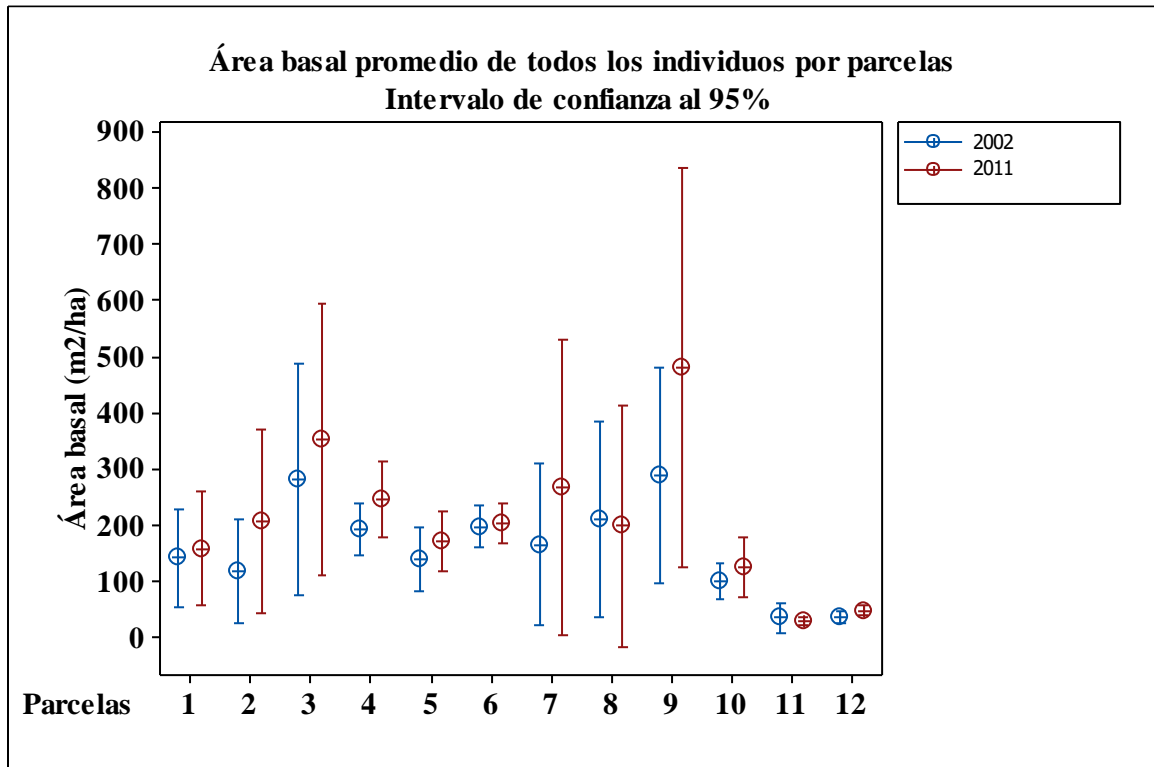


Figura 19. Área basal promedio de todos los individuos por parcela al intervalo de confianza del 95%.

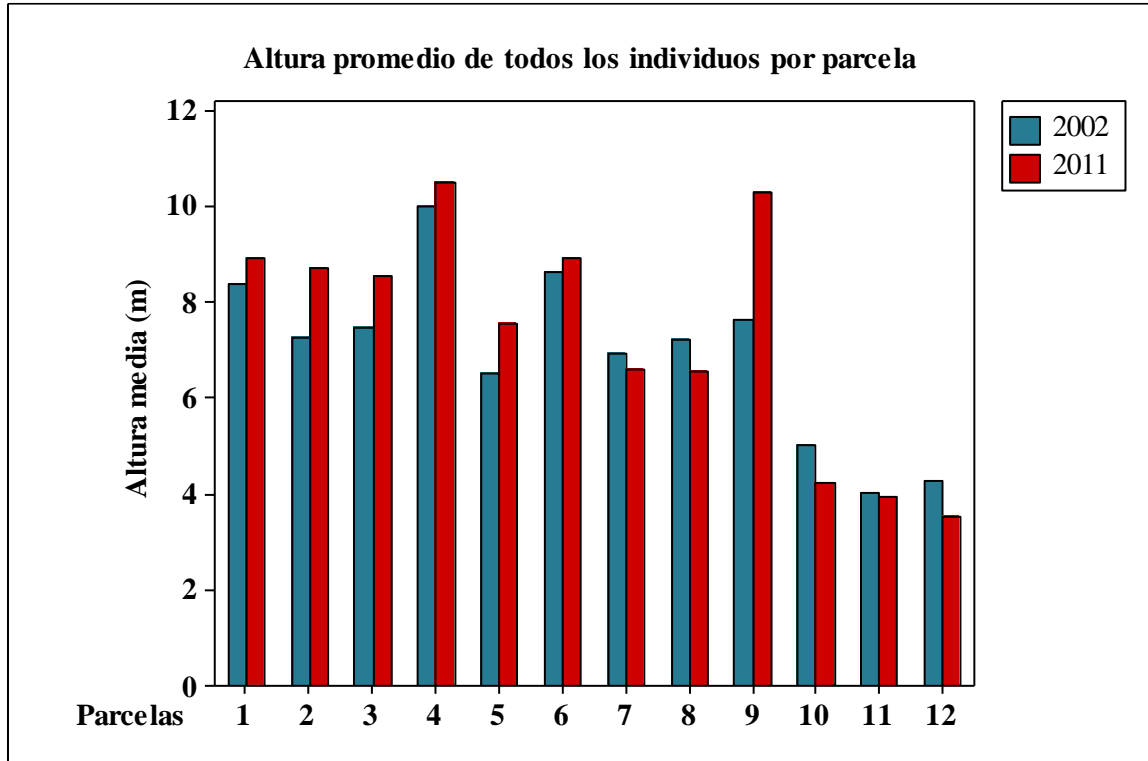


Figura 20. Altura promedio de todos los individuos por parcela.

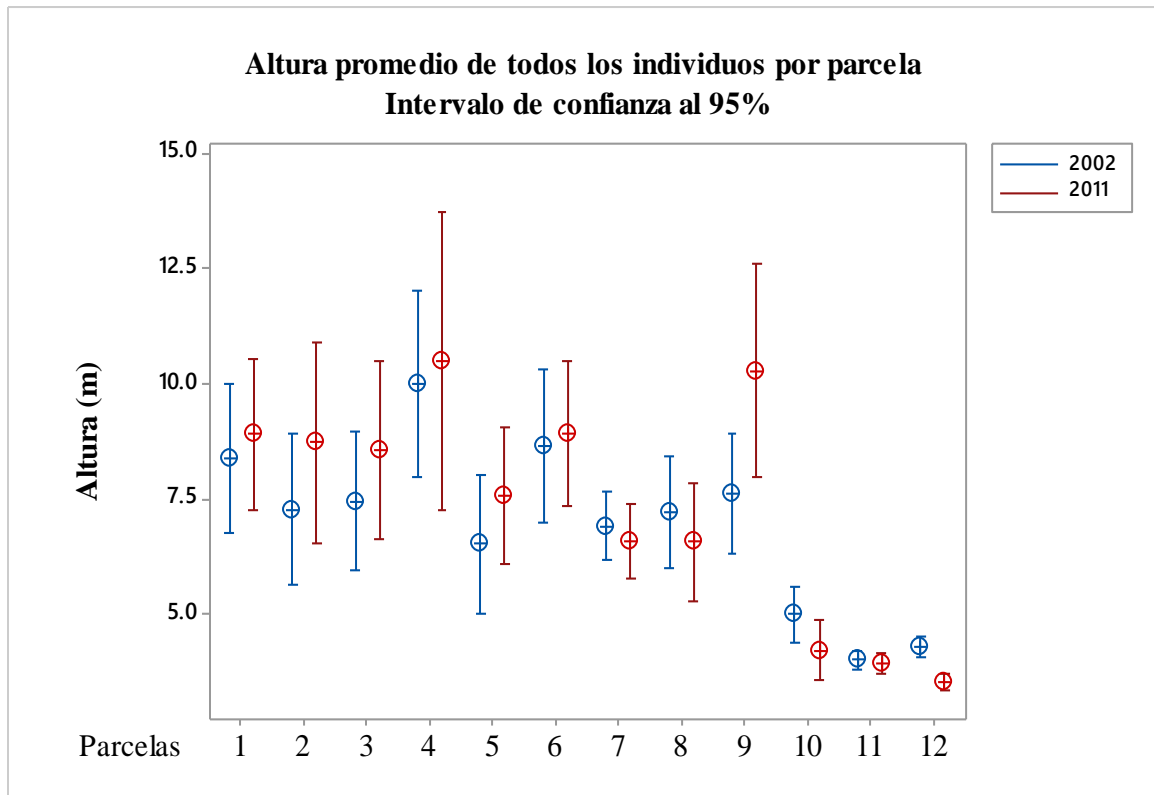


Figura 21. Altura promedio de todos los individuos por parcela al intervalo de confianza del 95%.