



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSGRADO FORESTAL

**ESTRUCTURA Y CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES ARBÓREAS EN UNA
SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA EN QUINTANA ROO**

ROY JABIN CARREON SANTOS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2013

La presente tesis, titulada: **ESTRUCTURA Y CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES ARBÓREAS EN UNA SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA EN QUINTANA ROO**, realizada por el alumno **Roy Jabín Carreón Santos**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
POSGRADO FORESTAL**

Consejero:



Dr. Juan Ignacio Valdez Hernández

Asesor:



Dr. Carlos Ramírez Herrera

Asesor:



Dr. Víctor Manuel Interián Ku

Montecillo, Texcoco, México a 11 de Abril de 2013

ESTRUCTURA Y CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES ARBÓREAS EN UNA SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA EN QUINTANA ROO

RESUMEN

En Quintana Roo, el aprovechamiento forestal maderable se ha dirigido tradicional y principalmente a especies de alto valor comercial, tales como *Cedrela odorata* L. y *Swietenia macrophylla* King, enfocando los pocos estudios técnicos existentes a dichas especies. Recientemente, también a otras especies se les ha dado valor económico y han adquirido demanda en el mercado, para lo cual se necesitan estudios de repoblación, estructura y diversidad así como de crecimiento en diámetro, que apoyen la toma de decisiones en torno a los tratamientos silvícolas que se deben aplicar. Con la finalidad de contribuir a la obtención de dicha información, los objetivos de la presente tesis fue analizar la estructura y diversidad arbórea de la selva mediana subperennifolia en el ejido Andrés Quintana Roo, municipio de Felipe Carrillo Puerto, estado de Quintana Roo, así como determinar el crecimiento en diámetro de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth, *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. y *Bursera simaruba* (L.) Sarg. Se establecieron dos unidades de muestreo (UM) de 20 x 50 m (1000 m²) por condición de desarrollo de la selva (seis UM en total): 10 años (C10), 20 años (C20) y 30 años (C30), en las cuales se midieron atributos dasométricos en brinzales, latizales y fustales y se calcularon índices tanto estructurales como de diversidad. Los valores de equidad y del índice Simpson fueron mayores en C30, mientras que los índices Margalef y Shannon-Wiener fueron superiores en C20. Se instalaron bandas dendrométricas en un total de 75 individuos de las tres especies: *L. latisiliquum* (25), *P. piscipula* (25) y *B. simaruba* (25), registrando cambios bimestrales en diámetro del tronco durante 17 meses (enero 2010-mayo 2011). Los coeficientes de Sorensen y Jaccard mostraron mayor semejanza florística entre C10 y C30. El crecimiento anual fue mayor en *L. latisiliquum* (0.39 cm) que en *B. simaruba* (0.25 cm) y *P. piscipula* (0.21 cm).

Palabras clave: selva mediana subperennifolia, crecimiento en diámetro, bandas dendrométricas, estructura, diversidad.

**STRUCTURE AND GROWTH OF THREE TREE SPECIES IN A
SEMIEVERGREEN TROPICAL FOREST IN QUINTANA ROO
SUMMARY**

Timber harvesting in Quintana Roo has been traditional and mainly focused on commercially high-valued species, such as *Cedrela odorata* L. and *Swietenia macrophylla* King, addressing the extant few technical studies to these species. Currently, other species have acquired economic value and market demand for which studies on regeneration, structure and diversity are needed, as well as on diameter growth to support decision-making in relation to the application of silvicultural treatments. With the aim to obtain such kind of data, the objectives of this thesis were to analyze tree structure and diversity of the semi-evergreen tropical forest in the ejido Andrés Quintana Roo, municipality of Felipe Carrillo Puerto, state of Quintana Roo, as well as to determine diameter growth in *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth, *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. and *Bursera simaruba* (L.) Sarg. Two sampling units (SU) of 20 x 50 m (1000 m²) were established by forest condition according to the disturbance period (six SU in total): 10 years (C10), 20 years (C20) and 30 years (C30), in which forest attributes were measured for seedlings, saplings and poles and several structural and diversity indices were calculated. Dendrometer bands were set on 75 trees of the species: *L. latisiliquum* (25), *P. piscipula* (25) y *B. simaruba* (25) recording every two months changes in trunk diameter along 17 months (January 2010-may 2011). Values of equity and Simpson index were greater in C30, while those for Margalef and Shannon-Wiener indices were higher in C20. Sorensen and Jaccard coefficients showed the closest floristic similarity between C10 and C30. Annual growth was higher in *L. latisiliquum* (0.39 cm) than in *B. simaruba* (0.25 cm) and *P. piscipula* (0.21 cm).

Key words: semi-evergreen tropical forest, diameter growth, dendrometer bands, structure, diversity.

AGRADECIMIENTOS

Al **Colegio de Postgraduados**, por darme la oportunidad de seguir preparándome y continuar con mis estudios de posgrado en esta Institución.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología**, por el apoyo otorgado para poder realizar mis estudios de posgrado.

A mi Consejo Particular integrado por el **Dr. Juan Ignacio Valdez Hernández, Dr. Carlos Ramírez Herrera y Dr. Víctor Manuel Interian Kú** por el trabajo que conllevó la presente investigación.

Al **Dr. Víctor Manuel Cetina Alcalá**, por sus aportaciones y comentarios.

A mis profesores en especial a los del **Posgrado Forestal** por sus enseñanzas.

A las organizaciones campesinas **UNORCA COORDINADORA NACIONAL AC y Red Nacional POCAI AC**, por el apoyo otorgado para la realización de la investigación y los compañeros de trabajo que la componen.

A la **Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya SC**, por la disposición y apoyo para los trabajos de campo y toma de datos.

Al **ejido Andrés Quintana Roo** y en especial a su directiva ejidal por la buena disposición para la realización de la investigación.

DEDICATORIA

A mis padres **Marcelo Carreón Mundo y Victoria Santos Jiménez** que por su constante apoyo y consejos me alientan para continuar en el desarrollo profesional

A mis hermanos: **Randy Marcelo Carreón Santos y Ronny Subin Carreón Santos**, y que la presente sirva como aliciente para continuar con sus estudios.

A **Georgina Martínez Valle[†]**, que por tu amor y apoyo incondicional logré iniciar una nueva meta profesional y de trabajo en mi vida.

A **Odilia Rojas López** porque contigo y tu cariño inicié esta meta que hoy se concreta y que con tu cercanía se ha finiquitado con buenas expectativas.

A **Yessica Maldonado, Marisol Hau, Adela Vásquez, Noemí Sarabia, Liliana Cuapio**, quienes son parte importante de mi vida.

A mi familia: **Oliva Mundo, primos, sobrinos, tíos, abuelos** y todos quienes en su momento han intercedido como parte de mi formación y desarrollo.

A mis padrinos **Patricia Negreros Castillo y Carl Mize** por sus constantes consejos como parte de mi desarrollo de trabajo y estudios.

A mis amigos y amigas: **Jhovanny, Procoro, José Luis, Migda, Bernardo, Belem, Maurilio, Miguel, Jorge, Daniel** y todos quienes lograron incidir y compartir momentos.

CONTENIDO

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 Selva mediana subperennifolia	1
1.2 Estructura arbórea.....	2
1.3 Diversidad biológica	7
1.4 Descripción del área de estudio	10
1.5 Justificación.....	12
1.6 Objetivos	14
1.7 Literatura citada	14
CAPITULO II. ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD ARBOREA EN UNA SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA EN QUINTANA ROO.....	21
2.1 RESUMEN	21
2.2 ABSTRACT	22
2.3 INTRODUCCION	23
2.4 MATERIALES Y METODOS	25
2.5 RESULTADOS.....	30
2.6 DISCUSION	39
2.7 CONCLUSIONES.....	42
2.8 REFERENCIAS.....	42

CAPITULO III.CRECIMIENTO EN DIAMETRO DE <i>Lysiloma latisiliquum</i> , <i>Piscidia piscipula</i> y <i>Bursera simaruba</i> EN UNA SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA DEL CENTRO DE QUINTANA ROO.....	49
3.1 RESUMEN	49
3.2 ABSTRACT	50
3.3 INTRODUCCIÓN	51
3.4 ESPECIES EN ESTUDIO	53
3.5 MATERIALES Y METODOS.....	54
3.6 RESULTADOS.....	56
3.7 DISCUSION	63
3.8 CONCLUSIONES.....	64
3.9 REFERENCIAS.....	65
CAPITULO IV. CONCLUSIONES GENERALES.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura I.1. Croquis de localización del ejido Andrés Quintana Roo municipio de Felipe Carrillo Puerto.....	11
Figura II.1. Tamaño y distribución de cuadros en la unidad de muestreo.	26
Figura II.2. Estratificación vertical del componente arbóreo en la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.	31
Figura II.3. Distribución diamétrica del componente arbóreo en la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.	32
Figura II.4. Número de brinzales por hectárea en la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.	35
Figura II.5. Número de latizales por hectárea en la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.	35
Figura II.6. Número de fustales por hectárea en la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.	36
Figura II.7. Número de individuos por hectárea en la condición 10 años de la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.	36
Figura II.8. Número de individuos por hectárea en la condición 20 años de la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.	37
Figura II.9. Número de individuos por hectárea en la condición 30 años de la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.	37
Figura III.1. Crecimiento acumulado en diámetro (cm) de <i>P. piscipula</i>	56
Figura III.2. Crecimiento acumulado en diámetro (cm) de <i>B. simaruba</i>	57
Figura III.3. Crecimiento acumulado en diámetro (cm) de <i>L. latisiliquum</i>	57

Figura III.4. Crecimiento acumulado en diámetro (cm) por categoría diamétrica de <i>P. piscipula</i>	58
Figura III.5. Crecimiento acumulado en diámetro (cm) por categoría diamétrica de <i>B. simaruba</i>	59
Figura III.6. Crecimiento acumulado en diámetro (cm) por categoría diamétrica de <i>L. latisiliquum</i>	60

LISTA DE CUADROS

Cuadro I.1. Volumen de madera aprovechado en el ejido Andrés Quintana Roo en el periodo de 2001 a 2007.....	13
Cuadro II.1. Especies con mayores valores de importancia (IVI) por condición....	32
Cuadro II.2. Especies con mayores valores forestales (IVF) por condición.	34
Cuadro II.3. Valores de los índices de diversidad en tres condiciones de desarrollo de la selva mediana subperennifolia en el Ejido Andrés Quintana Roo.	38
Cuadro II.4. Valores de los coeficientes de Sorensen (bajo la diagonal) y Jaccard (sobre la diagonal) entre las condiciones de desarrollo de la selva.	38
Cuadro III.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para atributos dasométricos de las especies en estudio.....	61
Cuadro III.2. Comparación de medias y crecimiento mínimo, promedio y máximo anual en diámetro de <i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.....	61
Cuadro III.3. Comparación de medias y crecimiento mínimo, promedio y máximo anual en diámetro de <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.....	62
Cuadro III.4. Comparación de medias y crecimiento mínimo, promedio y máximo anual en diámetro de <i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	62

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA

La cubierta forestal mundial es de 4,000 millones de ha, 31% de la superficie terrestre total (FAO, 2010). El 44% se extiende en los trópicos, mientras que la tercera parte en las regiones boreales, los bosques templados constituyen el 13% de la extensión mundial, los bosques subtropicales solo el 9% (FAO, 2010).

La superficie territorial de México es de aproximadamente 196.4 millones de hectáreas, de la cual una gran parte tiene potencial forestal (FAO, 2005). Se estima que el país cuenta con 33.49 millones de hectáreas de bosques y 31.34 millones de hectáreas de selvas (FAO, 2010), dentro de este último grupo, la selva mediana subperennifolia ocupa una superficie de 5.77 millones de ha (INEGI, 2010a).

En el estado de Quintana Roo la selva cubre 3.6 millones de ha, que equivale al 84% de su superficie, específicamente la selva mediana subperennifolia se presenta en 2.92 millones de ha, siendo el tipo de vegetación más abundante (INEGI, 2010a).

En la selva mediana subperennifolia se distinguen tres estratos verticales: uno inferior de 4 a 12 m, uno intermedio de 13 a 22 m y uno superior de 23 a 35 m (Pennington y Sarukhán, 2005). Algunas especies de este tipo de vegetación son: *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth (tsalam), *Brosimum alicastrum* Swartz. Sw. (ramón), *Bursera simaruba* (L.) Sarg. (chaka'), *Manilkara zapota* (L.) Van Royen (chicozapote),

Vitex gaumeri Greenm (ya'axnik), *Bucida buceras* (L.) (pukte'), *Alseis yucatanensis* (Standl.) (ja'asché) y *Carpodiptera floribunda* (Griseb) (INEGI, 2005).

Una de las diferencias principales con la selva alta es la presencia de una gran cantidad de palmas en el estrato inferior y la pérdida de follaje de casi una cuarta parte de los elementos arbóreos (Pennington y Sarukhán, 2005). Algunas de las especies del estrato superior o medio que pierden sus hojas durante un período hasta de tres meses son: *B. simaruba* (L.) Sarg., *Zuelania guidonia* (Aw.) Britton y Millsp., *Carpodiptera Ameliae* (Griseb), *Tabebuia rosea* (Bertol.) A.DC., *A. yucatanensis*, *Aspidosperma megalocarpon* (Moll. Arg.) y *A. cruentum* Woodson, *Coccoloba barbadensis* P. Browne y *C. spicata* Thunb, *Swartzia cubensis* (Britton y P. Wilson) Standl, *Thouinia paucidentata* Radlk. y *V. gaumeri* (Greenm.) (Pennington y Sarukhán, 2005).

1.2 ESTRUCTURA ARBÓREA

La estructura de un ecosistema forestal se define por el tipo, número, arreglo espacial y ordenamiento temporal de los elementos que lo constituyen (Thomasius y Schmidt, 1996); en este contexto destacan principalmente las estructuras de especies, la espacial y la dimensional de los ecosistemas (Aguirre, 2002).

Estructura vertical

La estructura vertical es la manera en la que se distribuyen el componente arbóreo en el eje vertical, esto es, la altura sobre el suelo (Valverde *et al.*, 2005). La estructura vertical se puede estudiar bajo diferentes puntos de vista (Melo y Vargas, 2002).

Una primera tendencia asume una concepción de tipo dinámico, donde la naturaleza del dosel es cambiante, puesto que el bosque está creciendo en parches todo el tiempo (Whitmore, 1975). De acuerdo con esto y según, se reconocen tres fases presentes en todos los bosques primarios (Bourgeron, 1983; Melo y Vargas, 2002): fase de claro, fase de reconstrucción y fase madura o de estado de equilibrio.

Tres tipos de árboles se pueden encontrar en las diferentes fases del claro (Melo y Vargas, 2001). Estos corresponden a los árboles del futuro, los cuales tienen todavía el potencial de ampliar sus copas claro (Melo y Vargas, 2001). Los árboles del presente, los cuales han alcanzado la máxima expresión fisiológica y morfológica y finalmente, los árboles del pasado cuyas copas han empezado a degradarse y por lo tanto se convierten en generadores de claros (Halle *et al.*, 1978; Oldeman, 1983; Vester y Saldarriaga, 1993).

Una segunda tendencia es la concepción de tipo funcional, la cual considera que la estructura tridimensional del bosque determina la cantidad de espacio ocupado por los troncos, ramas, hojas de los árboles a diferentes niveles y en consecuencia, el

microclima interno y la energía disponible para otros organismos, por lo cual, controla en gran medida la distribución de plantas como epifitas y de los animales, determinando la disponibilidad de sus fuentes alimenticias y sus posibilidades de locomoción y comunicación (Richards, 1983).

La tercera tendencia hace referencia a una concepción de tipo estructural, donde los árboles del bosque se agrupan en diferentes estratos o pisos (Otavo, 1994). Se contemplan tres tipos de estratificación (Otavo, 1994): la estratificación de especies, que corresponde a la agregación de las alturas de los árboles maduros, independientemente de la frecuencia de ocurrencia (Otavo, 1994). La estratificación de individuos, que es la agregación de todas las alturas de los árboles maduros e inmaduros de todas las especies, teniendo como punto de referencia una categoría mínima de medición, que puede ser el diámetro o la altura (Gadow *et al.*, 2007). Finalmente, la estratificación de masa foliar, que es la agregación de estratos de muchos individuos enfocados sobre un solo componente de la vegetación (Bourgeron, 1983).

Estructura horizontal

La estructura horizontal se refiere a la forma en la que se distribuyen los componentes de la comunidad en el terreno que ocupan (Valverde *et al.*, 2005), dicha distribución está dada por las alturas (Gadow *et al.*, 2007). Puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema, es el caso de las abundancias,

frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera el Índice de Valor de Importancia (IVI) (Melo y Vargas, 2002).

La distribución horizontal, se puede caracterizar mediante un histograma de frecuencias o mediante una función de distribución continua (Gadow *et al.*, 2007).

Los histogramas de frecuencias que son una representación gráfica de la proporción en que aparecen las especies, indican la homogeneidad del bosque (Melo y Vargas, 2002). Existen modelos matemáticos que expresan la forma como se distribuyen los individuos de una especie en la superficie del bosque, conocido como patrones de distribución espacial, a continuación se describen los índices más utilizados (Melo y Vargas, 2002).

La **Abundancia** es el número de árboles por especie (Begon *et al.*, 1987), se distingue la abundancia absoluta (número de individuos por especie) y la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema) (Begon *et al.*, 1987).

La **Frecuencia** se refiere a la existencia o falta de una determinada especie en una subparcela (Begon *et al.*, 1987), la frecuencia absoluta se expresa en porcentaje (100% = existencia de la especie en todas las subparcelas), la frecuencia relativa de una especie se calcula como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies (Melo y Vargas, 2002).

La **Dominancia**, también denominada grado de cobertura de las especies, es la expresión del espacio ocupado por éstas (Begon *et al.*, 1987). Se define como la suma de las proyecciones horizontales de los árboles sobre el suelo. La dominancia relativa se calcula como la proporción de una especie en el área total evaluada, expresada en porcentaje (Melo y Vargas, 2002).

El **Índice de Valor de Importancia (IVI)**, formulado por Curtis & Mc Intosh, se calcula para cada especie a partir de la suma de la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa (Melo y Vargas, 2002). Con este índice es posible comparar, el peso ecológico de cada especie dentro del ecosistema. La obtención de índices de valor de importancia similares para las especies indicadoras, sugieren la igualdad o por lo menos la semejanza del rodal en su composición, estructuras, sitio y dinámica (Lamprecht, 1990).

El **Índice de Valor Forestal (IVF)**, tiene el propósito de evaluar la estructura bidimensional de la vegetación arbórea en zonas cálido-húmedas de México considerando tres medidas (Corella *et al.*, 2001): la primera al nivel del estrato inferior en el plano horizontal (diámetro a la altura del pecho), la segunda que incluye los estratos inferior y superior en el plano vertical (altura), y la tercera al nivel del estrato superior en el plano horizontal (cobertura).

Estructura total o distribuciones diamétricas

Al agrupar los individuos de un bosque se busca analizar el comportamiento de las frecuencias en cada uno de los intervalos llegando a visualizar el grado de intervención al que ha sido sometido el bosque y la posibilidad existente que individuos de clases diamétricas bajas puedan llegar a ocupar las clases superiores (Melo y Vargas 2002). Con los datos de diámetros se puede construir la distribución de frecuencias de diámetros agrupando los individuos por clases diamétrica, las frecuencias de cada clase diamétrica se pueden representar en valores absolutos o relativos (Gadow *et al.*, 2007).

1.3 DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Otra forma de caracterizar la estructura de un ecosistema es mediante el empleo de los conceptos de riqueza de especies, haciendo referencia a la cantidad de especies presentes en un área (Gadow *et al.*, 2007).

La Organización de las Naciones Unidas (1992) adoptó en la conferencia de Río la siguiente definición: "Por diversidad biológica se entiende la variabilidad de los organismos vivos de cualquier fuente, incluidos entre otras cosas los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas".

Dentro de las clasificaciones de diversidad biológica, se propone una clasificación donde el concepto de diversidad de especies, enfocada al estudio de las comunidades es la más utilizada, en ésta se diferencian dos componentes, uno es la riqueza o número de especies y la otra es la equidad o distribución de los individuos entre las especies (Kikkawa, 1990).

La riqueza específica es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, debido a que se basa en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas (Magurran, 1988); para su medición se recurre frecuentemente al índice de Margalef, que se presenta como índice de densidad de especies (Moreno, 2001). Existen además índices que buscan conjugar la riqueza y la abundancia relativa, a este tipo de índices pertenecen el de Simpson y Shannon-Wiener, que se presentan como índices de dominancia y equidad respectivamente (Magurran, 1988).

El índice de Simpson (IS) es una medida de la dominancia que se enfatiza en las especies más comunes y reflejan más la riqueza de especies (Lande, 1996). El índice de Simpson se refiere a la probabilidad de que dos individuos de una comunidad infinitamente grande, tomados al azar, pertenezcan a la misma especie (Melo y Vargas 2002).

La equidad hace referencia a la cuantificación de comunidades en las que las especies están representadas con diferente número de individuos, frente a una comunidad hipotética en la cual todas las especies están igualmente representadas

(Melo y Vargas 2002); puede ser evaluada por el índice de Shannon-Wiener (H'), posteriormente el índice de equidad de Pielou, que expresa la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada (Pielou, 1975). Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

El índice de Shannon-Wiener (H') mide la heterogeneidad de la comunidad, el valor máximo será indicador de una situación en la cual todas las especies son igualmente abundantes. Cuando el índice se calcula para varias muestras, estos valores se pueden distribuir de manera normal, lo que hace posible compararlos mediante análisis de varianza (Melo y Vargas 2002).

Es de importancia medir la semejanza, es decir las especies que comparten las comunidades, conocido como betadiversidad, que representa el grado de partición del ambiente (Magurran, 1988). Para realizar su evaluación se recurre a los índices de Jaccard y Sorensen, los cuales comparan las especies compartidas por dos comunidades sin tener en cuenta las abundancias. Si se presentan los casos extremos, los índices tomarían el valor de uno (1.0) cuando se comparten todas las especies el valor es cero (0.0) cuando ninguna especie es compartida en este último caso la betadiversidad es máxima (Magurran, 1988; Halffter, 1992).

1.4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en el ejido Andrés Quintana Roo, municipio de Felipe Carrillo Puerto, estado de Quintana Roo. Para llegar al poblado se toma la carretera federal Chetumal-Cancún y aproximadamente a 105 kilómetros al norte se encuentra el núcleo agrario, ubicado a 42 km de su cabecera municipal y colindando con predios particulares al norte, ejido Cafetal al sur, Reserva de la Biósfera de Sian ka'an al este y ejido de Reforma Agraria al oeste. La superficie total ejidal es de 6,450 ha, de las cuales 4,000 ha son de uso forestal (figura I.1).

El tipo de clima es cálido subhúmedo casi isotermal con una marcha climática tipo ganges, es decir dos estaciones de lluvia en verano e invierno ($Aw_1 i''$) (García, 1973), ésta última debido a los huracanes y vientos del norte que afectan la península de Yucatán. La precipitación media anual es de 1,150 mm y la temperatura media anual de 25.8°C, las temperaturas más altas (38 °C) se reportan en los meses de abril y mayo (García, 1973).

Según la clasificación de suelos FAO-Unesco (1998), en el área de estudio predominan rendzinas seguidos por litosol y luvisol crómico de textura fina y fase física lítica, bien drenados, con espesor de 22 cm y afloración de roca, ph de 6.5 (FAO- Unesco. 1998). En la clasificación maya, estos suelos corresponden a los denominados tzequel con presencia intercalada de kan kab y akalche principalmente (Bautista *et al.*, 2012).

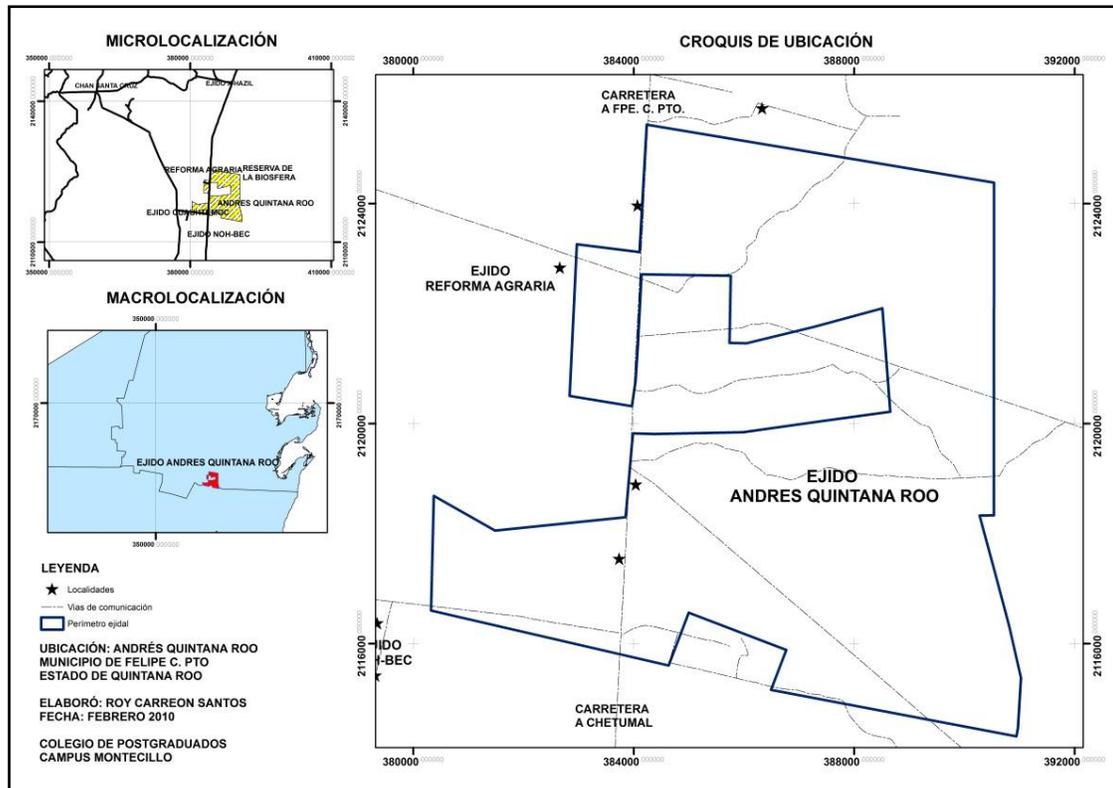


Figura I.1. Croquis de localización del ejido Andrés Quintana Roo municipio de Felipe Carrillo Puerto.

El tipo de vegetación presente es la selva mediana subperennifolia (Rzedowski, 1978) y se distinguen dos estratos con árboles, en el estrato superior existen amapola (*Pseudobombax ellipticum* (Kunth) Dugand), sacchaca (*Dendropanax arboreous* (L.) Decne & Planch), chaca (*B. simaruba*), pasaak (*Simarouba glauca* DC), cedro (*Cedrela odorata* L.) y caoba (*Swietenia macrophylla* King). En el estrato medio se encuentran tzalam (*L. latisiliquum*), chechen (*Metopium brownei* (Jacq.) Urb.), chicozapote (*M. zapota*), yaxnic (*V. gaumeri*), jabin (*Piscidia piscipula* (L.) Sarg.), katalox (*S. cubensis*), chactecoc (*Sickingia salvadorensis* (Standl.) Standl), chacteviga (*Caesalpinia platyloba* Watson), ramón (*B. alicastrum*), elemuy (*Malmea*

depressa (Baill) R.E. Fries), yuuy (*Casimiroa tetramirea* Millsp), xuul (*Lonchocarpus yucateensis* Pitier), zapotillo (*Pouteria unilocularis* (Donn. Sm.) (Engl.) Eyma), yaití (*Gymnanthes lucida* Swart), toyub (*Coccoloba acapulcensis* Standl.) y chique (*Chrysophyllum mexicanum* Brandege) (Miranda y Hernández, 1963).

La población total del ejido es de 346 personas, de las cuales 171 son hombres y 175 mujeres (INEGI, 2010b). Su población económicamente activa es de 120 personas (98 hombres, 22 mujeres) (INEGI, 2010b). El principal sector en el que se ocupan es el primario (agricultura de temporal: maíz, frijol y calabaza), seguido por el terciario (INEGI, 2010b).

El ejido inició actividades de aprovechamiento forestal en 2001, con la autorización del programa de manejo forestal maderable por un periodo de 25 años. El programa de manejo se suspendió en 2007, por la SEMARNAT debido al impacto del Huracán Dean que ocasionó daños al área forestal del ejido. Del 2007 al 2009 se realizó la extracción del arbolado dañado y en el 2012 reactivó las 16 áreas de cortas, reiniciándose con el aprovechamiento del área de corta número 10 (Carreón, 2013).

1.5 JUSTIFICACIÓN

Para evitar la disminución de las áreas arboladas de Quintana Roo, se requiere elaborar planes de manejo de las especies bajo aprovechamiento, los cuales deben basarse en estudios técnicos que permitan tomar decisiones (Flachsenberg y Galletti, 1999). El aprovechamiento de los recursos forestales maderables es una actividad

económica importante en el estado, debido a la presencia de suelos someros en la mayor parte del territorio que restringe la práctica extensiva de las actividades agropecuarias.

Cuadro I.1. Volumen de madera aprovechado en el ejido Andrés Quintana Roo en el periodo de 2001 a 2007.

Nombre local	Nombre científico	Volumen autorizado m ³ r	Volumen aprovechado m ³ r
Amapola	<i>P. ellipticum</i>	405.00	0.00
Boob	<i>C. acapulcensis</i>	250.00	74.36
Chaca rojo	<i>B. simaruba</i>	500.00	0.00
Chactecook	<i>S. salvadorensis</i>	40.00	8.00
Chacteviga	<i>C. platyloba</i>	15.00	0.00
Chechen	<i>Metopium brownei</i>	1650.00	431.77
Chicozapote	<i>M. Zapota</i>	500.00	0.00
Jabin	<i>P. piscipula</i>	300.00	102.24
Katalox	<i>S. cubensis</i>	425.00	142.00
Paasac	<i>S. glauca</i>	5.00	0.00
Ramon	<i>B. alicastrum</i>	310.00	62.00
Sacchaca	<i>D. arboreus</i>	90.00	0.00
Tastab	<i>Guettarda elliptica Sw</i>	20.00	4.00
Tzalam	<i>L. latisiliquum</i>	700.00	175.26
Yaxek		15.00	3.00
Yaxnic	<i>Vitex gaumeri</i>	775.00	207.00
TOTAL		6,000.00	1,209.63

Cabe señalar que en la entidad las principales especies de interés comercial son el cedro (*C. odorata*) y la caoba (*S. macrophylla*) (Negreros y Martínez, 2011). Sin embargo, existen otras especies de alto valor comercial: tzalam (*L. latisiliquum*), chechem (*M. brownei*), siricote (*Cordia dodecandra* A. DC.), chicozapote (*M. zapota*), jabín (*P. piscipula*), chaca (*B. simaruba*), machiche (*Lonchocarpus castilloi* Standl.), granadillo (*Platymiscium yucatanum* St.), guayacan (*Guaiacum sanctum* L.), kataloox (*S. cubensis*), entre otras, y para las cuales se requiere información en aspectos de crecimiento, estructura y repoblación.

1.6 OBJETIVOS

Analizar la estructura y diversidad arbórea de la selva mediana subperennifolia en el ejido Andrés Quintana Roo, municipio Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo.

Determinar el crecimiento en diámetro de tres especies arbóreas en el área de estudio: *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula* y *Bursera simaruba*, especies arbóreas en el área de estudio.

1.7 LITERATURA CITADA

Aguirre C., O.A. 2002. Índices para la caracterización de la estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales. *Ciencia Forestal en México*. 27(92): 5-27.

Bautista F., D. Maldonado y A. Zinck. 2012. Clasificación Maya de los Suelos. *Ciencia y desarrollo*. CONACYT. En línea. Consultado el día 3 noviembre de 2012:

<http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/revista/260/articulos/clasificacion-maya-suelos.html>

Begon, M., J. L. Harper y C. R. Townsend, 1987. Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades. Ediciones Omega S. A., Barcelona. pp. 886.

Bourgeron, P. 1983. Spatial aspects of vegetation. In: Golley, F.B. (Ed). Tropical Rain Forest Ecosystem, Structure and function. Elsevier, Amsterdam. pp. 29–48.

Carreón M., M. 2013. Modificación del programa de manejo forestal para alterar el calendario de corta aprobado por la Secretaría y se propone la suma de los saldos de volúmenes maderables de las distintas especies del área de corta número 10 al área de corta número 11, mismas que se pretenden ejercer en la anualidad 2013, del Ejido Andrés Quintana Roo, municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo. Documento Técnico. 145 p.

Castaños M., L.J. 1987. Los bosques tropicales en México y el mundo. México y sus Bosques 19(1): 20-23.

Corella J., F., J.I. Valdez H., Cetina A., V.M., González C., F.V., Trinidad S., A. y Aguirre R., J.R. 2001. Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. Ciencia Forestal en México 26(90): 73-102.

FAO, 2005. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/009/a0400s/a0400s00.htm>. Fecha de consulta: 30 noviembre de 2012.

FAO, 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe Nacional México. Departamento Forestal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma. 98 p.

FAO - Unesco. 1998. Revised legend of the FAO – UNESCO soil map of the world. International soil reference and information Centre. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 109 pp.

Flachsenberg, H. y H. Galletti. 1999. El manejo forestal de la selva en Quintana Roo, México. En: La selva maya, conservación y desarrollo. México, Siglo XXI. 475 pp.

Gadow, K. V., S. Sánchez O. y J. G. Álvarez G. 2007. Estructura y crecimiento del bosque. Universidad de Santiago de Compostela. España. 282 p.

García, M. E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana. Segunda edición. UNAM. México, D. F. 246 p.

Halle, F., R.A. Oldeman and P.B. Tomlinson. 1978. Tropical Trees and forests: an architectural analysis. Springer Verlag. N.Y. 673p.

Halfpter, G. 1992. La diversidad biológica en Iberoamérica I. CYTED-D. Programa Americano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Instituto de Ecología, A. C. México. 388 p.

Imaña E., J. y O. Encinas B. 2008. Epidometría Forestal. Universidad de Brasilia. Departamento de Ingeniería forestal. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Brasil, 70 p.

INEGI. 2005. Guía para la interpretación de cartografía: uso potencial del suelo. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. pp 55-56.

INEGI. 2010a. Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación: escala 1:250 000. Serie IV (continuo nacional). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.

INEGI. 2010b. Censo de Población y Vivienda 2010. Disponible en www.inegi.org.mx. Fecha de consulta: 21 de enero de 2013.

Kikkawa, J. 1990. Biological diversity of tropical forest ecosystems. In: IUFRO, IXX World Congress. Montreal. Vol. B. pp. 173-184.

Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos* 76(1): 5-13

Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos*. GTZ. República Federal Alemana. pp. 64 - 92.

López A., J.L., J.I. Valdez H., Terrazas T. y J.R. Valdez L. 2006. Crecimiento en diámetro de especies arbóreas en una selva mediana subcaducifolia en Colima, México. *Agrociencia* 40(1): 139-147.

Magurran, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey. Princeton. 179 p.

Melo C., O.A. y Vargas R., R. 2002. *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos*. Universidad de Tolima, CRQ, CARDER, CORPOCALDAS, CORTOLIMA. Ibagué, Colombia. 235 p.

Miranda, F. y E. Hernández, X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su descripción. *Boletín de la sociedad Botánica de México*. 28: 29-179.

Moreno C.E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T – Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España. 84 p.

Negreros. C. P. e I. Martínez S. 2011. Crecimiento y regeneración avanzada de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth en una selva de Quintana Roo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 2(5): 15-28.

Oldeman, R. A. A. 1983. Tropical rain forest, architecture, silvigenesis and diversity. In: Sutton S. I.; Whitmore, T. C. and Chadwick, A. C. (eds.). *Tropical rain forest: Ecology and Management*. Blackwell, Oxford. Pp. 139 – 150.

Organización De Las Naciones Unidas. 1992. Convenio sobre la diversidad biológica. Río de Janeiro. ONU. 32 p.

Otavo, E. 1994. Análisis estructural de la vegetación. En: Sánchez, H. y Castaño, C. *Aproximación a la definición de criterios para la zonificación y el ordenamiento forestal en Colombia*. Ministerio del Medio Ambiente. OIMT. PNUD. pp. 72-81.

Pennington T.D. y Sarukhán J. 2005. *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. Tercera edición. UNAM. México. 523 p.

Pielou, E.C. 1975. *Ecological diversity*. Wiley. New York. 165 p.

Richards, P. 1983. The Three-dimensional Structure of Tropical Rain Forest. In: Sutton, S. et al. (eds.). *Tropical Rain Forest Structure and Management*. Blackwell Scientific. Publisher. Oxford. pp 3- 10.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D. F. México. 432 pp.

Thomasius, H.; Schmidt, P. A 1996: Wald, Forstwirtschaft und Umwelt. Economica Verlag. Bonn. 435 p.

Valverde, V. T., J. A. Meave del C. J. Carabias L. y Z. Cano S. 2005. Ecología y medio ambiente. Primera edición. Pearson Educación. Naucalpan de Juárez, Estado de México. 240 p.

Vester, H. F. M. y Saldarriaga, J. G. 1993. Algunas características estructurales, arquitectónicas y florísticas de la sucesión secundaria sobre terrazas bajas en la región de Araracuara (Colombia). En: Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. Vol. 46. No. 1 y 2. Pp. 17 – 47.

Whitmore, T. C. 1975. Tropical Rain Forest of the Far East. Clarendon. New York. pp.16- 18.

CAPITULO II. ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD ARBOREA EN UNA SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA EN QUINTANA ROO

2.1 RESUMEN

En el estado de Quintana Roo, particularmente en los ejidos con manejo forestal, el tipo de vegetación predominante es la selva mediana subperennifolia, la cual se encuentra en diferentes estados sucesionales derivados de perturbaciones tales como huracanes, sequias e incendios forestales. Debido a que el conocimiento de la estructura y diversidad de estas selvas es básico para la definición de acciones de manejo forestal, se establecieron en el Ejido Andrés Quintana Roo, municipio de Felipe Carrillo Puerto, un total de seis unidades de muestreo (UM) de 20 x 50 m (1000 m²) cada una, dos por condición de desarrollo de la selva según edad de la perturbación: a) incendio hace 10 años (C10), b) uso agrícola hace 20 años (C20) y c) uso ganadero hace 30 años (C30). La estructura se caracterizó mediante la distribución diamétrica y de alturas de los individuos en cada condición, así como empleando los índices de valor de importancia (IVI) y forestal (IVF). Las especies con mayores valores fueron *Pouteria unilocularis* (IVI) y *Ficus* sp. (IVF) en C10 y C20, mientras que *Bursera simaruba* (IVI) y *Lysiloma latisiliquum* (IVF) en C30. La diversidad se evaluó aplicando diferentes índices de riqueza (Margalef: $D\alpha$) y dominancia (Simpson: S) de especies, así como de abundancia proporcional (Shannon: H) y semejanza florística (Sorensen: IS , Jaccard: C_j). Los valores de equidad (E) y S fueron mayores en C30, mientras que $D\alpha$ y H fueron superiores en C20; los coeficientes IS y C_j presentaron mayores valores entre C10 y C30.

Palabras clave: condiciones de desarrollo de la selva, índices estructurales y de diversidad, especies arbóreas.

ARBOREA STRUCTURE AND DIVERSITY IN A SEMIEVERGREEN TROPICAL FOREST IN QUINTANA ROO

2.2 ABSTRACT

In the state of Quintana Roo, mainly on those communities with forest management, semi-evergreen tropical forest is the dominant vegetation type and shows different successional stages derived from disturbances such as hurricanes, droughts and forest fires. Since knowledge about structure and diversity of these tropical forests is basic for definition of forest management actions, a total of six sampling units (SU) of 20 x 50 m (1000 m²) were established in the Ejido Andrés Quintana Roo, municipality of Felipe Carrillo Puerto, two SU by development condition of the tropical forest according to the age of disturbance: a) forest fire 10 years ago (C10), b) agricultural use 20 years ago (C20) and c) pastoral use 30 years ago (C30). Forest structure was characterized through both the distribution of trees in height and diameter size-classes by condition, as well as employing the importance value (IVI) and forest value (FVI) indices. *Pouteria unilocularis* (IVI) and *Ficus* sp. (FVI) in C10 and C20, as well as *Bursera simaruba* (IVI) and *Lysiloma latisiliquum* (FVI) in C30, were the tree species with the highest structural values. Species diversity was evaluated through different indices of richness (Margalef: $D\alpha$) and dominance (Simpson: S), as well as of proportional abundance (Shannon: H') and floristic similarity (Sorensen: IS , Jaccard: C_j). Equity values (E) and S were greater in C30, while those of $D\alpha$ and H' were higher in C20; IS and C_j showed the largest values between C10 and C30.

Key words: development conditions of the tropical forest, structural and diversity indices, tree species.

2.3 INTRODUCCION

México tiene una superficie forestal cubierta con selvas, matorrales y una gran diversidad de recursos que, bajo un manejo, representan un potencial esencial para un desarrollo forestal sustentable (FAO, 2010). La diversidad biológica en el país es consecuencia de diversos factores como geología, ubicación biogeográfica (regiones neártica-neotropical) y topografía, lo cual se refleja en la presencia de diferentes climas y ambientes (Toledo, 1988; Pennington y Sarukhán, 2005).

Uno de los aspectos importantes es la presencia de diferentes tipos de vegetación, los cuales reflejan la compleja interacción entre elementos físicos y biológicos (Miranda y Hernández, 1963). En México se reconocen 16 tipos de vegetación (Miranda y Hernández, 1963), entre los que destacan las selvas (Rzedowski y Equihua, 1987).

La selva es uno de los ecosistemas más ricos, diversos y complejos de la tierra (Escobar *et al.*, 2008). Se localizan en la región intertropical del planeta, desde el nivel del mar hasta los 1200 msnm., en zonas con elevadas temperaturas y precipitación pluvial a lo largo del año. La temperatura media fluctúa entre los 24° y 28 °C, la precipitación pluvial media anual entre 2000 y 4000 mm o más en algunas regiones (Richards, 1983; Whitmore y Sayer, 1992).

Las selvas en México se encuentran en la vertiente del Golfo de México, desde la porción sureste de San Luis Potosí y el norte de Veracruz hasta los estados de

Tabasco, Campeche y Quintana Roo, extendiéndose a las porciones norte de Oaxaca y Chiapas por la vertiente del Océano Pacífico (Challenger, 1998). Específicamente, el estado de Quintana Roo comprende un mosaico de selvas con diferentes patrones estructurales y de diversidad que han sido causados por distintos tipos y grados de perturbación, con la posibilidad de ser manejadas para dirigir estados de sucesión a diferentes etapas de desarrollo (Gómez y del Amo, 1985; Martínez y García, 2008).

La alta incidencia de huracanes, periodos de sequía prolongados y presencia de incendios, han eliminado paulatinamente un número elevado de especies (Martínez y García, 2008). Posterior a la presencia de un disturbio, el proceso de regeneración natural determina qué árboles serán reemplazados, los cuales durante la etapa de establecimiento requieren de luz para su crecimiento y desarrollo, como es el caso de la mayoría de las especies forestales de valor comercial en el estado de Quintana Roo, por lo que dependen de la existencia de apertura de claros ya sea de forma natural o inducido (Lamb, 1966; Flachsenberg y Galletti, 1999; Martínez y García, 2008).

Conocer la estructura, diversidad y repoblación de árboles tropicales es importante para seleccionar especies guía como apoyo en la selección de tratamientos silvícolas y en la presentación de estudios de manejo forestal que impacten benéficamente en zonas de aprovechamiento maderable (Granados *et al.*, 1997).

Sin embargo, hay pocos estudios en selvas de Quintana Roo y los existentes se centran en cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) y caoba (*Swietenia macrophylla* King), definiendo a esta última como especie guía para los turnos de aprovechamiento y ciclos de corta; por lo tanto, es importante efectuar trabajos de investigación hacia otras especies promisorias para la actividad forestal y distribución en todo el estado de Quintana Roo (Flachsenberg y Galletti, 1999).

Con el propósito de generar parte de la información mencionada anteriormente, se describió la estructura y diversidad arbórea de la selva mediana subperennifolia en el ejido Andrés Quintana Roo, municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo.

2.4 MATERIALES Y METODOS

Se establecieron seis unidades de muestreo (UM), dos por condición de desarrollo de la selva (edad de la perturbación): a) 10 años (C10) - se incendió en el año 2002, b) 20 años (C20) - uso agrícola hasta 1988 y c) 30 años (C30) - uso ganadero hasta 1979.

El tamaño de las UM fue de 20 x 50 m (1000 m²) (Villavicencio y Valdez, 2003), las cuales se subdividieron en diez cuadros de 10 x 10 m (100 m²) (Figura II.1), donde se colocaron en forma aleatoria dos cuadros de 4 x 4 m (16 m²) y cinco de 1 x 1 m (1 m²) (modificado de Téllez y Valdez, 2012) (Figura II.1). En los cuadros de 100 m² se midieron los fustales [individuos >2.5 cm de diámetro normal (DN)], en los de 16 m²

los latizales (individuos ≥ 1.5 m de altura y hasta 2.5 cm de DN) y en los de 1 m² los brinzales (individuos < 1.5 m de altura) (Interián *et al.*, 2009; Pineda *et al.*, 2011).

Las variables registradas en campo fueron nombre común y científico de las especies, diámetro normal (DN), altura total y diámetros de copa (mayor, menor). Con esta información se calcularon valores de densidad, área basal y cobertura de copa, así como los siguientes índices:

Índice de Valor de Importancia (IVI). Se desarrolló para jerarquizar la dominancia de especies en rodales mezclado (Curtis y McIntosh, 1951).

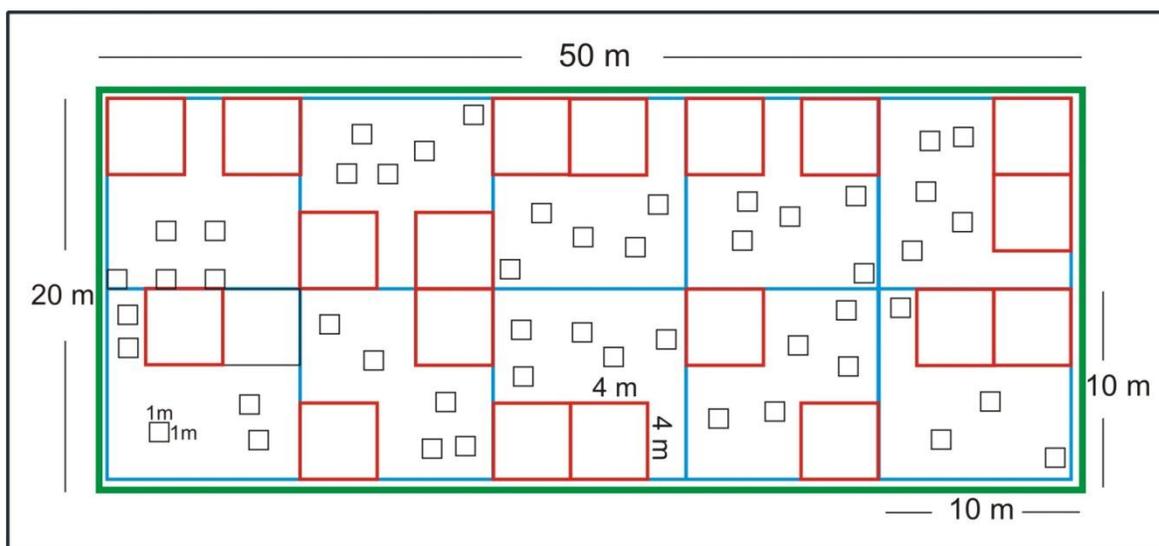


Figura II.1. Tamaño y distribución de cuadros en la unidad de muestreo.

$$(1) \quad Densidad = \frac{\text{Número de individuos}}{\text{Área muestreada}}$$

$$(2) \quad Densidad\ relativa = \frac{\text{Densidad por especie}}{\text{Densidad de todas las especies}} \times 100$$

$$(3) \quad \text{Dominancia por especie} = \frac{\text{Total del área basal}}{\text{Área muestreada}}$$

$$(4) \quad \text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia por especie}}{\text{Dominancia de todas las especies}} \times 100$$

$$(5) \quad \text{Frecuencia por especie} = \frac{\text{Unidades de muestreo en que esta presente la especie}}{\text{Número total de unidades de muestreo}}$$

$$(6) \quad \text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia por especie}}{\text{Frecuencia de todas las especies}} \times 100$$

$$(7) \quad \text{IVI} = \text{Densidad relativa} + \text{Dominancia relativa} + \text{Frecuencia relativa}$$

Índice de Valor Forestal (IVF). Se incluyó con la finalidad de evaluar tanto los estratos como planos espaciales de la vegetación arbórea: estrato inferior en plano horizontal (diámetro normal), estratos inferior y superior en plano vertical (altura total), estrato superior en plano horizontal (cobertura de copa) (Corella *et al.*, 2001):

$$(8) \quad \text{IVF} = \text{Diámetro relativo} + \text{Altura relativa} + \text{Cobertura relativa}$$

Dónde:

$$(9) \quad \text{Diámetro relativo} = \frac{\text{Diámetro absoluto de cada especie}}{\text{Diámetro absoluto de todas las especies}} \times 100$$

$$(10) \quad \text{Diámetro absoluto} = \frac{\text{Diámetro de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$(11) \quad \text{Altura relativa} = \frac{\text{Altura absoluta de cada especie}}{\text{Altura absoluta de todas las especies}} \times 100$$

$$(12) \quad \text{Altura absoluta} = \frac{\text{Altura de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$(13) \quad \text{Cobertura relativa} = \frac{\text{Cobertura absoluta de cada especie}}{\text{Cobertura absoluta de todas las especies}} \times 100$$

$$(14) \quad \text{Cobertura absoluta} = \frac{\text{Cobertura de una especie}}{\text{Area muestreada}}$$

La cobertura de copa se estimó con la fórmula para el área de una elipse:

$$(15) \quad A = \pi ab$$

Dónde:

$\pi = \text{Pi}$

a = diámetro mayor

b = diámetro menor

La estructura vertical de la vegetación se definió en tres estratos (Ugalde *et al.*, 2009): a) inferior (< 3 m), b) medio (de 3 a 9 m) y c) superior (> 9 m); mientras que la distribución diamétrica se evaluó en siete categorías: <1 cm, 1 a 10 cm, 11 a 20 cm, 21 a 30 cm, 31 a 40 cm, 41 a 50 cm y >50 cm.

La diversidad de especies arbóreas se determinó con diferentes índices:

Margalef (D_α): Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas (Magurran, 1988):

$$(16) \quad D_\alpha = \frac{S - 1}{\log N}$$

Dónde:

S = número de especies

N = número total de individuos

Shannon-Wiener (H'): Grado promedio de incertidumbre para predecir la especie a la que pertenece un individuo tomado al azar en una muestra (Magurran, 1988):

$$(17) \quad H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln(P_i)$$

Dónde:

Pi = proporción de individuos de la especie i

Simpson (S): Probabilidad de que dos individuos al azar de una muestra sean de la misma especie. Grado de dominancia en una comunidad (Lande, 1996):

$$(18) \quad S = \frac{1}{\sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}}$$

Dónde:

Ni = número de individuos en la i ésima especie

Equidad (E): Proporción de la diversidad observada respecto a la máxima diversidad esperada (Pielou, 1975):

$$(19) \quad E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Coefficiente de Sorensen (IS): Relación presencia-ausencia de especies entre dos comunidades (Magurran, 1988):

$$(20) \quad IS = \frac{2C}{A + B} \times 100$$

Dónde:

A = especies en comunidad A

B = especies en comunidad B

C = especies comunes en A y B

Coeficiente de Jaccard (C_j): Relación entre el número de especies compartidas con el de especies exclusivas (Magurran, 1988):

$$(21) \quad C_j = \frac{C}{(A + B - C)} \times 100$$

Para el procesamiento y análisis de datos, se utilizó el programa Microsoft Excel®.

2.5 RESULTADOS

Las mayores densidades se presentaron en el estrato inferior (< 3 m) para las condiciones C10 Y C20 de desarrollo de la selva y en el estrato medio (de 3 a 9 m) para la condición C30 (Figura II.2).

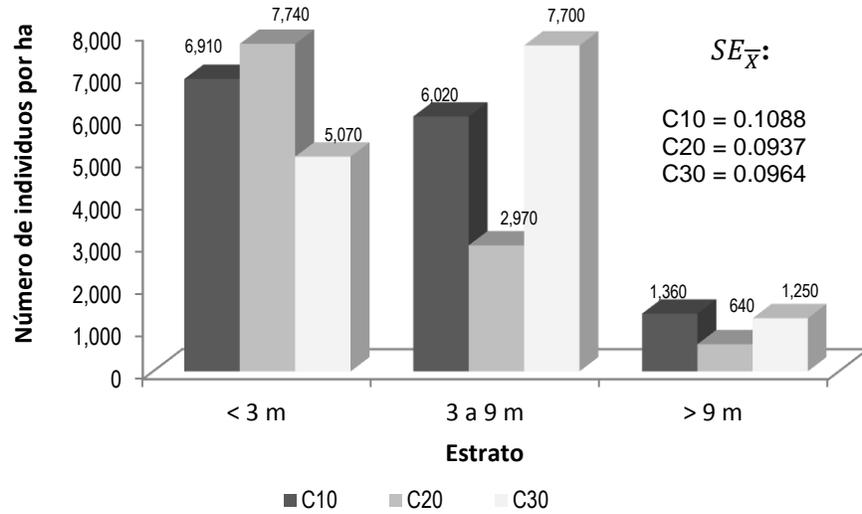


Figura II.2. Estratificación vertical del componente arbóreo en la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.

Los valores del diámetro normal se concentraron en la categoría diamétrica 1 a 10 cm para las tres condiciones de desarrollo: 60% en C10, 49% en C20 y 65% en C30 (Figura II.3).

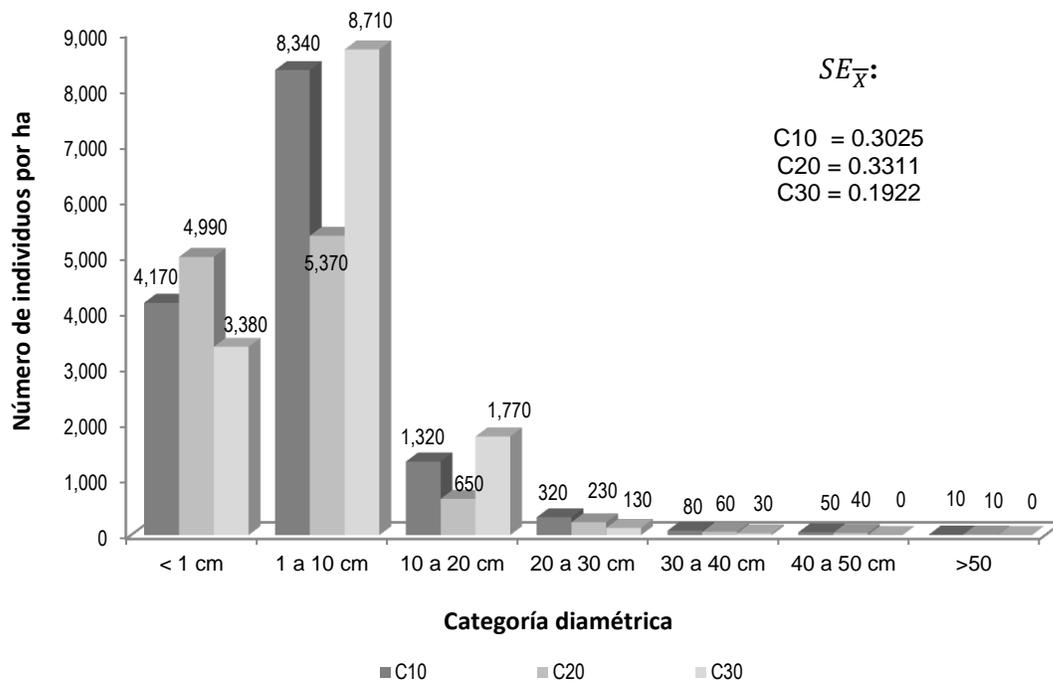


Figura II.3. Distribución diamétrica del componente arbóreo en la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.

Las especies con mayores valores de importancia (IVI) fueron *P. unilocularis*, *M. zapota* y *G. lucida* en las condiciones de desarrollo de la selva C10 y C20, mientras que *B. simaruba*, *P. piscipula* y *L. latisiliquum* lo fueron en la condición C30 (Cuadro II.1).

Cuadro II.1. Especies con mayores valores de importancia (IVI) por condición.

Especie	IVI
CONDICION 10 AÑOS (C10)	
<i>P. unilocularis</i>	26.1690
<i>G. lucida</i>	22.4109
<i>M. zapota</i>	13.4517
<i>Plumeria rubra</i> L.	11.6890
<i>B. simaruba</i>	9.6902

<i>M. brownei</i>	8.5181
<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied	8.4709
<i>Nectandra salicifolia</i> (Kunth) Nees	8.4698
<i>S. cubensis</i>	8.3459
<i>Drypetes lateriflora</i> (Swartz) Krug. et Urb	7.9509
CONDICION 20 AÑOS (C20)	
<i>P. unilocularis</i>	50.4048
<i>M. zapota</i>	22.1588
<i>B. alicastrum</i>	13.2760
<i>M. brownei</i>	12.4682
<i>P. sartorianum.</i>	12.4330
<i>Muralla paniculata</i> (L.) Jack	10.0855
<i>A. yucatanensis</i>	8.8234
<i>G. lucida</i>	6.4894
<i>Talisia</i> sp. Aubl.	4.8453
<i>D. lateriflora</i>	4.6958
CONDICION 30 AÑOS (C30)	
<i>B. simaruba</i>	29.5179
<i>P. piscipula</i>	22.6556
<i>L. latisiliquum</i>	19.3493
<i>C. spicata</i>	16.9665
<i>P. sartorianum</i>	15.0996
<i>Plumeria rubra</i> L.	14.1943
<i>V. gaumeri</i>	11.4560
<i>G. lucida</i> Sw.	10.2563
<i>N. salicifolia.</i>	8.8468
<i>Dyospyros cuneata</i> Standl	8.1642

En contraste, las especies con mayores valores forestales (IVF) fueron *Ficus* sp., *Lonchocarpus yucatanensis* Pittier y *Caesalpinia platyloba* S. Watson en las condiciones tempranas de desarrollo de la selva (C10 y C20), mientras que *L. latisiliquum*, *Ficus cotinifolia* Kunth y *Casimiroa tetrameria* Millsp. lo fueron en la condición tardía (C30) (Cuadro II.2).

Cuadro II.2. Especies con mayores valores forestales (IVF) por condición.

Especie	IVF
CONDICIÓN 10 AÑOS (C10)	
<i>C. platyloba</i>	18.45572
<i>Ficus</i> sp.	17.47588
<i>G. elliptica</i> .	13.81988
<i>Sabal japa</i> C. Wright. ex Becc.	11.01946
<i>Luehea speciosa</i> Willd.	9.69632
<i>C. dodecandra</i>	8.33436
<i>M. brownei</i>	7.78064
<i>Caesalpinia gaumeri</i> (Britton & Rose) Greenm	7.23344
<i>S. glauca</i>	7.13794
<i>S. cubensis</i>	7.00259
CONDICIÓN 20 AÑOS (C20)	
<i>Ficus</i> sp.	21.28124
<i>L. yucatanensis</i>	18.58954
<i>Sideroxylon gaumeri</i> Pitt.	13.91526
<i>L. latisiliquum</i>	13.26785
<i>Laetia thamnia</i> L.	12.40943
<i>P. rubra</i>	12.14948
<i>Cnidoscolus chayamansa</i> McVaugh.	7.93198
<i>C. acapulcensis</i>	7.00260
<i>Pouteria campechiana</i> (HBK.) Baehni	6.97548
<i>Trichilia arborea</i> C. DC.	6.62291
CONDICIÓN 30 AÑOS (C30)	
<i>L. latisiliquum</i>	13.94910
<i>F. cotinifolia</i>	12.77273
<i>C. tetrameria</i>	12.25855
<i>C. platyloba</i>	11.41555
<i>P. yucatanum</i>	7.28493
<i>C. gaumeri</i>	6.63359
<i>B. simaruba</i>	6.48959
<i>S. japa</i>	6.24196
<i>T. paucidentata</i>	6.04376
<i>V. gaumeri</i>	5.85525

La mayor densidad de brinzales se presentó en las especies *P. unilocularis* y *P. sartorianum* (Figura II.4).

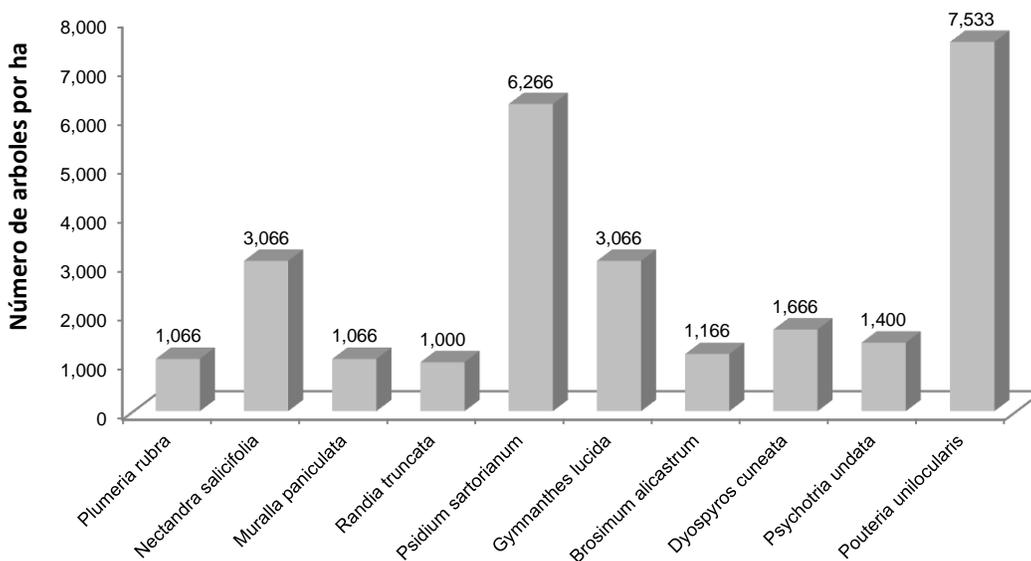


Figura II.4. Número de brinzales por hectárea en la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.

La mayor densidad de latizales se presentó en las especies *P. sartorianum* y *G. lucida* (Figura II.5).

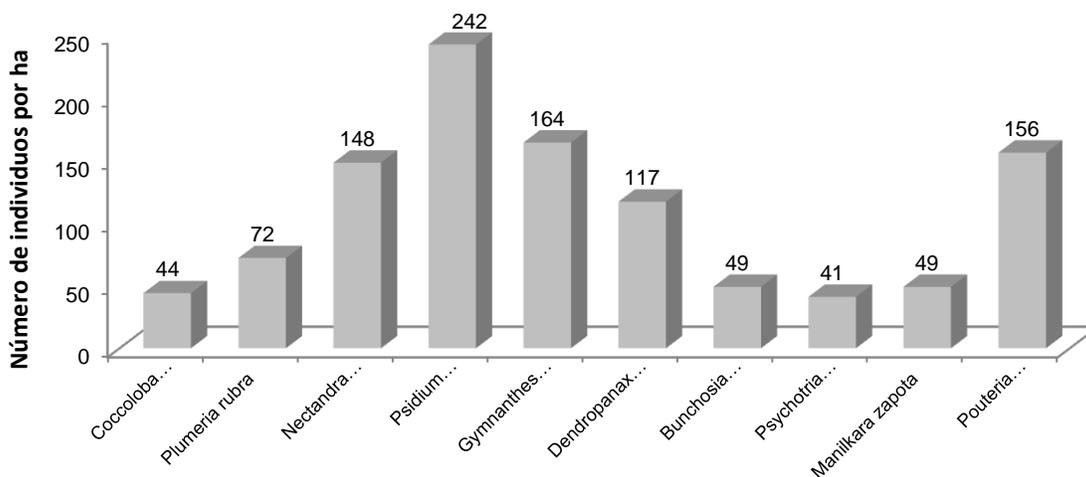


Figura II.5. Número de latizales por hectárea en la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.

La mayor densidad de fustales se presentó en las especies *Pouteria unilocularis* y *G. lucida* (Figura II.6)

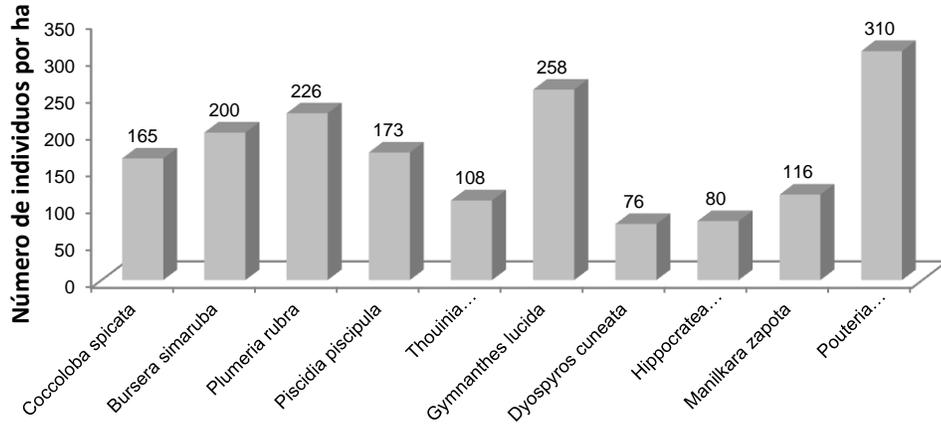


Figura II.6. Número de fustales por hectárea en la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.

Las especies *P. unilocularis* y *G. lucida* presentaron las mayores densidades en la condición C10 (Figura II.7).

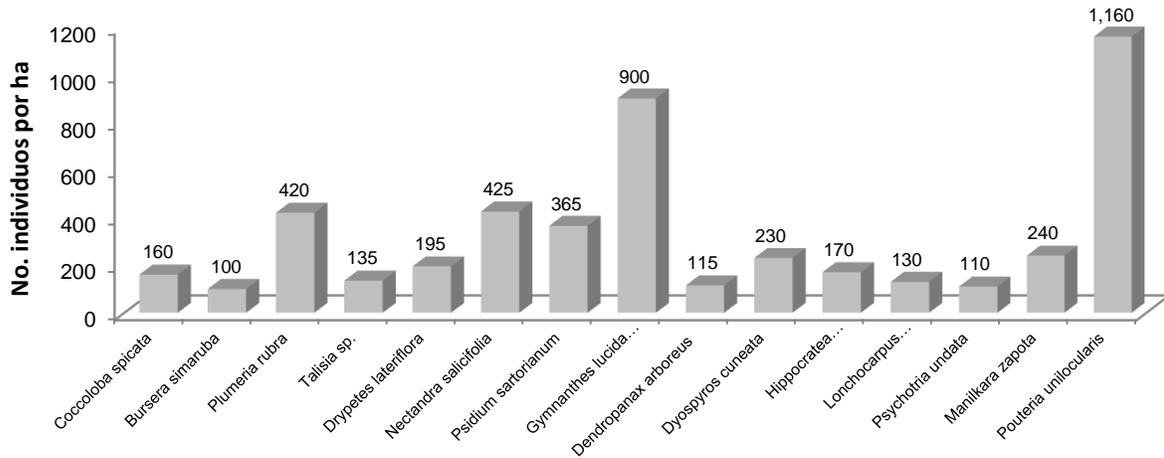


Figura II.7. Número de individuos por hectárea en la condición 10 años de la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.

Las especies *Psidium sartorianum* y *M. zapota* presentaron las mayores densidades en la condición intermedia de desarrollo de la selva (Figura II.8).

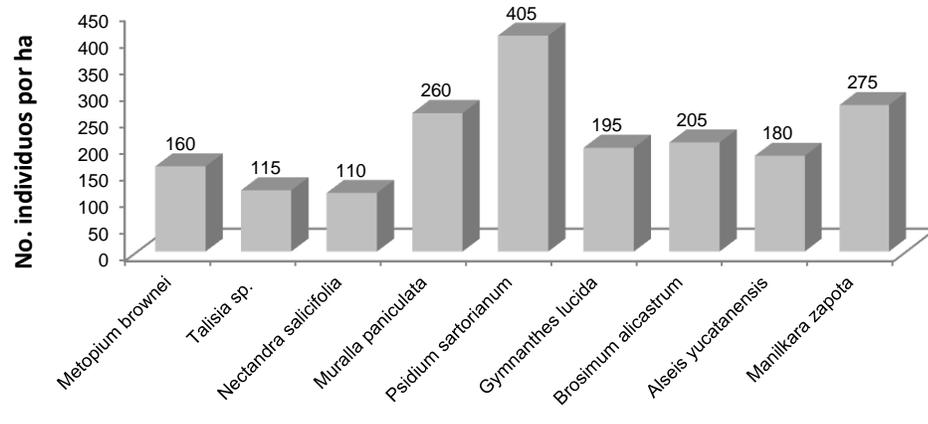


Figura II.8. Número de individuos por hectárea en la condición 20 años de la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.

Las especies *Psidium sartorianum* y *Plumeria rubra* presentaron las mayores densidades en la condición C30 de desarrollo de la selva (Figura II.9).

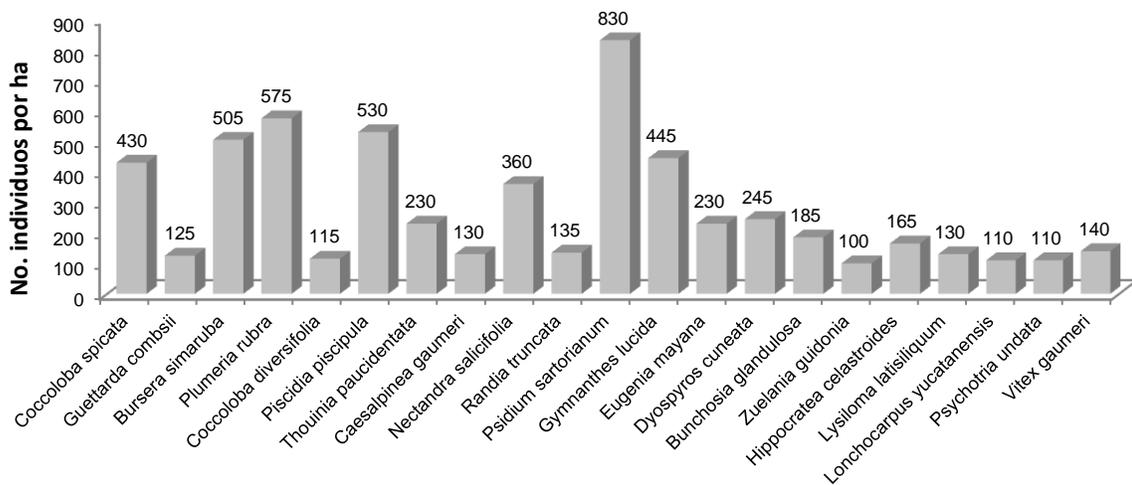


Figura II.9. Número de individuos por hectárea en la condición 30 años de la selva mediana subperennifolia del Ejido Andrés Quintana Roo.

La riqueza de especies, como lo sugiere el índice de Margalef, fue mayor en la condición desarrollo de la selva; en contraste, la dominancia de algunas especies en la comunidad, como lo indica el índice de Simpson, fue superior en la condición tardía (Figura II.10).

La diversidad de especies, según lo obtenido con el índice de Shannon-Wiener, fue mayor en la condición C20 de desarrollo de la selva, pero la equidad de especies en la comunidad fue superior en la condición C30 (Cuadro II.3).

Cuadro II.3. Valores de los índices de diversidad en tres condiciones de desarrollo de la selva mediana subperennifolia en el Ejido Andrés Quintana Roo.

Índice	C10	C20	C30
Margalef ($D\alpha$)	29.16	31.75	25.90
Simpson (S)	16.76	15.56	21.74
Shannon (H')	3.48	3.53	3.52
Equidad (E)	0.77	0.77	0.80

La semejanza florística, de acuerdo con los coeficientes de Sorensen y Jaccard, fue mayor entre las condiciones C10 y C30 de desarrollo de la selva (Cuadro II.4).

Cuadro II.4. Valores de los coeficientes de Sorensen (bajo la diagonal) y Jaccard (sobre la diagonal) entre las condiciones de desarrollo de la selva.

Condición	C10	C20	C30
C10	—	43.61	46.67
C20	60.73	—	41.41
C30	63.64	58.56	—

2.6 DISCUSION

Pouteria unilocularis, fue abundante en la condición temprana de la selva, mientras que *Psidium sartorianum* fue en las condiciones tardía e intermedia. Estas especies, se reportaron para las selvas medianas subperennifolias de Quintana Roo (Pennington y Sarukhán, 2005), sin embargo, de acuerdo con Miranda y Hernández (1963) e INEGI (2005), éstas no fueron las especies representativas de este tipo de vegetación.

En los estratos inferior de las tres condiciones de desarrollo de la selva, se concentró la mayor cantidad de individuos por hectárea, lo cual fue similar a lo obtenido por Zarco *et al.* (2010) en una selva mediana perennifolia de Tabasco, pero diferente a lo mencionado por Díaz *et al.* (2002) en una selva baja subperennifolia de Campeche.

El análisis de distribución diamétrica distinguió la mayor concentración de los individuos en las categorías diamétricas pequeñas, lo que correspondió al patrón de distribución denominado tipo I: especies con buena reproducción, establecimiento y regeneración natural continua (Bongers *et al.*, 1988). Este comportamiento fue reportado para otras selvas medianas subperennifolias en Veracruz (Godínez y

López, 2002; Basañez *et al.*, 2008), así como para selva baja subperennifolia en Campeche (Díaz *et al.*, 2002) y selvas mediana (Zarco *et al.*, 2010) y alta (Vázquez *et al.*, 2011) perennifolias en Tabasco.

Las tres especies con mayor valor de importancia (IVI) en la condición tardía C30 fueron las mismas identificadas por Zamora *et al.* (2008) en una selva mediana subcaducifolia de Yucatán: *B. simaruba*, *Piscidia piscipula* y *L. latisiliquum*.

Con excepción de *L. latisiliquum*, *B. simaruba* y *V. gaumeri* en la condición tardía de la selva, así como de *S. cubensis* en la condición temprana, los valores de importancia (IVI) y forestal (IVF) no coinciden para las diez especies principales en las tres condiciones de desarrollo de la selva, debido a que para la estimación de cada Índice, se consideran características diferentes de la vegetación (Corella *et al.*, 2001).

En relación al índice de diversidad de Shannon-Wiener, el valor encontrado en el presente estudio (3.51) fue arriba del promedio de este índice que se ha obtenido en otros estudios (3.09) en la selva mediana subperennifolia de Veracruz (Godínez y López, 2002; Villavicencio y Valdez, 2003; Basañez *et al.*, 2008 y Vázquez y Onaindia, 2008), en comparación con el promedio estimado (3.54) para otros tipos de selva en Yucatán, Tabasco y Chiapas, es menor la diferencia (Zamora *et al.*, 2008; Zarco *et al.*, 2010; Vázquez *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012).

El Índice de Equidad (E) fue mayor al obtenido por Villavicencio y Valdez (2003), en una selva mediana subperennifolia de Amatlán de los Reyes, Veracruz, sin embargo es similar al de la selva mediana subcaducifolia que Zamora *et al.* (2008), estimó en Tzucacab estado de Yucatán.

El valor del índice de Simpson (S) fue mayor al obtenido por Godínez y López (2002) en la selva mediana subperennifolia de Vega de Alatorre, Veracruz y Zarco *et al.*, (2010), en la selva mediana perennifolia de Macuspana Tabasco.

En el presente estudio, el índice de Shannon-Wiener en la condición intermedia de desarrollo de la selva (C20), mostró una mayor diversidad que en las otras condiciones, debido a que representa mayor número de individuos y de especies, debido a la dinámica de regeneración de la selva, ya que se trata de un área donde hubo un uso agrícola y de acuerdo a Martínez y García (2007), la capacidad de la recuperación de la vegetación es mayor en estas condiciones que en otras donde se han realizado actividades ganaderas (C30).

La riqueza y diversidad de especies fue mayor en la condición 20 años de desarrollo de la selva, en concordancia con lo sugerido por Connell (1978) y Ugalde *et al.* (2010) para comunidades con perturbaciones intermedias en su estructura y composición. En contraste, la menor dominancia e igualdad en abundancia de una o de un grupo de especies obtenida para la condición 30 años, coincide con etapas tardías de la sucesión en selvas (Zarco *et al.*, 2010; López *et al.*, 2012).

2.7 CONCLUSIONES

Las especies arbóreas con mayores valores estructurales fueron *P. unilocularis* (IVI: índice de valor de importancia) y *Ficus* sp. (IVF: índice de valor forestal) en las condiciones de 10 años (C10) y 20 años (C20) de desarrollo de la selva, mientras que *B. simaruba* (IVI) y *L. latisiliquum* (IVF) tuvieron los mayores valores estructurales en la condición de 30 años (C30).

La riqueza y diversidad de especies arbóreas fue mayor en C20 pero la equidad y una menor dominancia de las mismas se encontró en C30, lo que sugiere una relación hacia etapas de sucesión intermedia y tardía de la selva, respectivamente.

2.8 REFERENCIAS

Basañez A. J., J. L. Alanis, y E. Badillo. 2008. Composición florística y estructura arbórea de la selva mediana subperennifolia del ejido "El Remolino" Papantla, Veracruz. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 12(2): 3-21.

Bongers F., J. Popma., Meave del Castillo J. y J. Carabias. 1988. Structure and floristic composition of the lowland rain forest of los Tuxtlas, México. *Vegetatio* 74: 55-80.

Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro. CONABIO - Instituto de Biología, UNAM-Agrupación Sierra Madre S.C. México, D.F. 847 p.

Connell, M.L. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science Wash. 199: 1302-1310.

Corella J. F., J. I. Valdez H. y V. M. Cetina A., F. V. González C., A. Trinidad S. y J. R. Aguirre R. 2004. Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del Estado de Tabasco, México. Revista Ciencia Forestal en México 26(90):73-102.

Curtis J. T. y R. P. McIntosh. 1951. An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. Ecology. 32(3): 476-496.

Díaz G. J. R., Castillo A. O. y G. García G. 2002. Distribución espacial y estructura arbórea de la selva baja subperennifolia en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. Universidad y Ciencia. 18(35):11-28.

Escobar, E. Maass M, J. Alcocer D., E. Azpra R., L. Falcón A., A. Gallegos G., F. J. García, F. García O., V. Jaramillo., R. Lecuanda C., V. Magaña, A. Martínez Y., A. Muhlia V., R. Rodríguez S. y J. Zavala H. 2008. Diversidad de procesos funcionales en los ecosistemas, en Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México. Pp. 161-189.

Flachsenberg, H. y H. Galletti. 1999. El manejo forestal de la selva en Quintana Roo, México. En: La selva maya, conservación y desarrollo. México, Siglo XXI.

Godínez I., O. y L. López M. 2002. Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica 73(2) 283-314.

Gómez P., A. y S. Del Amo. 1985. Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Editorial Alhambra Mexicana. México, D. F. 621 p.

Granados S., D., G.F. López R. y E. Trujillo M. 1997. Selva maya de Quintana Roo. Ciencia (Revista de la Academia Mexicana de Ciencias) 48(2): 36-52.

INEGI. 2005. Guía para la interpretación de cartografía: Uso potencial del suelo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México. pp 55-56.

Interian-Ku, V.M., J.I. Valdez-Hernández, E. García-Moya, A. Romero-Manzanares, M.A. Borja-de-la-Rosa y H. Vaquera-Huerta. 2009. Arquitectura y morfometría de dos especies arbóreas en una selva baja caducifolia del sur de Yucatán, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 85: 17-29.

Lamb, F.B. 1966. Mahogany or tropical America. Its ecology and management, University of Michigan Press. 220 p.

Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76: 5-13.

López-Toledo, J.F., J.I. Valdez-Hernández, M.A. Pérez-Farrera y V.M. Cetina-Alcalá. 2012. Composición y estructura arbórea de un bosque tropical estacionalmente seco en la Reserva de la Biósfera la Sepultura, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(12): 43-56.

Martínez R. M. y García O. X. Sucesión ecológica y restauración de las selvas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 080:69-84.

Magurran, E. 1988. *Diversidad ecológica y su medición*. Vedral. Barcelona, España. 197 p.

Martínez R., M. y X. García O. 2008. Demografía de plantas y regeneración de selvas en campos degradados. En: Sánchez V., L.R., J. Galindo G. y F. Díaz F. (Eds). *Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México*. CONABIO, Universidad Veracruzana y Mundi-Prensa. México, D.F. pp 73-92.

Miranda, F. y E. Hernández, X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su descripción. *Boletín de la sociedad Botánica de México* 28: 29-179.

Pennington, T.D. y Sarukhán, J. 2005. *Arboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies*. Tercera Edición. UNAM. FCE. 523 p.

Pielou, E.C. 1975. Ecological diversity. Wiley. New York. 165 p.

Pineda Herrera, E., J.I. Valdez-Hernández, M.A. López López, I.H. Salgado Ugarte y F. Manzano Méndez. 2011. Arquitectura de dos especies arbóreas en una selva alta perennifolia de Oaxaca. pp. 23-36. *In*: A.R. Endara Agramont, A. Mora Santacruz y J.I. Valdez-Hernández (eds.). Bosques y Arboles del Trópico Mexicano: Estructura, Crecimiento y Usos. Universidad de Guadalajara. CUCBA. Zapopan, Jalisco.

Téllez-García, C.P. y J.I. Valdez-Hernández. 2012. Caracterización estructural del manglar en el estero Palo Verde, laguna de Cuyutlán, Colima. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 18(3): 395-408.

Richards, P. 1983. The Three-dimensional Structure of Tropical Rain Forest. *In*: Sutton, S. et al. (eds.). Tropical Rain Forest Structure and Management. Blackwell Scientific. Publisher. Oxford. pp 3- 10.

Toledo, V. M. 1988. La diversidad Biológica de México. *Ciencia y Desarrollo*. 81: 17-30.

Ugalde L, S., J. I. Valdez H., G. Ramírez V, J. L. Alcántara C. y J. Velázquez M. 2009. Distribución vertical de aves en un bosque templado con diferentes niveles de perturbación. *Madera y bosques*, 15 (1): 5-26.

Ugalde-Lezama, S., J.L. Alcántara-Carbajal, J.I. Valdez-Hernández, G. Ramírez-Valverde, J. Velázquez-Mendoza, L.A. Tarango-Arámbula. 2010. Riqueza, abundancia y diversidad de aves en un bosque templado con diferentes condiciones de perturbación. *Agrociencia* 44(2): 159-169.

Valdez H. J. I. 2002. Aprovechamiento forestal de manglares en el Estado de Nayarit, Costa Pacífica de México. *Madera y Bosques* Número especial: 129-145.

Vázquez N. I., O. Castillo A., J. I. Valdez H., J. Zavala C. y J. L. Martínez S. 2011. Estructura y composición florística de la selva alta perennifolia en el ejido Niños Héroes de Tenosique, Tabasco, México. *Polibotánica*. 32: 41-61.

Vázquez T. M. y M. Onaindia. 2008. Tree canopy composition in the tropical mountain rainforest of los Tuxtlas, México. *Revista de Biología Tropical*. 56(3):1571-1579.

Villavicencio E. L., y J. I. Valdez H. 2003. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia*. 37(4): 413-423.

Whitmore T.C. y A. Sayer J. 1992. Deforestation and species extinction in Tropical Forest. En *Tropical deforestation and species extinction*. IUCN. Chapman and Hall. Londres, Inglaterra. pp. 1-14.

Zamora C. P., G. García G., J. S. Flores G. y J. J. Ortiz. 2008. Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia en el sur del estado de Yucatán, México. *Polibotánica*. 26:36-66.

Zarco E. V. M., J.I. Valdez H., G. Ángeles P. y O. Castillo A. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*. 26(1):1-17.

CAPITULO III. CRECIMIENTO EN DIAMETRO DE *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula* y *Bursera simaruba* EN UNA SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA DEL CENTRO DE QUINTANA ROO

3.1 RESUMEN

Con el propósito de cubrir la falta de información relativa al crecimiento de especies arbóreas de importancia maderable en el estado de Quintana Roo, se instalaron bandas dendrométricas en el ejido Andrés Quintana Roo, municipio de Felipe Carrillo Puerto, para 25 individuos de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth, 25 de *Piscidia piscipula* (L.) Sarg y 25 de *Bursera simaruba* (L.) Sarg, en las cuales se registraron cambios bimestrales en diámetro del tronco durante 17 meses (diciembre 2009-mayo 2011). Los datos se ajustaron mejor al modelo logístico $y = \beta_0 / (1 + \beta_1 \exp^{-\beta_2 x})$; el crecimiento anual fue mayor en *L. latisiliquum* (0.39 cm) que en *B. simaruba* (0.25 cm) y *P. piscipula* (0.21 cm). No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.5$) para valores del crecimiento en diámetro entre las cuatro categorías diamétricas: I (2.5-7.4 cm), II (7.5-12.4 cm), III (12.5-17.4 cm) y IV (17.5-22.4 cm) para alguna de las tres especies estudiadas.

Palabras clave: bandas dendrométricas, especies maderables, lecturas bimestrales, modelo logístico.

GROWTH IN DIAMETER OF *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula* y *Bursera simaruba* IN A SEMIEVERGREEN TROPICAL FOREST OF QUINTANA ROO CENTER

3.2 ABSTRACT

In order to fulfil the lack of information related to tree species growth of timber importance in the state of Quintana Roo, dendrometer bands were settled in the ejido Andrés Quintana Roo, municipality of Felipe Carrillo Puerto, for 25 individuals of *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth, 25 of *Piscidia piscipula* (L.) Sarg and 25 of *Bursera simaruba* (L.) Sarg, in which bimonthly changes on trunk diameter were recorded during 17 months (december 2009-may 2011). Data fit better to the logistic model $y = \beta_0 / (1 + \beta_1 \exp^{-\beta_2 x})$; annual growth was higher in *L. latisiliquum* (0.39 cm) than in *B. simaruba* (0.25 cm) and *P. piscipula* (0.21 cm). Non significant statistical differences ($p > 0.5$) were found in values of diameter growth between the four diameter categories: I (2.5-7.4 cm), II (7.5-12.4 cm), III (12.5-17.4 cm) and IV (17.5-22.4 cm) for some of the three studied species.

Key words: dendrometer bands, timber species, bimonthly records, logistic model.

3.3 INTRODUCCIÓN

El sector forestal fue el primer motor de desarrollo en el estado de Quintana Roo (Gobierno del estado de Quintana Roo, s/f). La explotación de los recursos forestales maderables y no maderables promovió el establecimiento de asentamientos humanos y la fundación de las primeras ciudades, desde entonces y hasta la fecha, la actividad forestal continúa siendo una de las principales fuentes de ingresos y empleo de las comunidades (Gobierno del estado de Quintana Roo, s/f).

La presencia de suelos someros en la mayor parte del territorio estatal restringe la práctica extensiva de actividades agropecuarias, por lo que el manejo forestal es una actividad económica importante: la producción anual forestal maderable es de 10,250 m³ rollo de maderas tropicales y 1,900 m³ rollo de preciosas (SEMARNAT, 2008). Para evitar la perturbación y disminución de las áreas arboladas en el estado, se requiere elaborar planes de manejo de las especies bajo aprovechamiento, los cuales deben basarse en estudios técnicos que permitan tomar decisiones (Flachsenberg y Galletti, 1999).

Por décadas se realizó un aprovechamiento altamente selectivo de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en el estado, lo cual disminuyó las existencias de esta especie pero desarrolló el aprovechamiento de otras, entre las que destacan: *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth, *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. y *Bursera simaruba* (L.) Sarg (Flachsenberg y Galletti, 1999).

Desafortunadamente, el patrón de aprovechamiento selectivo se ha mantenido y la presión sobre *L. latisiliquum* se ha incrementado: principal especie comercializada en la mayoría de los ejidos forestales de la entidad (Negreros y Martínez, 2011). Mientras que *P. piscipula* muestra tasas de aprovechamiento en aumento, *B. simaruba* posee altas existencias volumétricas sin aprovechamientos elevados (PROSELVA, 2011).

La escasa información existente en el estado de Quintana Roo para establecer tasas de crecimiento de las especies ha limitado que las propuestas de manejo y aprovechamiento forestal se fundamenten en estudios técnicos (Sánchez y Rebollar, 1999). Por ejemplo, en la mayoría de los programas de manejo del estado de Quintana Roo se aplica un turno de 75 años, considerando un crecimiento anual en diámetro de ocho milímetros para *S. macrophylla* y *Cedrela odorata* L. y de cuatro milímetros para el resto de las especies (Flachsenberg y Galletti, 1999). Este último dato puede ser válido para algunas de las especies, pero no para todas las que se incluyen en los programas de manejo (Flachsenberg y Galletti, 1999).

Por lo anterior, el presente estudio se enfoca a las especies *L. latisiliquum*, *P. piscipula* y *B. simaruba* con la finalidad de generar datos de crecimiento en diámetro que permitan aplicar turnos y ciclos de corta adecuados a dichas especies, contribuyendo de ese modo a un mejor manejo forestal en esta zona de México.

3.4 ESPECIES EN ESTUDIO

L. latisiliquum (tzalam), pertenece a la familia Fabaceae (Mimosoideae), es un árbol de 15 a 20 metros de altura y caducifolio. Se distribuye en los estados de Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo y Chiapas (Pennington y Sarukhán, 2005). Su principal producto es la madera que se utiliza para leña, duela, parquet, lambrín, chapa, muebles, mangos para herramientas e implementos agrícolas, muebles y gabinetes, construcciones navales, horcones, entrepaños, durmientes, canoas, mazas y ruedas de carretas. La corteza contiene taninos y se emplea para curtir pieles (Niembro, 1986).

P. piscipula, pertenece a la familia Fabaceae (Faboideae) tiene los siguientes nombres comunes: jabín, habín, chijol. Es un árbol de 20 a 25 metros de altura, caducifolio. Se distribuye en Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit (Pennington y Sarukhán, 2005). Su principal producto es la madera que se utiliza para leña, durmientes, pértigas, pilotes, postes, carrocerías, construcciones pesadas, embarcaciones, duela, parquet y decoración de interiores. La corteza contiene un alcaloide llamado “picidina” que posee propiedades narcóticas, analgésicas, sudoríficas y antiespasmódicas y se utiliza en medicina casera en casos de insomnio, neuralgias, tosferina y dolores de muelas (Pennington y Sarukhán, 2005). Las plantas de esta especie ofrecen posibilidades en la obtención de insecticidas y anestésicos (Niembro, 1986).

B. simaruba, pertenece a la familia Burseraceae, se le conoce comúnmente como palo mulato, chacah, palo colorado, quiote, papelillo. Es un árbol de 10 a 30 metros de altura, caducifolio. Su distribución va en la vertiente del Golfo desde Tamaulipas hasta Yucatán y Quintana Roo y en la vertiente del Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas (Pennington y Sarukhán, 2005). Forma parte de los bosques tropical perennifolio, tropical subcaducifolio, tropical caducifolio y del bosque espinoso. Su principal producto es la madera que se utiliza para leña, construcción de canoas y viviendas rurales, fabricación de centros para madera terciada, mangos para herramientas e implementos agrícolas, cajas y embalajes, cabos para cerillos, abatelenguas, palillos para dientes, chapa, huacales para hortalizas y frutas, cajas para pastas, turrone, tablas, toneles, carpintería en general y pulpa para papel. La resina del tronco y de las ramas se utiliza en algunas regiones como sustituto de la cola y como cemento para pegar piezas rotas de vidrio, loza y porcelana. Esta especie tradicionalmente ha sido usada como cerca viva ya que sus estacas pegan con facilidad, en algunos lugares es muy apreciada como planta de sombra y de ornato (Niembro, 1986).

3.5 MATERIALES Y METODOS

En las dos unidades de muestreo (UM) de 20 x 50 m (1000 m²) establecidas para evaluar la estructura y diversidad de la selva en su condición 30 años (C30) (Capítulo II, págs. 25 y 26), se seleccionaron un total de 75 fustales [individuos >2.5 cm de diámetro normal (DN)]: 25 de *L. latisiliquum*, 25 de *P. piscipula* y 25 de *B. simaruba*, a los cuales se les colocaron bandas dendrométricas (sensu Cattelino *et al.*, 1986) en

las categorías diamétricas siguientes: I (2.5-7.4), II (7.5-12.4), III (12.5-17.4) y IV (17.5-22.4) (López *et al.*, 2006; Manzano *et al.*, 2010). Las lecturas del crecimiento en diámetro se realizaron en estas bandas cada dos meses de diciembre del 2009 a mayo del 2011.

La información tomada en campo, se procesó con el programa Microsoft Excel ®, para integrar la base de datos y realizar el cálculo del diámetro de los árboles correspondiente a cada lectura de las bandas dendrométricas y estimar el crecimiento en diámetro en cada bimensualidad.

Los datos obtenidos se ajustaron en el programa Curve Expert 1.4[®] a dos modelos: exponencial (propuesto por Malthus en 1798) y logístico (Verhulst en 1838) (Orlandoni, 1997):

Exponencial $y = \beta_0(1 - \exp^{-\beta_1 x})$

Logístico $y = \frac{\beta_0}{(1 + \beta_1 \exp^{-\beta_2 x})}$

Dónde:

y = crecimiento en diámetro (cm/año)

x = tiempo

\exp = base de los logaritmos naturales (2.7128)

β_0 , β_1 y β_3 = parámetros de estimación

Posteriormente, se graficó el crecimiento en diámetro para el periodo de estudio y se efectuaron análisis de varianza de un solo factor, así como la prueba de medias (Tukey) con el programa SAS Systems 9[®], para identificar posibles diferencias del crecimiento entre categorías diamétricas.

3.6 RESULTADOS

El modelo que presentó mejor ajuste en las tres especies fue el logístico (Figuras III.1 a III.3).

El comportamiento del crecimiento acumulado en diámetro, por categoría diamétrica de cada especie se presenta en las figuras III.4 a III.6, las ecuaciones presentadas en cada figura corresponde a la curva promedio ajustada al modelo logístico.

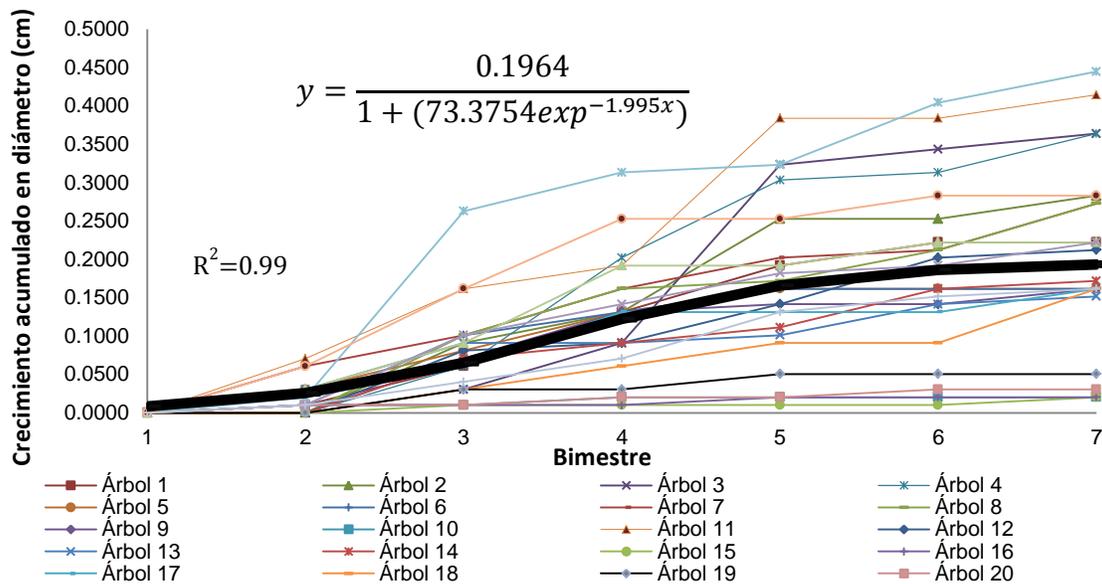


Figura III.1. Crecimiento acumulado en diámetro (cm) de *P. piscipula*.

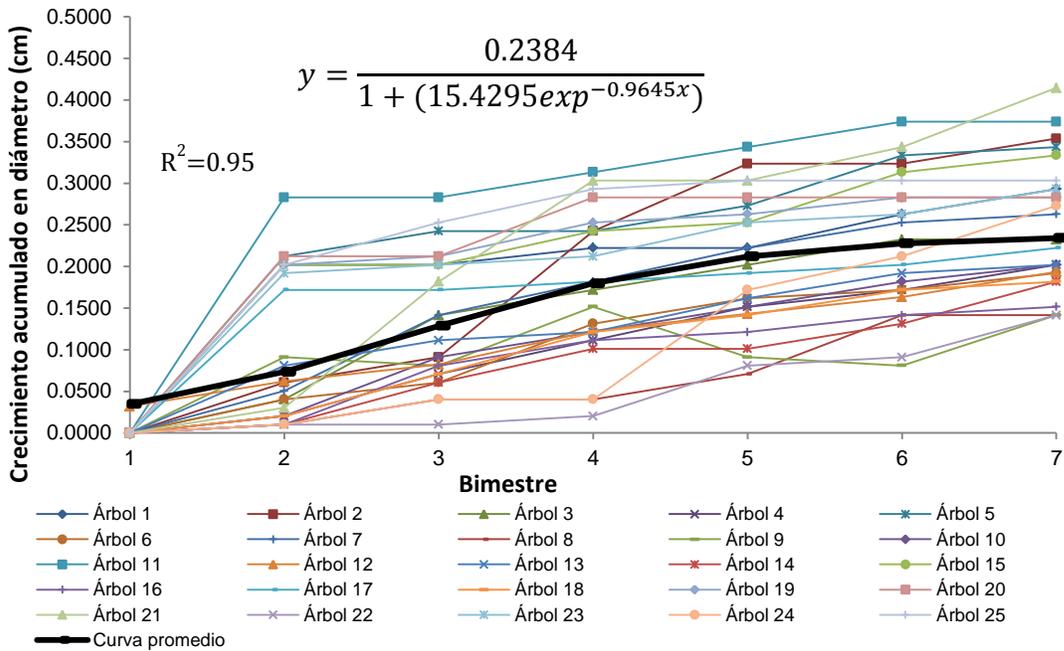


Figura III.2. Crecimiento acumulado en diámetro (cm) de *B. simaruba*.

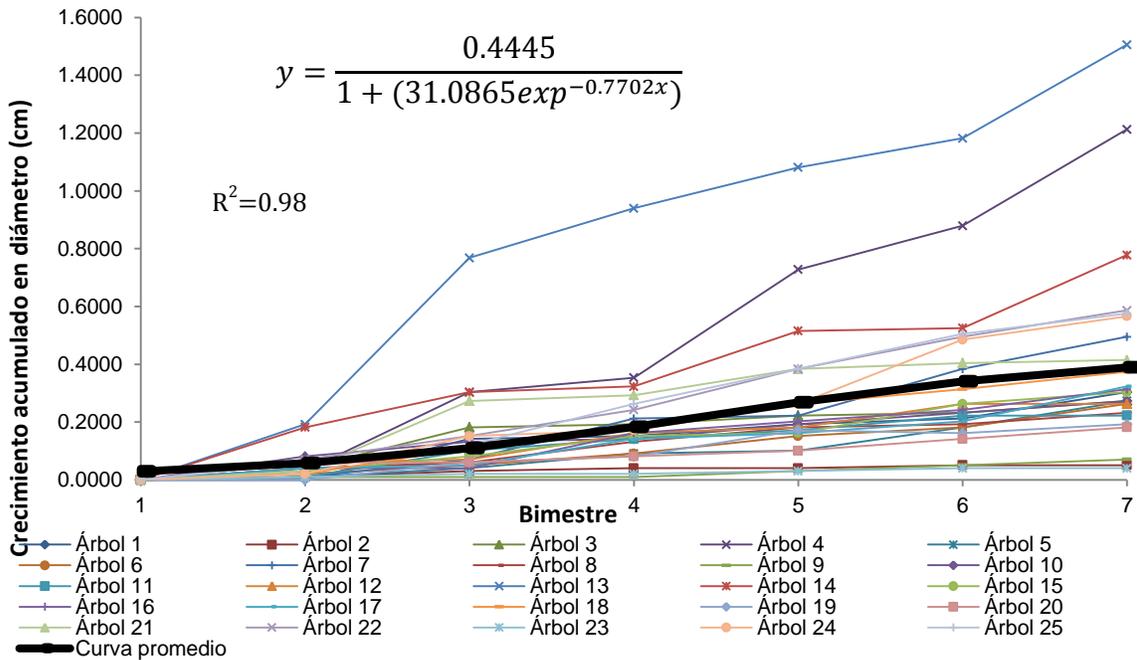


Figura III.3. Crecimiento acumulado en diámetro (cm) de *L. latisiliquum*.

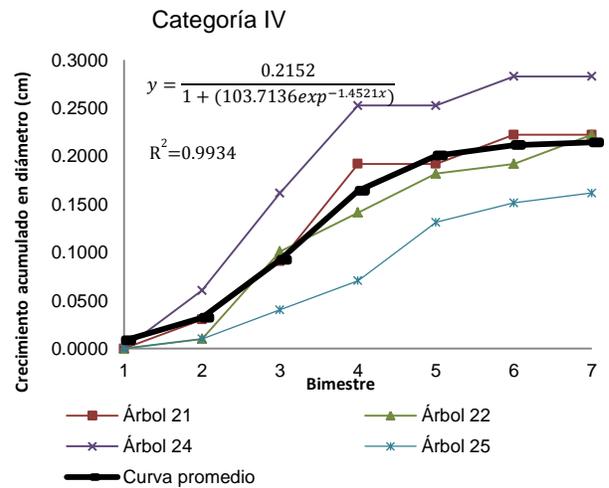
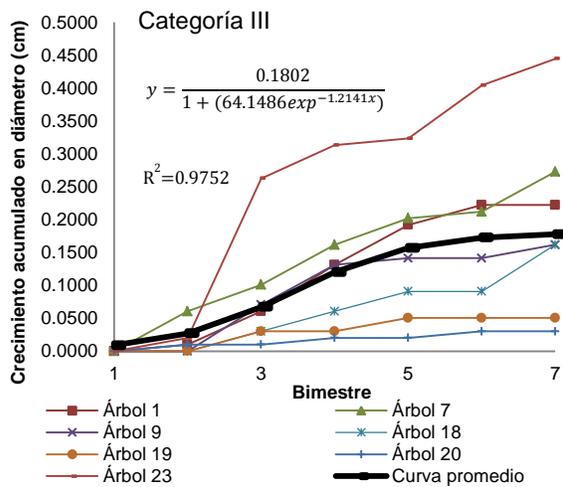
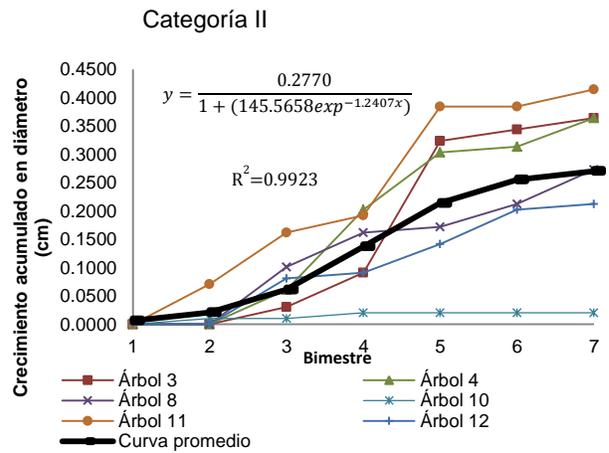
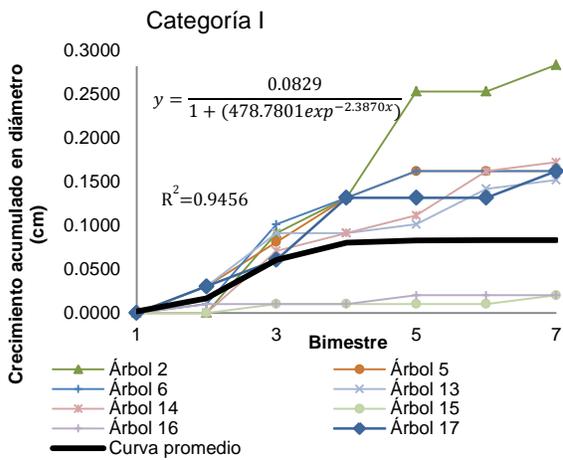


Figura III.4. Crecimiento acumulado en diámetro (cm) por categoría diamétrica de *P. piscipula*.

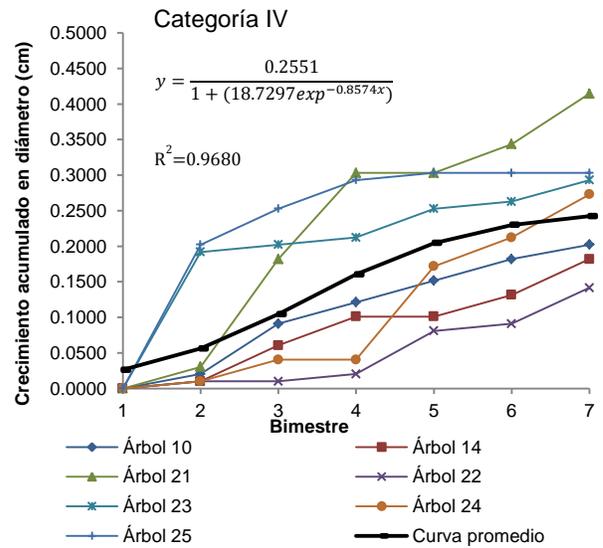
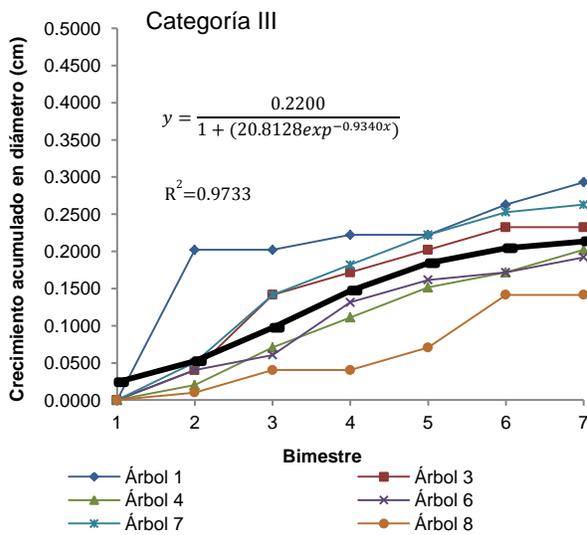
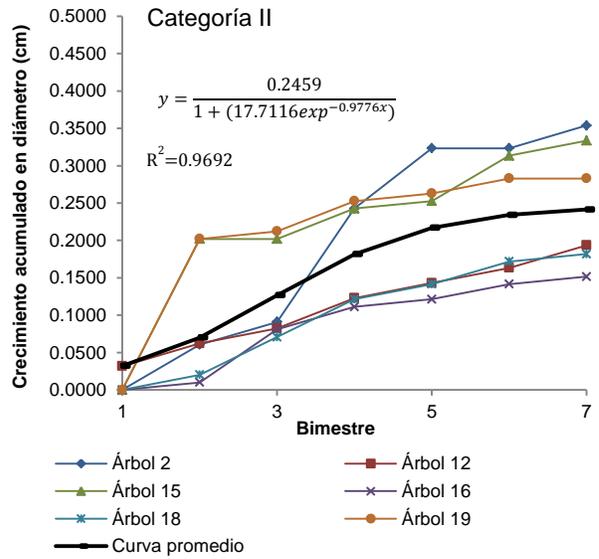
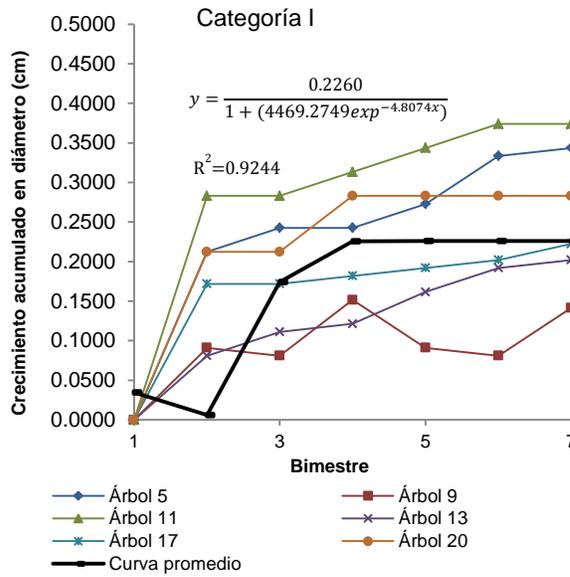


Figura III.5. Crecimiento acumulado en diámetro (cm) por categoría diamétrica de *B. simaruba*.

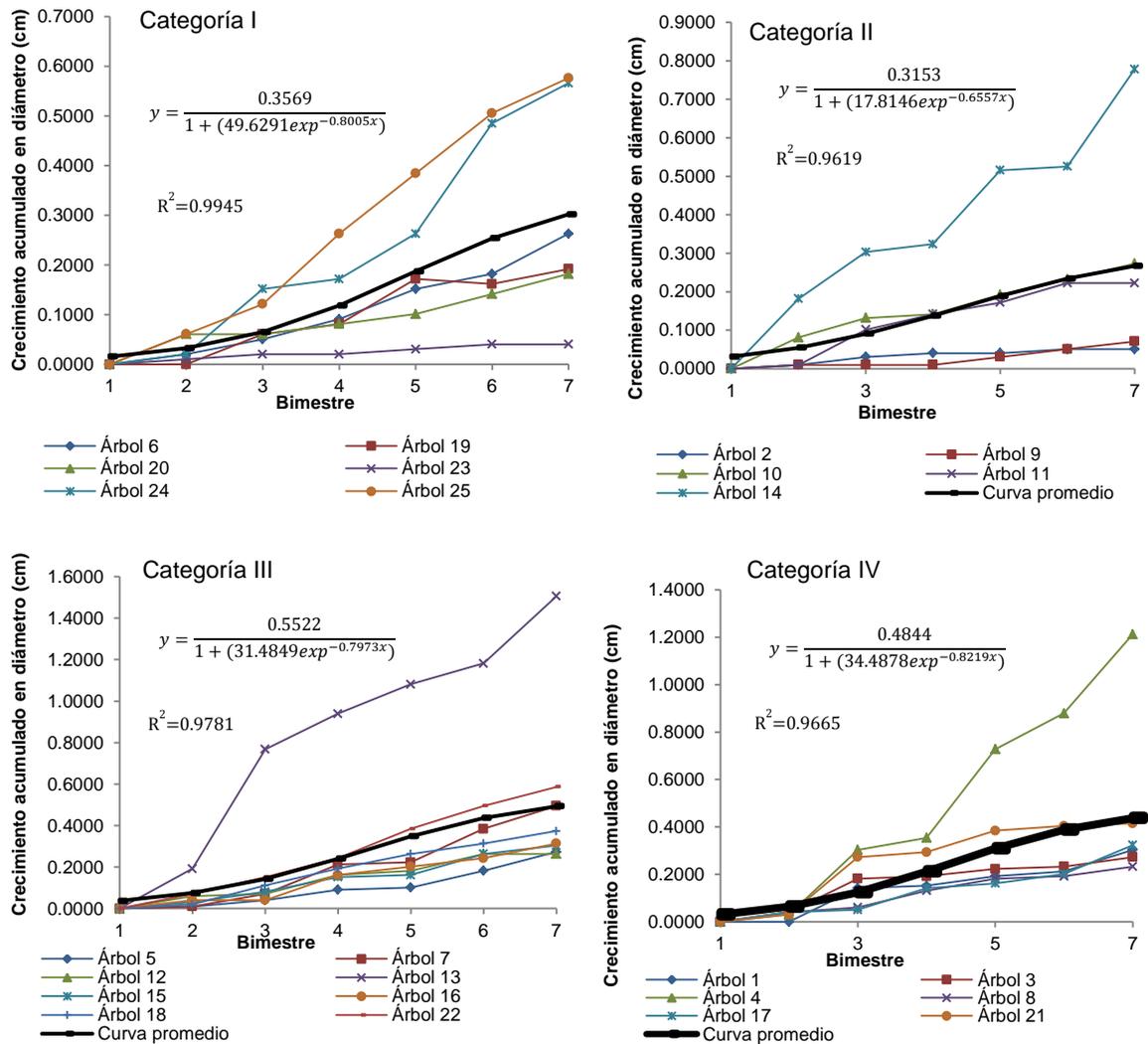


Figura III.6. Crecimiento acumulado en diámetro (cm) por categoría diamétrica de *L. latisiliquum*.

En el cuadro III.1, se presentan los datos obtenidos del análisis de varianza para los atributos dasométricos: crecimiento en diámetro, altura total y altura del fuste limpio (Interián *et al.*, 2009).

Cuadro III.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para atributos dasométricos de las especies en estudio.

Fuente de variación	gl	CREC-DAP	AT	AFL
<i>P. piscipula</i>				
Categorías diamétricas	3	0.0211	24.7654	5.5586
Error	21	0.0134	2.343	1.9031
Pr > F		0.2274	0.0002	0.0578
<i>B. simaruba</i>				
Categorías diamétricas	3	0.0021	7.2639	2.4422
Error	21	0.0067	2.2956	1.9444
Pr > F		0.8158	0.0458	0.3149
<i>L. latisiliquum</i>				
Categorías diamétricas	3	0.085	42.346	1.0106
Error	21	0.1192	1.3001	3.429
Pr > F		0.5551	<.0001	0.8288

gl= Grados de libertad; DAP = Crecimiento anual en diámetro; AT= Altura total; AFL= Altura del fuste limpio.

El crecimiento anual en diámetro fue mayor en *L. latisiliquum* (0.389 cm) que en *B. simaruba* (0.247 cm) y *P. piscipula* (0.207 cm) (Cuadros III.2 a III.4).

Cuadro III.2. Comparación de medias y crecimiento mínimo, promedio y máximo anual en diámetro de *P. piscipula*.

Categoría diamétrica	Número de árboles	Crecimiento anual en diámetro (cm/año)			Error estándar
		Mínimo	Promedio	Máximo	
I	8	0.0202	0.1415 ^a	0.2830	0.0304

II	6	0.0202	0.2746 ^a	0.4144	0.0589
III	7	0.0303	0.1920 ^a	0.4447	0.0533
IV	4	0.1617	0.2223 ^a	0.2830	0.0248

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey $P \leq 0.05$
Diferencia significativa mínima: 0.1891

Cuadro III.3. Comparación de medias y crecimiento mínimo, promedio y máximo anual en diámetro de *B. simaruba*.

Categoría diamétrica	Número de árboles	Crecimiento anual en diámetro (cm/año)			Error estándar
		Mínimo	Promedio	Máximo	
I	6	0.1415	0.2611 ^a	0.3739	0.0362
II	6	0.1516	0.2495 ^a	0.3537	0.0348
III	6	0.1415	0.2206 ^a	0.2931	0.0221
IV	7	0.1415	0.2584 ^a	0.4144	0.0347

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey $P \leq 0.05$. Diferencia mínima significativa: 0.1293

Cuadro III.4. Comparación de medias y crecimiento mínimo, promedio y máximo anual en diámetro de *L. latisiliquum*.

Categoría diamétrica	Número de árboles	Crecimiento anual en diámetro (cm/año)			Error estándar
		Mínimo	Promedio	Máximo	
I	6	0.0404	0.3032 ^a	0.5761	0.0897

II	5	0.0505	0.2789 ^a	0.7782	0.1319
III	8	0.2628	0.5142 ^a	1.5058	0.1473
IV	6	0.2324	0.4599 ^a	1.2128	0.1526

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey $P \leq 0.05$.
Diferencia mínima significativa: 0.5521

3.7 DISCUSION

El crecimiento en diámetro de *L. latisiliquum* es similar al reportado por el estudio realizado por Negreros y Martínez (2011) (0.41 cm/año) en el ejido Laguna Kaná que se encuentra a 60 km de Andrés Quintan Roo y al crecimiento que indican Wadsworth (2000), como parte de la descripción de la especie (0.4 cm/año) y López y Tamarit (2005) para Campeche (0.5). Otra de las investigaciones sobre este aspecto es el de García y Rodríguez (1993), quienes obtuvieron en promedio 1.1 cm/año en Bacalar, bajo diferentes tratamientos silvícolas aplicados a los predios forestales.

Para el caso de la especie *B. simaruba*, el crecimiento en diámetro obtenido, fue equivalente a los datos que reportaron López *et al.*, (2006) (0.25 cm/año) en el estado de Colima, Francis (1990) en Estados Unidos (0.28 cm/año) y por arriba del que indica Vester y Navarro (2007) (0.18 cm/año), como parte de la descripción general de la especie.

Con referencia a la especie *P. piscipula*, la mayoría de los estudios se refieren a sus propiedades forrajeras y pocos enfocados a evaluar el crecimiento, sin embargo Vester y Navarro (2007), indican un crecimiento en diámetro anual de 0.06 cm/año que es menor al obtenido en este estudio.

Las investigaciones referidas se han realizado en otros escenarios y tipos de vegetación diferentes a las del estado y específicamente del ejido Andrés Quintana Roo, con los resultados del presente estudio se espera contribuir a la determinación del ciclo de corta y turno, así como los diámetros mínimos de corta, para áreas que presentan las mismas condiciones que las del área de Andrés Quintana Roo.

En este sentido, de acuerdo a los datos de crecimiento *L. latisiliquum* sería la especie que más se apegaría a la definición del turno de aprovechamiento actual que se utiliza en el estado que es de 75 años, mientras que *P. piscipula*, aparenta requerir más tiempo para mantener las estructuras de diámetro requeridas para su aprovechamiento.

3.8 CONCLUSIONES

La especie que mostró mayor crecimiento en diámetro anual, fue *L. latisiliquum*, seguida de *B. simaruba* y *P. piscipula*, referente a la categoría diamétrica para cada especie con valor alto de crecimiento en diámetro, fueron III, I, II, respectivamente.

El modelo que tuvo un mejor ajuste para representar el crecimiento en diámetro anual de las tres especies bajo estudio, fue el logístico que inicialmente muestra un rápido crecimiento llegando a un punto donde se guarda un equilibrio al bajar la capacidad de crecer de los individuos.

Los datos de crecimiento de las especies se consideran al momento de proponer los programas de manejo de las selvas del estado de Quintana Roo y de acuerdo a los obtenidos *L. latisiliquum*, es la especie que más se apega al turno de aprovechamiento actual utilizado que es de 75 años, pero *B. simaruba* y *P. piscipula* aparentan requerir mayor tiempo para alcanzar el diámetro mínimo de corta que se requiere.

3.9 REFERENCIAS

Cattelino, P. J., C. A. Becher, and L. G. Fuller. 1986. Construction and installation of homemade dendrometer bands. Northern J. Appl. Forestry 3: 73-75.

Gobierno del Estado de Quintana Roo. s/f. Cluster Forestal. Fideicomiso Fomento Económico Quintana Roo 2025. 58 p.

Flachsenberg, H. y H. Galletti. 1999. El manejo forestal de la selva en Quintana Roo, México. En: La selva maya, conservación y desarrollo. México, Siglo XXI. 1999.

Francis J. K. 1990. *Bursera simaruba* (L.) Sarg. United States Department of Agriculture Research Paper. SO-ITF-SM-35: 1-5.

García, C. X. y B. Rodríguez S. 1993. Cortas intermedias en sitios de vegetación secundaria. *Revista Ciencia Forestal en México*. 18(74): 81-100.

Interian-Ku, V.M., J.I. Valdez-Hernández, E. García-Moya, A. Romero-Manzanares, M.A. Borja-de-la-Rosa y H. Vaquera-Huerta. 2009. Arquitectura y morfometría de dos especies arbóreas en una selva baja caducifolia del sur de Yucatán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 85: 17-29.

López Ayala, J L. Valdez Hernández, J. I. Terrazas, T. y Valdez Lazalde, J.R. 2006. Crecimiento en diámetro de especies arbóreas en una selva mediana subcaducifolia en Colima, México. *Agrociencia*, 40 (1), 139-147

López-Torres J.L. y Tamarit Urias J.C. 2005. Crecimiento e incremento en diámetro del *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth en bosques secundarios en Escárcega, Campeche, México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*. 11(02): 117-123

Manzano-Méndez, F., J.I. Valdez-Hernández, M.A. López-López y H. Vaquera-Huerta. 2010. Crecimiento en diámetro de *Zanthoxylum kellermanii* P. Wilson en una selva perennifolia del norte de Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 16(2): 19-33.

Negreros-Castillo, P. y Martínez-Salazar I. 2011. Crecimiento y regeneración avanzada de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. en una selva de Quintana Roo. *Revista mexicana de ciencias forestales*. 2 (5): 15-28

Niembro R, A. 1986. Árboles y arbustos útiles de México. Limusa. 206 p.

Orlandoni M. G, 1997. Modelos de crecimiento de poblaciones biológicas: Un enfoque de dinámica de sistemas. *Revista Economía*. XXII: 115-146.

Proselva Tropical de Quintana Roo S.C. 2011. Documento técnico unificado para el aprovechamiento forestal maderable en el ejido Tabi, municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo. 126 p.

Sánchez A., R. L. y S. Rebolgar D. 1999. Deforestación en la Península de Yucatán, los retos que enfrentar. *Madera y Bosques*. 5(2):3-17.

SEMARNAT. 2008. Anuario Estadístico de la Producción Forestal. Dirección del Registro y del Sistema Nacional de Gestión Forestal. México, D.F. 218 p.

Valdez-Hernández J. I. 2002. Aprovechamiento forestal de manglares en el Estado de Nayarit, Costa Pacífica de México. *Madera y Bosques* Número especial: 129-145.

Vester H. y Navarro A. 2007. Fichas ecológicas: árboles maderables de Quintana Roo. ECOSUR. Chetumal, México. 139 p.

Villavicencio-Enríquez, L. y Valdez-Hernández, J. I. 2003. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia*. 37(4): 413-423.

Wadsworth H., F. 2000. Producción forestal para América Tropical. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. Servicio Forestal. Manual de Agricultura. 719-S. Washington, D.C. USA. 563 p.

CAPITULO IV. CONCLUSIONES GENERALES

Las especies que presentaron mayores valores estructurales en la condición temprana (C10) e intermedia (C20) de desarrollo de la selva fueron *Pouteria unilocularis* (IVI: índice de valor de importancia) y *Ficus* sp. (IVF: índice de valor forestal), mientras que en la condición tardía (C30) las especies *Bursera simaruba* (IVI) y *Lysiloma latisiliquum* (IVF) tuvieron los más altos valores estructurales.

La riqueza y diversidad de especies arbóreas fue mayor en C20 pero la equidad y una menor dominancia de las mismas se encontró en C30, lo que sugiere una relación hacia etapas de sucesión intermedia y tardía de la selva, respectivamente.

Lysiloma latisiliquum, presentó mayor crecimiento en diámetro anual, seguida por *Bursera simaruba* y *Piscidia piscipula*, presentándose los valores altos en las categorías diamétricas III (12.5 a 17.4), I (2.5 a 7.4) y II (7.5 a 12.4), respectivamente. El modelo que mejor se ajustó a los datos de crecimiento fue el logístico.

De acuerdo a los obtenidos *Lysiloma latisiliquum*, es la especie que más se apega al turno de aprovechamiento actual utilizado que es de 75 años, pero *Bursera simaruba* y *Piscidia piscipula* aparentan requerir mayor tiempo para alcanzar el diámetro mínimo de corta que se requiere.