



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**“DIVERSIDAD ARBÓREA, CRECIMIENTO Y PREFERENCIA DE SITIO EN
TRES ESTADOS SUCESIONALES DE SELVA MEDIANA
SUBPERENNIFOLIA”.**

TRABAJO RECEPTACIONAL, EN LA MODALIDAD DE:

TESIS DE MAESTRÍA

PARA OBTENER EL GRADO EN:

MAESTRO EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA:

ING. JUAN JOSÉ CÁMARA MOGUEL

DIRECTOR:

DRA. LUISA DEL CARMEN CÁMARA CABRALES

CO-DIRECTOR:

DRA. PATRICIA NEGREROS CASTILLO

VILLAHERMOSA, TABASCO, MÉXICO.

MARZO, 2017



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN



FEBRERO 23 DE 2017

**C. JUAN JOSÉ CÁMARA MOGUEL
PAS. DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES
P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales titulado: **“DIVERSIDAD ARBÓREA, CRECIMIENTO Y PREFERENCIA DE SITIO EN TRES ESTADOS SUCESIONALES DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA”**, asesorado por la Dra. Luisa del Carmen Cámara Cabrales y Dra. Patricia Negreros Castillo, sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado está integrado por el Dr. José Luis Martínez Sánchez, Dr. Carl W. Mize, Dra. Luisa del Carmen Cámara Cabrales, Dr. Humberto Hernández Trejo y Dra. Silvia Cappello García.

Por lo cual puede proceder a concluir con los trámites finales para fijar la fecha de examen.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE

**M. EN C. ROSA MARTHA PADRON LOPEZ
DIRECTORA**

UJAT
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



DIRECCIÓN

C.c.p.- Expediente del Alumno.
C.c.p.- Archivo



CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **“DIVERSIDAD ARBÓREA, CRECIMIENTO Y PREFERENCIA DE SITIO EN TRES ESTADOS SUCESIONALES DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 23 de Febrero de 2017.

AUTORIZO



JUAN JOSÉ CÁMARA MOGUEL

AGRADECIMIENTOS

A mi Dios Padre, por haberme brindado la oportunidad de haber logrado una meta en mi vida y superación personal.

A mis padres Juan José y Lidia, por todo ese gran esfuerzo que hicieron para que llegara a ser la persona que soy ahora, el amor y la confianza que depositaron en mi, y por sus consejos de vida... Gracias.

A mis hermanas Karla y Gaby, que son un ejemplo de superación y lucha constante por no quedarse atrás y lograr salir adelante.

A mis abuelos maternos Jose y Mamamila, y abuelos paternos Papá Juan⁺ y Mamaruca⁺, que fueron, han sido y seguirán siendo ejemplo de vida a seguir, mucho cariño, mucho amor y deseo de que sea un hombre de provecho.

A mi novia Andy, por todo su apoyo, ese gran amor, cariño y comprensión, por las tantas veces que me ayudo y empujaba a seguir adelante y no caer.

A la Dra. Luisa Del C. Cámara Cabrales y la Dra. Patricia Negreros Castillo, por su apoyo, confianza, paciencia, por sus consejos. Y también inspiración de seguir adelante, de ser mejor cada día y encaminarme en este mundo forestal.

Al comité sinodal, Dr. José Luis Martínez Sánchez, Dr. Carl W. Mize, Dra. Luisa del C. Cámara Cabrales, Dr. Humbreto Hernández Trejo y a la Dra. Silvia Cappello García. Por formar parte en mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el gran apoyo que me dio al ser becado y poder seguir con mis estudios de maestría.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	8
1.4 OBJETIVOS	10
1.4.1 Objetivo general	10
1.4.2 Objetivo específico	10
1.5 MATERIALES Y MÉTODOS	10
1.5.1 Descripción del área de estudio	11
1.5.2 Metodología para la toma de datos	12
1.6 ANÁLISIS DE DATOS	13
1.6.1 Análisis estructural	13
1.6.2 Índice de valor de importancia (IVI)	13
1.6.3 Índice de diversidad	15
1.6.4 Índice de similitud	16
1.6.5 Crecimiento en los tres estados sucesionales	16
1.6.6 Preferencia de sitio y uso de las especies	16
1.7 LITERATURA CITADA	17

CAPITULO II

DIVERSIDAD ARBÓREA, CRECIMIENTO Y PREFERENCIA DE SITIO EN TRES ESTADOS SUCESIONALES DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
2.1 INTRODUCCIÓN	3
2.2 OBJETIVO	5
2.3 MATERIALES Y MÉTODOS	5
2.3.1 Localización y descripción del área de estudio	5

2.3.2	Diseño del muestreo	6
2.3.3	Análisis de datos	7
2.3.3.1	Análisis estructural y dasométrico	7
2.3.3.2	Índice de valor de importancia (IVI)	7
2.3.3.3	Índice de diversidad	8
2.3.3.4	Índice de similitud	9
2.3.3.5	Índice de diversidad estructural	10
2.3.3.6	Crecimiento, uso y preferencia de sitio de las especies	11
2.4	RESULTADOS	12
2.4.1	Composición florística	12
2.4.2	Estructura vertical	13
2.4.3	Estructura horizontal	14
2.4.4	Índices de diversidad y estructurales	15
2.4.5	Preferencia de suelo	19
2.4.6	Crecimiento, uso y preferencia de sitio de las especies	19
2.5	DISCUSIÓN	24
2.5.1	Composición florística	24
2.5.2	Estructura de los tres estados sucesionales	25
2.5.3	Crecimiento	29
2.5.4	Preferencia de sitio	31
2.6	CONCLUSIÓN	33
2.7	LITERATURA CITADA	35

ÍNDICE DE FIGURAS I

Figura 1. Localización del área de estudios	12
Figura 2. Línea de Gentry (1982) modificado	13

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

ÍNDICE DE FIGURAS II

Figura 1. Localización del área de estudios	6
Figura 2. Estratificación vertical del componente arbóreo por cada Estado Sucesional de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo. ES 1 (1 -3 años), ES 2 (4-7 años), ES 3 (8-12 años).	14
Figura 3. Distribución diamétrica del componente arbóreo por cada Estado Sucesional de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo. ES 1 (1-3 años), ES 2 (4-7 años), ES 3 (8-12 años).	15

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

ÍNDICES DE TABLAS II

Tabla 1. Ecuaciones usadas para calcular t modificada según método de Hutcheson.	10
Tabla 2. Índices de diversidad estructural utilizados en los tres estado sucesionales de acuerdo a Lei et al, 2009.	10
Tabla 3. Número de individuos, número de especies y forma biológica en cada estado sucesional, de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.	13
Tabla 4. Comparación entre los tres estados sucesionales de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.	14
Tabla 5. Especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) por cada estado sucesional de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.	16
Tabla 6. Riqueza, diversidad y varianza de especies por estado sucesional (ES) de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.	17
Tabla 7. Valores del Índice de Sorencen, grados de libertad y t calculada en los tres estados sucesionales de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.	18
Tabla 8. Índices estructurales de acuerdo a Lei et al, 2009, utilizados en los tres estados sucesionales de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.	18
Tabla 9. Número de plantas por tipo de suelo por cada estado sucesional de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.	19
Tabla 10. Crecimiento en altura (m/año) de las especies por tipo de suelo y estado sucesional de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.	21
Tabla 11. Crecimiento en diámetro (cm/año) de las especies por tipo de suelo y estado sucesional de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.	22
Tabla 12. Preferencia de las especies más abundantes por grupo de suelo de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná Quintana Roo.	23
Tabla 13. Comparación del crecimiento promedio en altura (m/año) por estado sucesional y por grupo de suelo.	29

ANEXO II

Figura 4. Método de gentry (1982) modificado	46
Figura 5. Curva de acumulación de especies en los tres estados sucesionales de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.	47
Figura 6. Distribución del número de especies por familia, en los tres estados sucesionales de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.	48
Tabla 14. Crecimiento promedio de DN anual (cm/año) por grupo de suelo en cada estado sucesional.	48

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

CAPITULO I

PROTOCOLO

1.1 INTRODUCCIÓN

México cuenta con un importante patrimonio forestal de alrededor de 49.6 millones de hectáreas (ha) de bosques y selvas, los cuales conforman la cuarta parte del territorio nacional, sin embargo SEMARNAT (2012) reporta 66,244,452 millones de hectáreas. Aproximadamente la mitad de estos bosques son templados (24%) y la mitad tropicales (23%). Ambos son sustentos de gran cantidad de especies vegetales y animales (Arteaga y Musálem, 2004; CONAFOR, 2009).

El problema más grave que enfrenta el sector forestal en México es la deforestación, por cambio de uso del suelo. México presenta una tasa de deforestación, según INEGI (2013) estima que entre 2005-2010, México registró una deforestación de alrededor de 155,000 hectáreas por año. Sin embargo en un estudio realizado por Roset *et al.*, (2014), explica que la deforestación en México no ha disminuido, en contraste con lo que indican las cifras oficiales más recientes. En todo caso, se ha estabilizado alrededor de 500 000 ha anuales entre 1993 y 2007. Y en su trabajo encontró para el periodo 1976-2007 una superficie anual deforestada de 534 707 ha, La deforestación ha provocado, pérdida del patrimonio forestal nacional, erosión de suelos fértiles; alteración del ciclo hidrológico; degradación de la calidad del agua, azolves de ríos, presas y lagos; aumento de la desertificación y extinción de especies animales y vegetales (Gonzales, 2004).

El Estado de Quintana Roo posee 3,567,091 millones de ha de selvas, de las cuales 1.2 ha han sido declaradas Áreas Naturales Protegidas (ANPs); 750,000 ha corresponden a selvas bajo manejo forestal y la superficie restante carece de alguna modalidad de manejo o protección (Nolasco *et al.*, 2003; Bray y Merino, 2004; Ramírez, 2004; SEMARNAT/CONANP, 2009; Chapela, 2009). Quintana Roo es también uno de los estados con la menor tasa de deforestación (Ellis y Porter -Bolland 2008).

Las selvas bajo manejo forestal constituyen una fuente de servicios ecosistémicos de madera, biodiversidad, captura de carbono, ecoturismo, productos no

maderables, etc.; en el caso de Quintana Roo se distribuyen en las tres zonas (norte, centro y sur), y constituyen un área que ha adquirido importancia en los últimos 30 años en términos de conservación y desarrollo silvícola; es ocupada por 167 ejidos y pequeñas propiedades, quienes adoptan un sistema de manejo forestal policíclico desde la década de 1980, para el aprovechamiento selectivo de especies maderables (Bray y Merino, 2004; Chan, 2005; Bray *et al.*, 2007a). El aprovechamiento se ha centralizado históricamente en la extracción de *Swietenia macrophylla* (caoba) y *Cedrela odorata* (cedro), especies que disminuyeron sus poblacionales naturales en la entidad, obligando a la reducción de los volúmenes aprovechados, de 40,000 m³ a 18,000 m³ en el periodo 1983-2004 (Snook *et al.*, 2003; CONAFOR, 2004; Arguelles y Gonzales, 2009).

El manejo forestal basado en la comunidad ha demostrado ser tan eficaz o más que las áreas protegidas para la conservación de la cubierta forestal en los bosques tropicales. A pesar de décadas de tala en los bosques del centro de Quintana Roo, las pérdidas de cubierta forestal han sido muy inferiores a los promedios nacionales y comparable a las áreas protegidas (Bray, 2004; Durán *et al.*, 2005, Bray *et al.*, 2008; Ellis y Porter-Bolland, 2008).

A pesar de los logros del manejo forestal comunitario en la conservación de la selva, el manejo forestal presenta problemas de disminución de poblaciones de especies de valor comercial (Snook y Negreros, 2004; Cámara, 2005). Esto debido al método de cosecha selectivo que crea claros pequeños que no proveen de las condiciones ecológicas para la regeneración de las especies heliófilas de valor comercial. Por lo que hay la necesidad de conocer la ecología de regeneración, reproducción, crecimiento de las especies de la selva y de las especies comerciales para lograr un manejo forestal sustentable. Entre los estudios requeridos está el conocer preferencias de micrositio y tasas de crecimiento de las especies comerciales.

La sucesión ecológica es una de las propiedades de las comunidades en la escala

geológica del tiempo (Krebs, 2000), y su término ha sido aceptado por la mayoría de los ecólogos para identificar los cambios temporales, que se presentan en la estructura de la composición taxonómica, y las funciones ecológicas después de un disturbio (Martínez y García, 2007; Gibson, 1996).

La sucesión ecológica se puede entender como asociaciones vegetales que no son intactas, cambian con el tiempo por el ciclo de vida de las especies, o por un disturbio. La sucesión ecológica de acuerdo a su origen, existen dos tipos de sucesión: la primaria y la secundaria. La primaria se da en un lugar que previamente no estaba ocupado por una comunidad, como una superficie nueva expuesta a ser colonizada. La segunda se da en sitios previamente ocupados y sigue a las perturbaciones. Para (Toledo *et al.*, 2005), la sucesión secundaria ocurre después de disturbios naturales tales como (caída natural de los árboles, huracán, incendios) o antropogénicos como: tala selectiva de árboles maderables ó la agricultura migratoria, lo que bajo la influencia de los factores bióticos y abióticos en los procesos de recuperación en la zona disturbada, da lugar a la sucesión secundaria.

Las perturbaciones igual están dadas de dos formas las primeras está dada por los factores naturales tales como una erupción volcánica, un incendio, un huracán etc. Donde se destruye un área, se abren espacios, se liberan nutrientes y empieza la población por las especies pioneras. El segundo tipo de disturbio está dado antropogénicamente (por el hombre), como cambio de uso del suelo, la tala inmoderada y clandestina, la agricultura, ganadería, asentamientos humanos etc.

En la zona Maya de Quintana Roo (como en toda la parte tropical de México) se ejerce la agricultura conocida como milpa maya o milpa Roza-Tumba-Quema (RTQ). Aún en la época actual, esta práctica tiene influencia en las características florísticas y en la estructura de su vegetación; con este sistema se genera un paisaje de "mosaico" o de "manchones" en los que unos parches están bajo uso agrícola (después pasa a ser selva) y otros como selva de diferentes edades

(luego se utilizan como milpa) (Barrera *et al.*, 1977). Estos fragmentos en sucesión son importantes para entre otras cosas estudiar el crecimiento y gremio de especies de interés.

Es de importancia los factores edáficos y topográficos como factores complementarios a la disponibilidad de luz en la regeneración de los árboles de los bosques tropicales. El crecimiento y la supervivencia se ha reconocido cada vez más ya que tanto la ocurrencia (Baillie *et al.*, 1987; Sollins 1998; Clark *et al.*, 1998, 1999; Baker *et al.*, 2003; Itoh *et al.*, 2003) y el crecimiento y / o la mortalidad (Baraloto *et al.*, 2005, 2006; Russo *et al.*, 2005, 2007; Yamada *et al.*, 2007) de algunas especies de árboles parecen estar influenciados por los suelos y topografía.

Por lo que esta propuesta de tesis estudiará en una parte donde una vez fue selva mediana subperennifolia en la comunidad Laguna Kaná, del estado de Quintana Roo, la diversidad arbórea, la composición florística, se estudiará a la selva en tres estados sucesionales ocasionados por la Roza, Tumba y Quema (RTQ), la preferencia de sitio para cuatro especies forestales, esto se hará identificando el tipo de suelo donde se encuentran y se desarrollan; y la estimación de su crecimiento en los tres diferentes estados sucesionales.

1.2 ANTECEDENTES

En un trabajo de Carreón-Santos y Valdez-Hernández, (2014), se analizó la estructura y diversidad de una selva mediana subperennifolia en el ejido Andrés Quintana Roo, Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo. Para ello, se establecieron seis unidades de muestreo de 20 x 50 m (1,000 m²), dos unidades por condición de desarrollo de la selva (edad de la perturbación): a) incendio hace 10 años (C10), b) uso agrícola hace 24 años (C20) y c) uso ganadero hace 33 años (C30).

La estructura se caracterizó mediante la distribución diamétrica y de altura de los individuos en cada condición, así como empleando los índices de valor de importancia (IVI) y forestal (IVF). *Pouteria reticulata* fue la especie con mayor IVI y *Ficus* sp. tuvo el mayor IVF, ambas en C10 y C20, mientras que *Bursera simaruba* y *Lysiloma latisiliquum* obtuvieron los mayores IVI e IVF, respectivamente, en C30. La diversidad se evaluó aplicando índices de abundancia proporcional (Shannon: H') y semejanza florística (Sorensen: IS). La diversidad de especies de brinzales, fustales y latizales fue mayor en C10, C30 y C20, respectivamente. Los fustales tuvieron, en promedio, semejanzas florísticas de 60 % entre las condiciones de desarrollo de la selva, mientras que los brinzales y latizales tuvieron menos de 50 por ciento.

Se caracterizó la composición florística y la estructura de tres robledales de los Andes colombianos, con el fin de determinar su similaridad. En cada sitio, se estableció una parcela permanente de 5 000 m² donde se muestrearon todos los árboles con $DN \geq 10$ cm. En los tres sitios, la especie dominante fue *Quercus humboldtii*, pero la similitud florística entre ellos no fue alta. La estructura por clases de tamaño para los tres sitios fue en forma de J invertida, aunque varió la abundancia de individuos por clase diamétrica. Los resultados indican que los robledales estudiados difieren en su composición florística y estructura a pesar de presentar características biofísicas similares. Las diferencias encontradas se deben posiblemente, a los diferentes factores que interactúan en cada sitio como la historia de uso, intensidad y duración de las perturbaciones antrópicas pasadas, topografía, fauna y clima local, que se ven reflejados en los parámetros estructurales de la vegetación (Marín-Corba & Betancur, 1997).

Gutiérrez; *et al*, (2012) realizaron una investigación en Mucuychacán, municipio de Campeche, México. Sus objetivos fueron determinar la composición de especies leñosas, caracterizar la estructura vertical y horizontal así como cuantificar la diversidad de las especies leñosas de la selva mediana subcaducifolia. Se empleó el índice de diversidad de Shannon-Wiener para la superficie de 0.1 ha, mediante

el método de cuadrantes y se registraron las especies leñosas ≥ 2.0 cm de DAP, siendo 4.5 de diversidad y 0.78 de equidad respectivamente. Se registraron 10 especies endémicas.

Los estudios de crecimiento de árboles maderables tienen como objetivo primordial el poder cuantificar la producción forestal. Este conocimiento mantiene una estrecha relación con la silvicultura de las especies en particular o con grupos de especies con requerimientos ecológicos similares. Los modelos de predicción por lo general proporcionan información cuantitativa, y también llevan intrínseca información de tipo ecológico y de planificación ambiental (García *et al.*, 1992).

Al realizar una evaluación del crecimiento de los distintos rodales de una plantación forestal nos permite conocer que tan propicio es el sitio y las condiciones existentes para el establecimiento de la plantación. Además, los recursos forestales a pesar de ser un recurso natural renovable tienen un ritmo de crecimiento que puede ser superado por la tasa de aprovechamiento de los mismos, si no se conoce su índice o tasa de crecimiento (White y Martín, 2002).

En un trabajo realizado en tzalam (*Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth) en la región de Escárcega, Campeche, México, por López y Tamarit, (2005) se analizó el comportamiento del crecimiento en diámetro en un periodo de 20 años de desarrollo. A partir de la variable diámetro normal, agrupada en categorías diamétricas, se estimaron los incrementos anuales medio, máximo y mínimo para cada categoría. Los resultados indican que en el escenario más ventajoso se requiere de 10.6 años para que los árboles pasen de categoría reserva a categoría aprovechable y, en promedio, es necesario de 21.5 años para alcanzar la misma condición. El incremento en diámetro fue, en promedio, de 0.511 cm y se clasifica como medio.

En otro estudio de Negreros-Castillo y Martínez (2011), en una selva de Quintana Roo, sobre el crecimiento y la regeneración del tzalam (*L. latisiliquum*), mediante

la evaluación de 74 árboles entre 2002 y 2008, en una selva sujeta a manejo comercial. Se obtuvo una tasa de crecimiento anual de 0.41 cm, está dentro de los más bajos registros en la literatura y la ausencia de individuos con DN entre 2 y 10 cm, en 176 sitios de 30 m². Del total de ejemplares muestreados 84% se localizaron en suelo negro, que representa solamente 5% de los suelos de la selva estudiada. Concluyen que el futuro comercial sustentable del tzalam está muy amenazado, por la falta de plantas con DN de 2 y 10 cm.

Sosa Jarquín (1997) evaluó el desarrollo de plantaciones de Cedro rojo y Caoba en sistemas agroforestales, mediante la obtención de variables dasométricas y sobrevivencia e identificó, al mismo tiempo, las mejores condiciones de crecimiento en diferentes tipos de suelo en un área de bosque modelo, en Calakmul, Campeche; donde menciona que el cedro mostró un mejor desarrollo en plantaciones puras y con un manejo mediano.

Ramírez *et al.* (2008) evaluó la supervivencia, el crecimiento, estado de sanidad y vigor de una plantación de cedro rojo (*Cedrela odorata L.*) en una plantación forestal como una alternativa para la reforestación de terrenos agrícolas abandonados. Los resultados señalaron que a tres años de haber establecido la plantación, se tuvo una sobrevivencia del 93 %, un crecimiento promedio en diámetro de 1.72 cm y 1.46 m en altura.

En un estudio realizado por Negreros-Castillo y Mize (2013) en Quintana Roo, se evaluó la asociación de caoba con las características del suelo usando las siguientes características: color del suelo, pedregosidad, y la posición en el relieve. La caoba en un 93% se encontró en los sitios denominados de nivel (parte baja y alta de ondulaciones y sitios planos). También hubo una preferencia por los suelos negros (76% de la caoba frente al 68% de las parcelas de sitio forestal) y una preferencia negativa para suelos rojos (17%). Se concluye que preferencias de suelo pueden mejorar las decisiones de manejo, incluyendo dónde plantar caoba y dónde aplicar tratamientos silvícolas, tales como aclareos de liberación.

En Quintana Roo un estudio de varias especies de árboles del dosel asociadas a la caoba encontró que las tasas de crecimiento de los árboles jóvenes de ciertas especies variaron con el color del suelo, la posición del relieve y / o pedregosidad del suelo a la escala muy fina de las poblaciones individuales de los árboles jóvenes y que las relaciones entre estos podrían influenciar la capacidad de las especies para alcanzar las posiciones favorables en el dosel en el bosques y su regeneración (Sorensen, 2006).

Rodríguez y Barrio (1979), en un experimento en vivero sobre las asociaciones de caoba-suelo, después de realizar el análisis de varianza y la grafica de crecimiento, se puede observar que el tratamiento más óptimo fue el de tipo Kancab, pero en base a las observaciones obtenidas en campo, la planta del suelo antes mencionado se desarrollaron en formas muy heterogénea. Sin embargo, en el tratamiento de suelo Yaaxhom se observó mucha homogeneidad en el desarrollo de la caoba.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se realizará en el Centro del Estado de Quintana Roo en el ejido forestal Laguna Kaná, donde cuentan actualmente con un permiso de aprovechamiento de 24 hectáreas para 24 años, esto es 1 hectárea por cada año, de selva media subperennifolia bajo manejo forestal comunitario y con 10,000 ha. de área forestal permanente. El ejido trabaja en una modalidad en donde la mayoría de sus tierras son selvas para la extracción de madera con un permiso de aprovechamiento forestal y una pequeña parte de usos agrícola y pecuario, donde por más de 25 a 30 años a contado con programa de manejo forestal y cuentan con permiso de aprovechamiento para las especies de maderas preciosas como la caoba (*S. macrophylla*). Otra especie importante, es el chicozapote (*M. zapota*) que tiene una gran importancia en la región, ya que, principalmente los primeros

campamentos de colonizadores de la región se formaron por el aprovechamiento del chicle en los años 50, al igual que, gracias al fruto de esta especie ciertas especies de aves y mamíferos lo tienen como fuente principal de su alimentación. Datos del Instituto Nacional de Ecología (<http://www2.inecc.gob.mx>) revela que en la selva de la Laguna Kaná, el Chicozapote (*M zapota*) es la especie más abundante, con un estimado de una caoba de tamaño comercial por hectárea. La mayoría de los bosques de esta región son un mosaico de sucesiones secundarias en varias etapas, con pocos bloques de bosques maduros, debido a trastornos naturales y humanos. Miranda y Hernández (1963) mencionan que en la selva mediana subperennifolia de Quintana Roo, el árbol más dominante es el zapote o chicozapote (*Achras zapota*), al que se asocian con frecuencia la caoba (*S. Macrophylla*), el pucté (*Bucida Buceras*), el ramón (*Brosimum alicastrum*), etc. Se desarrolla esta clase de selva generalmente sobre suelos de caliza pulverulenta ("sahcab") en regiones poco habitadas y cultivadas explotándose sobre todo productos forestales como la caoba y otros como el chicle.

En una parte de donde antes fue selva media subperennifolia del ejido Laguna Kaná del Estado de Quintana Roo se pretende trabajar en tres estados sucesionales (acahuales), estos derivados de la Roza-Tumba y Quema (RTQ), en donde se conocerá la estructura y composición florística, comparar el crecimiento de ciertas especies forestales en los diferentes acahuales y la preferencia de sitio tomando en cuenta el tipo de suelo esto para conocer si existe o no una preferencia de las especies por cierto tipo de suelo, e identificar los usos de las especies con la finalidad de conocer cuales pueden ser utilizadas con fines maderables, ornamentales, medicinales etc.

Este trabajo será importante, ya que podremos conocer cuales especies son las que están creciendo (regeneración) en los diferentes estados sucesionales, el saber imitar a la naturaleza para poder controlar el crecimiento de las especies que no tengan un valor económico para los dueños de los recursos, y así promover la regeneración de las especies maderables (preciosas y semi

preciosas) de aprovechamiento forestal, así como los productos no maderables como especies de ornato, medicinal, o algunos bejucos o lianas con valor comercial.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- ❖ Determinar la diversidad arbórea en los diferentes estados sucesionales, preferencia de sitio y el crecimiento de ciertas especies forestales en la Laguna Kaná del Centro de Quintana Roo.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Determinar la estructura, composición florística y uso de las especies en los tres estados sucesionales.
- ❖ Determinar los índices de diversidad de Shannon, de similitud, el IVI de las especies dominantes en los estados sucesionales.
- ❖ Determinar el crecimiento en altura y diámetro de especies productivas potenciales seleccionadas.
- ❖ Determinar si existe relación entre el crecimiento en altura de las especies con la preferencia al tipo de suelo y estado sucesional.

1.5 MATERIALES Y MÉTODOS

La presente propuesta se realizará en un paisaje del ejido Laguna Kaná perteneciente al municipio de Felipe Carrillo Puerto en el Estado de Quintana Roo, en tres estados sucesionales derivados de la Roza-Timba-Quema (RTQ): Estado

sucesional 1 de 1 a 3 años (ES1) Estado sucesional 2 de 4 a 7 años (ES2) y Estado sucesional 3 de 8 a 12 años (ES3).

1.5.1 Descripción del área de estudio.

En el Estado de Quintana Roo la vegetación de la región se conoce como “selva alta-mediana subperennifolia” (Pennington y Sarukhán, 1968; Miranda y Hernández, 1963). La selva Mediana Subperennifolia (Sms) está compuesta por una mezcla de alrededor de 200 especies de árboles, con una altura de hasta de 24 m, y una alta diversidad de formas de vida vegetal y animal. La SMS se caracteriza por la abundancia de dos especies arbóreas del dosel principal, *Manilkara zapota* (chicozapote) y *Bursera simaruba* (chaca rojo) (Vester y Navarro-Martínez 2005). El tipo de clima es Am, Aw (Miranda y Hernández, 1963), característica de zonas cálidas y húmedas con precipitación entre 1100 y 1300 mm anuales y una época de sequía bien marcada que puede durar hasta cinco meses (García, 1988). Los suelos se derivan de piedra caliza, sin embargo Rzedowski (2006) menciona que el tipo de roca que aflora es de rocas sedimentarias marinas del cenozoico y del mesozoico (principalmente calizas, lutitas y margas); la topografía es relativamente plana con relieve ondulado (INEGI, 1994)

El ejido Laguna Kaná perteneciente al municipio de Felipe carrillo Puerto se encuentra en la parte centro del estado (Fig. 1) el tipo de relieve que predomina son las planicies o mesetas. El clima (Köepen) es cálido subhúmedo con lluvias en verano A(w), la temperatura media anual es de 26.4 °C, la precipitación promedio anual es de 1,310.3 mm. Los meses de lluvia en la región va del mes de mayo a noviembre este mes con menos intensidad (<http://www.inegi.org.mx>)

Figura 1.

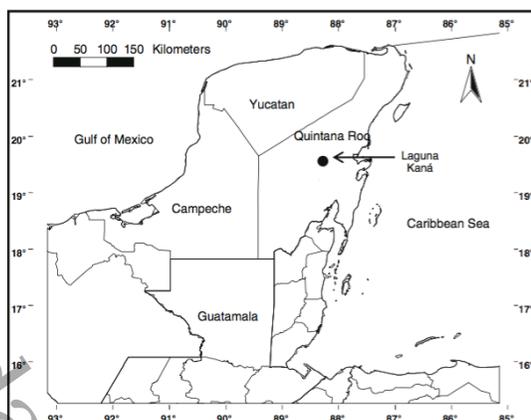


Figura. 1 Localización del área de estudio

1.5.2 Metodología para la toma de datos

Se utilizará la metodología propuesta por Gentry (1982), Este método consiste en tirar una línea recta, medir un metro de cada lado (ancho) por 50 m de largo, donde se censa, en un área de 0.1 hectárea fig. 2, todas los individuos cuyo tallo tenga un diámetro a la altura del pecho (DAP medido a 1.3 m desde la superficie del suelo) mayor o igual a 2.5 cm. (Álvarez *et al*; 2006, Marín-Corba y Betancur, 1997). En la presente propuesta las líneas serán de 100 m. de largo por 2 m. de ancho, dividida en 10 secciones de 10m cada una, en donde se censarán y colectarán muestras de todos los individuos que tenga una altura \geq a 1.30m sin importar el diámetro a la altura de pecho (DAP), incluyendo información sobre forma de vida (árbol, arbusto, palma, bejuco, etc) y tipo de suelo, pues con esta modificación se obtiene una mejor representación de los tres estados sucesionales (acahuales). El material que se colecte de todas las especies se llevara al herbario de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Unidad Chetumal, Quintana Roo para su identificación taxonómica y utilizando la bibliografía especializada.

Para determinar la edad de la parcela de vegetación secundaria, se entrevistará a los dueños para obtener el dato aproximado de la edad y los usos de las especies arbóreas.

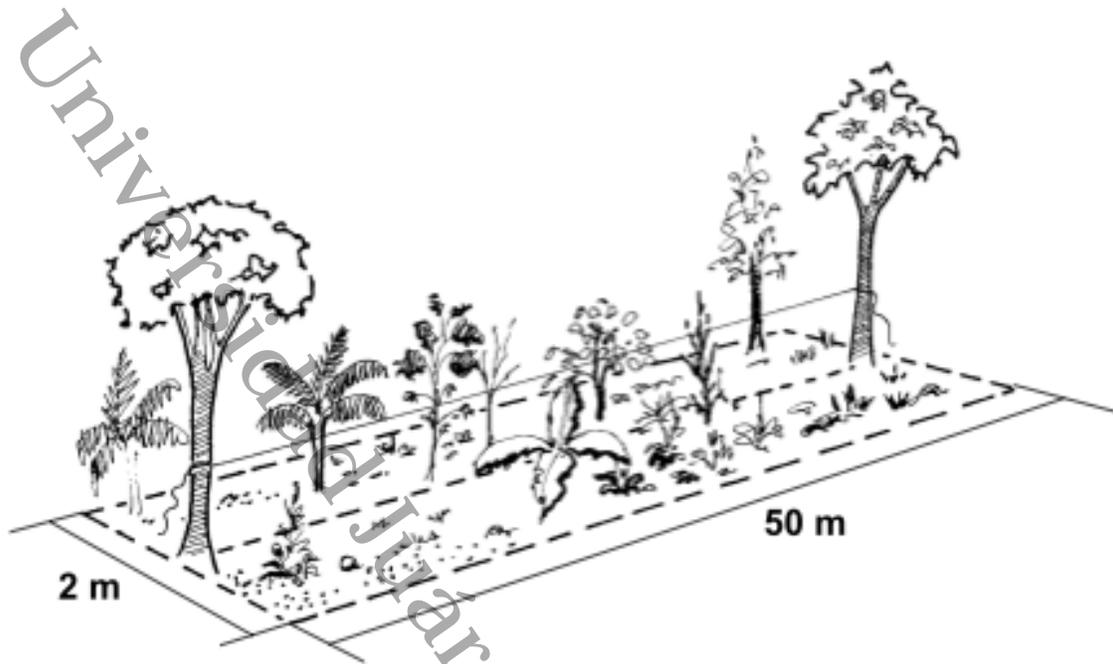


Figura 2. Imagen del método de Gentry (1982)

1.6 ANÁLISIS DE DATOS

1.6.1 Análisis Estructural

El análisis de la estructura vertical (Altura) y horizontal (DAP) se calculará por el método de distribución de clases altimétrica y diamétricas de acuerdo por Zamora (2008).

1.6.2 Índice de valor de importancia (IVI)

El Índice de Valor de Importancia (IVI). Fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) y aplicado por Pool et al. (1977), Cox (1981), Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983) y Corella et al. (2001). Se utilizará para analizar la dominancia de las especies en los tres estados sucesionales. Tomando en consideración los valores de la densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa (Krebs, 1986, Magurran, 1988, Rocha *et al.*, 2010). El IVI un índice sintético estructural,

desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados y se calculó de la siguiente manera:

IVI = Densidad relativa+ Frecuencia relativa+ Dominancia relativa (Zarco-Espinosa *et al.* , 2010)

A continuación se describe cada una de ellas:

Densidad Absoluta y relativa

La densidad absoluta es definida como el número de individuos por unidad de área y la densidad relativa como el número de individuos de una especie entre el número total de individuos por 100 (Cox, 1976).

La densidad absoluta se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{No. de individuos muestreados de una especie}}{\text{Unidad total muestreada}}$$

Donde la Densidad relativa se obtiene:

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad absoluta de cada especie}}{\text{Densidad absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Frecuencia absoluta y relativa

La frecuencia absoluta es el número de muestras en las que se encuentra una especie. La frecuencia relativa es la frecuencia de una especie referida a la frecuencia total de todas las especies.

La frecuencia absoluta se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Frecuencia absoluta} = \frac{\text{Numero de puntos en los que se aparece una especie}}{\text{Total de puntos muestreados}}$$

Donde la frecuencia relativa se obtiene:

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia absoluta por especie}}{\text{Frecuencia de todas las especies}} \times 100$$

Dominancia absoluta y relativa

La dominancia es la cobertura de todos los individuos de una especie, medidas en unidades de superficie. La dominancia (estimador de biomasa: área basal, cobertura) relativa se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área muestreada}} \times 100$$

El área basal (AB) de los árboles se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$AB = (0.7854) \cdot (DAP^2)$$

Donde:

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia absoluta por especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

1.6.3 Índice de diversidad

La diversidad de especies se analizará basándose en el Índice de Shannon-Wiener (H'), toma en cuenta aspectos de la diversidad y la uniformidad del número de individuos de cada especie (Franco *et al.*, 2001; Rocha *et al.*, 2010).

$$H' = -\sum P_i \cdot \ln P_i$$

Donde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

P_i = Proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total

\ln = Logaritmo natural

1.6.4 Índice de Similitud

Un análisis de similitud florística basado en datos de presencia/ausencia de especies, utilizando el coeficiente de similitud de Sorensen ($S\sigma$) (Rocha *et al.*, 2010), con la finalidad de saber que tan similar son tres estados sucesionales del estudio a realizar, el coeficiente de Similitud de Sorensen está dado por:

$$S\sigma = \frac{2c}{a+b}$$

Donde “a” y “b” es la riqueza de especies en los cuadrantes examinados; y “c” es el número de especies que comparten el mismo par de cuadrantes.

1.6.5 Crecimiento en los tres estados sucesionales

Una vez obtenidos todos los datos necesarios se determinará la distribución de la estructura de tamaños en diámetro y de altura de las cuatro especies y se establecerán las categorías diamétricas. En base a la revisión de literatura se realizará además una entrevista a los dueños de los recursos de dicha zona para que con su experiencia se estimen las edades de las especies que se encuentren en los tres estados sucesionales (acahuales). Con los datos anteriores se harán tablas de Incrementos Medios Anuales (IMAS), tanto para altura como para diámetro de las especies con mayor número de individuos, tratando de que se encuentren en los tres estados sucesionales.

1.6.6 Preferencia de sitio y uso de la especie

Para esta parte del trabajo se anotará también el tipo de suelo en el que se encuentre la especie que se mida, con la finalidad de solo conocer si el tipo de suelo puede influir en que ciertas especies crezcan en esa área del estudio. También el uso de las especies es importante conocer para que podamos explotar con responsabilidad ciertas especies con valor forestal, medicinal, ornamental, etc.

1.7 LITERATURA CITADA

Arguelles, A. y D. Gonzales. 2009. Uso y conservación comunal de las selvas en el sureste mexicano.

<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetas/gaceta36/g9536211.html>

Arteaga, M., B. 2004. Necesidades técnicas del sector para favorecer el establecimiento de plantaciones forestales. *In*: Baldemar Arteaga Martínez y Miguel A. Musálem Santiago (Compiladores). 2004. Plantaciones forestales: producir para conservar. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, Estado de México. pp. 270–288.

Barrera, A., A. Gómez-Pompa, y C. Vázquez-Yanes. 1977. El manejo de las selvas por los Mayas: Sus implicaciones silvícolas y agrícolas. *Biótica* 22 (2):47-61.

Bray, B. D., L. Merino P. 2004. La experiencia de las comunidades forestales en México. Instituto Nacional de Ecología/Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible AC. México DF. 268 p.

Bray, D., L. Merino P., A. Pasquier M., D. Barry. 2007a. Los bosques comunitarios de México: manejo sustentable de paisajes forestales. Instituto Nacional de Ecología. México DF. 443 p.

Cámara, Cabrales, L. C. 2005. Seed production, seed dispersal, and seedling ecology of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in Quintana Roo, Mexico. Tesis de doctorado. Universidad de Massachusetts Amherst. 257 pp.

CONAFOR. 2004. Compendio de Estadísticas Ambientales. Producción Forestal Maderable por Grupo de Especie. Especies Preciosas. <http://148.223.105.188:2222/gif/>

Chapela, F. 2009. Reporte sobre el estado de los bosques Mexicanos. Documento de discusión. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible-USAID. México DF. 52 p.

Chan R., C.V. 2005. El Manejo forestal y la caoba en los ejidos de la SPFEQR, Quintana Roo, México. Informe Especial Caoba en la Selva Maya. *Recursos naturales y Ambiente*, 44: 37-44

Cox W. G. 1976. Laboratory manual of General Ecology. WCB. San Diego stateuniversity. p 40-45.

Fredericksen, T.; Contreras, F.; Pariona, W. 2001. Guía de silvicultura para bosques tropicales de Bolivia. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia. 81 pp.

Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Manual y procedimientos para el muestreo de campo Re-muestreo 2011. 141 p. www.conafor.gob.mx consultada 9/05/2014.

Gibson, J. D. 1996. Text book Mis conceptions: The Climax Concept of Succession. *The American Biology Teacher*. 58 (3):135 – 140.

Instituto Nacional de Ecología

<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/431/cap9.html>

http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/anuario_multi/2012/qroo/702825048013.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía Aguascalientes, Ags., a 21 de marzo de 2013.

<http://es.scribd.com/doc/276068193/Estadisticas-a-Proposito-Del-Dia-Mundial-Forestal#scribd>

Krebs, C. J. (1986). *Ecología. Estudio de la distribución y abundancia* (2a ed.). España: Pirámide.

Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press. 200 pp.

Martínez-Ramos, M. y García-Orth, X. 2007. Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 80: 69 – 84.

Miranda, F. y Hernández, X. E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 28: 28 – 179.

Negreros-Castillo, P. L. Snook, C.W. Mize. 2005. Regeneración de caoba a partir de siembra directa en aperturas creadas en un bosque natural en México. *Recursos Naturales y Ambiente*, 44: 84-90.

Nolasco, M.A., M. Carreón M., C. Hernández H. E. Ibarra, L. Snook. 2005. El manejo de la Caoba en Quintana Roo México: Legislación, responsabilidades y apoyo gubernamental. *Recursos Naturales y Ambiente*, 44: 19-26.

Pérez G.G. Domínguez D. M. Martínez P.Z. Etchevers B. Jorge D. 2012. Caracterización dasométrica e Índice de Sitio en plantaciones de caoba en Tabasco, México. *Madera y Bosques* 18(1), 2012:7-24.

Ramírez, G. 2004. El corredor Biológico Mesoamericano en México. *Biodiversitas*, 7 (47): 4-7.

Ramírez, G. C. Vera, C. G. Carrillo, A. F. y Magaña, T. O. S. 2008. El cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) como alternativa de reconversión en terrenos abandonados por la agricultura comercial en el sur de Tamaulipas. *Agricultura técnica en*

México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Texcoco, México. 250 p.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 504 pp.

Rocha R. A., R. Chávez, A. Ramírez y S. Cházaro. 2010. Comunidades. Métodos de estudio. 4ta reimpression. México D.F. UNAM y la Facultad de estudios superiores Iztacala. 248 pp.

Rosete-Vergés, Fernando A.; Pérez-Damián, José Luis; Villalobos-Delgado, Mariano; Navarro-Salas, Elda N.; Salinas-Chávez, Eduardo; Remond-Noa, Ricardo. (2014). El avance de la deforestación en México 1976-2007. Madera y Bosques, . 21-35.

SEMARNAT/CONANP. 2009. Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2007-2012. Dirección de Comunicación y Cultura para la Conservación. México DF. 50 p.

SEMARNAT.-

http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/recursos/225819/recursos/2_info_resumen.swf

Snook, L. K., and P. Negreros-Castillo. 2004. "Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla* King) on clearings in Mexico's Maya forest: the effect of clearing method and cleaning on seedling survival and growth." *Forest Ecology and Management*. 189:143-160.

Snook, L.K., V.A. Santos J., M. Carreón M., C. Chan R., F.J. May E., P. Maas K., C. Hernández H., A. Nolasco M., C. Escobar R. 2003. Managing natural forests for

sustainable harvests of mahogany (*Swietenia macrophylla*): experiences in Mexico's community forests. *Unasylva*, 54 (214-215): 58-73.

Sorensen, N. 2006. Regeneration and Growth of Several Canopy Tree Species in the Maya Forest of Quintana Roo, Mexico: The Role of Competition and Microhabitat Conditions. Tesis de Doctorado. Oregon State University. Oregon, USA.

Sosa, Jarquin, L., 1997. Evaluación de plantaciones de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) y Caoba (*Swietenia macrophylla* King.) en sistemas agroforestales en el área de bosque modelo, Calakmul, Campeche. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 106 p.

Toledo M., Salick J., Loiselle B y Jorgensen P. 2005. Composición florística y usos de bosques secundarios en la provincia Guarayos, Santa Cruz, Bolivia. *Revista de Ecología Biológica*. Vol. 18:1-16.

Unesco:

<http://www.unesco.org/uy/mab/es/areas-de-trabajo/ciencias-naturales/mab/programa-mab/servicios-ecosistemicos.html>

Vester, H.F.M., M.A. Navarro M. 2007. Árboles maderables de Quintana Roo. Fichas ecológicas. ECOSUR/COQCYT/CONABIO. Chetumal Quintana Roo, México, 139 p.

Vester, H. F. M.; Navarro-Martínez, M. A. 2005. Ecológical issues in community tropical forest management in Quintana Roo, Mexico. In: Bray, D. B.; Merino-Pérez, L.; Barry, D., eds. *The community forests of Mexico: managing for sustainable landscapes*. University of Texas Press, Austin, Tx: 183-213.

Villarreal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A.M. Umaña. Segunda edición. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.

White, A.; Martin, A. 2002. Whoowns the world's forests. Forest tenure and public forests in transition. Forest trends. 30 p.

Yam-Chin, Carlos, Montañez-Escalante, Patricia, & Ruenes-Morales, Rocío. (2014). Crecimiento de plantas jóvenes de *Cordia dodecandra* (Boraginaceae) en tres etapas sucesionales de vegetación en Calotmul, Yucatán. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(2), 589-597. Recuperado en 02 de septiembre de 2015, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532014000300022&lng=es&tlng=es. 10.7550/rmb.34996.

Zamora C. P. 2008. Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia en el sur del estado de Yucatán, México. *Polibotánica*. 26: 39 – 66.

V.M Zarco-Espinosa , J.I Valdez-Hernández, G Ángeles-Pérez, O Castillo-Acosta. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo*. 26(1):1-17.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

CAPITULO II

ARTÍCULO CIENTÍFICO

DIVERSIDAD ARBÓREA, CRECIMIENTO Y PREFERENCIA DE SITIO EN TRES ESTADOS SUCESIONALES DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA

Autores:

Cámara Moguel Juan José ¹
Cámara Cabrales Luisa del Carmen ¹
Negreros-Castillo Patricia ²
Mize Carl

¹División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). sagitario_1221@hotmail.com

¹División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). lcamara27@hotmail.com (Autor de correspondencia)

²Instituto de Investigaciones Forestales (INIFOR), de la Universidad Veracruzana (UV). patri_nc@yahoo.com

RESUMEN

Se determinó la diversidad arbórea crecimiento y preferencia de sitio en tres estados sucesionales (ES) (ES1 de 1 a 3 años, ES2 de 4 a 7 años y ES3 de 8 a 12 años), en el ejido laguna Kaná, Quintana Roo. Se usó la metodología de Gentry (1982) modificada para este estudio con línea de 100 m. de largo por 2 m. de ancho, dividida en 10 secciones de 10 m cada una y se censaron todos los individuos \geq a 1.30 m de altura. Se identificaron 39 familias clasificadas de la siguiente manera: En ES1 29 y 3 no identificadas; en ES2 36 y 1 no identificada y, en ES3 36 y 2 no identificadas. En los tres ES la familia más abundante fue *Fabaceae*. Los índices de diversidad de Shannon incrementaron del estado sucesional uno al tres. Con ayuda de los índices estructurales se observó que los ES 2 y 3 fueron los mas diversos estructuralmente, al presentar en tres índices mayores resultados (ES2: 0.96, 0.95 y 1.08 para *Hd*, *Hh* y *Hsdh*, ES3: 0.91, 0.96 y

1.11, para *Hd*, *Hh* y *Hsdh* respectivamente). El incremento medio anual fue significativamente diferente para el ES 1. Las especies pioneras (*Cecropia peltata*, *Piscidia piscipula*, *Bursera simaruba*) presentaron rápido crecimiento en diámetro y altura. La preferencia de sitio estuvo dada por la proporción del número de plantas por grupo de suelo, se observa que *P. piscipula* es generalista, *Vitex gaumeri* prefiere suelo negro y *Cochlospermum vitifolium* suelo rojo.

Palabras claves: sucesión secundaria, Roza-Tumba-Quema, estructura, composición florística, índices estructurales

ABSTRACT

Tree diversity, growth and site preference were determined in three sucetional stages (ES1 (ES1 from 1 to 3 years, ES2 from 4 to 7 years and ES3 from 8 to 12 years), in the Kaná lagoon ejido, Quintana Roo. The methodology of Gentry (1982) modified for this study with 100 m line was used with 2 m wide, divided into 10 sections of 10 m each and all individuals ≥ 1.30 m tall were tallied. We identified 39 families classified as follows: In ES1 29 and 3 unidentified species; In ES2 36 and 1 unidentified and in ES3 36 and 2 unidentified. In all three ES the most abundant family was Fabaceae. Shannon's diversity indexes increased from one to three successional states. With the help of structural indexes, it was observed that ES 2 and 3 were the most structurally diverse, presenting higher results (ES2: 0.96, 0.95 and 1.08 for *Hd*, *Hh* and *Hsdh*, ES3: 0.91, 0.96 and 1.11 for *Hd*, *Hh* and *Hsdh* respectively). The mean annual increment was significantly different for ES 1. Pioneer species (*Cecropia peltata*, *Piscidia piscipula*, *Bursera simaruba*) showed rapid growth in diameter and height. Site preference was given by the proportion of the number of plants per soil group, it is observed that *P. piscipula* is generalist, *Vitex gaumeri* prefers black soil and *Cochlospermum vitifolium* red soil.

Key Words: Secondary succession, Roza-Tumba-Quema, structure. Floristic composition, Structural indices

2.1 INTRODUCCIÓN

En el estado de Quintana Roo, la selva mediana subperennifolia (SMS) a menudo presenta perturbaciones naturales y antropogénicas (Turner *et al.*, 2001, Negreros-Castillo *et al.*, 2003). Estas perturbaciones dan inicio al proceso biológico conocido como sucesión.

Sucesión es un término ecológico que se usa para describir cambios en el tiempo, en composición de especies y fisonomía que ocurren en la vegetación en un sitio. Y tiene lugar cuando se presenta un disturbio (Connell y Slatyer, 1977; Pickett *et al.*, 1987; Mccook, 1994). Gómez-Pompa y Vázquez-Yanez (1974) mencionan que la sucesión está considerada como un proceso ecológico donde la estructura y composición de una comunidad de plantas cambian a través del tiempo. En la sinecología, la sucesión se refiere al remplazo de la biota de un área por una de naturaleza diferente (Spurr y Barnes. 1982).

En Quintana Roo la perturbación más común desde hace más de 3mil años, es la Roza-Tumba-Quema (RTQ), sistema agrícola para la producción de maíz y otros cultivos alimenticios y que en su conjunto se conoce como "milpa". Por la baja fertilidad de los suelos es necesario llevar a cabo la quema de la vegetación que libera los nutrientes y permite a los productores producir alimentos durante tres años como máximo. Al término de este periodo, el sitio (entre un promedio de 1-2 hectáreas) es abandonado e inicia el proceso de la sucesión secundaria. Con el paso de los años el sitio tiene la apariencia de la selva original. Para el manejo forestal la RTQ juega también un papel importante, ya que por ser una perturbación de menor escala y mayor frecuencia, crea aberturas de dosel que permite la entrada de luz y espacio vacante para las especies de valor para los

dueños de la tierra (Negreros-Castillo *et al.*, 2003). Por lo cual puede ser un sistema silvícola que puede ser utilizado para la regeneración de especies forestales maderables importantes para Quintana Roo (Negreros-Castillo *et al.*, 2014), aunque de hecho ha funcionado como tal.

Todas las perturbaciones, dependiendo del tipo, extensión e intensidad tienen un efecto en el proceso de la sucesión secundaria. En la zona Maya de Quintana Roo, la RTQ tiene influencia en las características florísticas y en la estructura de su vegetación. Con este sistema de producción se genera un paisaje de mosaico o de manchones en los que unos parches están bajo uso agrícola y otros como selva de diferentes edades, esto se debe a la rotación de las tierras por periodos cortos de cultivo (uno a tres años) alternados con periodos generalmente más prolongados de recuperación (hasta de más de 20 años) (Barrera *et al.*, 1977, Granados *et al.*, 1999). De esta forma se pueden llegar a formar fragmentos con apariencia de estructura similar a las selvas originales y el tiempo de recuperación depende de la intensidad de la perturbación (Saldarriaga y UHL, 1991). Además en partes de la península de Yucatán la milpa maya involucra los aprovechamientos forestales, como materiales de construcción rural, leña, madera para la elaboración de artesanías, carpintería, forrajes, productos medicinales y frutos silvestres (www.cicy.mx).

La sucesión secundaria ocurre después que un terreno cultivado se abandona, aparecen numerosas especies herbáceas anuales en un principio, especies perennes posteriormente, en el caso que dicho terreno se encuentre en una zona forestal, las plantas perennes herbáceas son sustituidas por plantas leñosas que llegan al fin a ser las dominantes (Clements, 1916; Granados y López, 2000). Con las perturbaciones se abren espacios, se liberan nutrientes y empieza a poblarse con especies pioneras. Es importante conocer o entender que es la sucesión aplicada a bosques y selvas para llevar a cabo programas de conservación y aprovechamiento, obteniendo un mejor uso de los recursos y entender como el proceso de sucesión aporta información para lograr una silvicultura que permita

imitar a la naturaleza y logre el remplazo con especies de importancia para la región (Finegan, 1996).

En este sentido, este estudio esta enfocado a generar conocimiento en el proceso de etapas sucesionales de periodos cortos en relación con la estructura, diversidad arbórea, con el crecimiento de las especies arbóreas, el uso y la preferencia de sitio de ciertas especies, con la finalidad de conocer cuales especies crecen mejor en relación al tipo de suelo.

2.2 OBJETIVO

Estudiar la estructura, composición florística y diversidad arbórea, uso y crecimiento de las especies arbóreas en tres estados sucesionales de Selva Mediana Subperennifolia derivados de la Roza-Tumba-Quema (RTQ).

2.3 MATERIALES Y MÉTODOS

2.3.1 Localización y descripción del área de estudio

El estudio se realizó en los bosques del ejido Laguna Kaná perteneciente al municipio de Felipe Carrillo Puerto en el Estado de Quintana Roo, México. En el Estado de Quintana Roo la vegetación se conoce como “selva alta-mediana subperennifolia” (Pennington y Sarukhán, 2005; Miranda y Hernández, 1963). La selva Mediana Subperennifolia (SMS) ocupa el 70% de la vegetación forestal, está compuesta por una mezcla de alrededor de 200 especies de árboles, con una altura de hasta de 24 m, y una alta diversidad de formas de vida vegetal y animal. La SMS se caracteriza por la abundancia de dos especies arbóreas del dosel principal, *Manilkara zapota* (chicozapote) y *Bursera simaruba* (chaca rojo) (Vester y Navarro-Martínez 2005). El tipo de clima es Am, Aw (Miranda y Hernández, 1963), característica de zonas cálidas y húmedas, con precipitación entre 1100 y

1300 mm anuales y una época de sequía bien marcada que puede durar hasta cinco meses de enero a mayo (García, 1988). Los suelos se derivan de piedra caliza, Rzedowski (2006) menciona que el tipo de roca que aflora es de rocas sedimentarias marinas del cenozoico y del mesozoico (principalmente calizas, lutitas y margas); la topografía es relativamente plana con relieve ondulado (INEGI, 1994).

El ejido Laguna Kaná perteneciente al municipio de Felipe Carrillo Puerto se encuentra en la parte centro del estado (Fig. 1) el tipo de relieve que predomina son las planicies o mesetas. El clima (Köepen) es cálido subhúmedo con lluvias en verano A(w), la temperatura media anual es de 26.4 °C, la precipitación promedio anual es de 1,310.3 mm. Los meses de lluvia en la región va del mes de mayo a noviembre este mes con menos intensidad (<http://www.inegi.org.mx>).

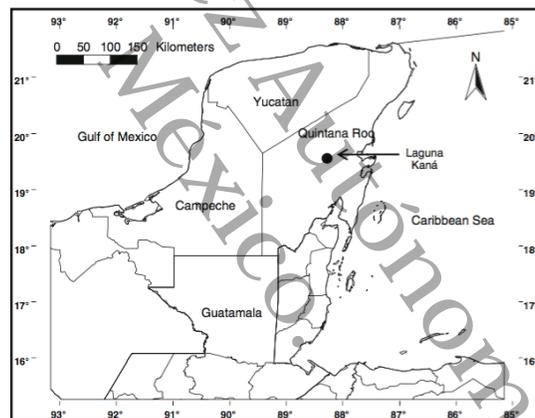


Figura. 1 Localización del área de estudio.

2.3.2 Diseño de muestreo

El estudio se llevó a cabo en tres estados sucesionales derivados de la agricultura de Roza, Tumba y Quema (RTQ): Estado sucesional 1, de 1 a 3 años (ES1), estado sucesional 2, de 4 a 7 años (ES2) y estado sucesional 3, de 8 a 12 años (ES3). Para determinar las edades de las unidades de muestreo (UM) de vegetación secundaria, se entrevistó a los dueños de los predios para obtener datos aproximados de las edades de los estados sucesionales y los usos de las especies. Las parcelas tenían una superficie entre 1-2 hectáreas.

Para evaluar la composición y tamaño de la vegetación se utilizó la metodología modificada propuesta por Gentry (1982). En este estudio la línea utilizada fue de 100 m. de largo por 2 m. de ancho, dividida en 10 secciones de 10 m cada una (área total de 0.02 ha), en total fueron 27 UM, 9 UM para cada estado sucesional. Con la ayuda de un GPS se georreferenciaron los dos puntos de cada UM. En las secciones se censaron todos los individuos con una altura de 1.30 m con la ayuda de un estadal extensible y un flexómetro (individuos ≤ 8 m) y un clinómetro (árboles ≥ 8 m), para el diámetro natural (DN) se midieron todos los individuos con la ayuda de un vernier y cinta diamétrica, se anotó la forma de vida (árbol, arbusto, palma, bejuco, etc.) y tipo de suelo (en base a nombre local y color), en donde se censaba cada especie se registraba el tipo de suelo en cual se encontraba. Con la modificación se incrementa el tamaño de la parcela y se espera obtener una mejor representación de las especies presentes en los tres estados sucesionales (acahuales). Se colectaron ejemplares botánicos y se llevaron al herbario de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Unidad Chetumal, Quintana Roo para su identificación taxonómica de las especies y utilizando la bibliografía especializada.

2.3.3 Análisis de datos

2.3.3.1 Análisis estructural y dasométrica

Las variables registradas para determinar la estructura y composición fueron nombre común y científico de las especies, análisis estructural vertical y horizontal; estos últimos se calcularon por el método de distribución de clases de altura y diamétricas de acuerdo por Zamora (2008), en los cuales se hicieron histogramas de frecuencias para cada clase de altura y cada clase diamétrica en los tres estado sucesional.

2.3.3.2 Índice de valor de importancia (IVI)

El IVI, fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) y aplicado por Pool *et al.* (1977), Cox (1981), Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983) y Corella *et al.* (2001). Este analiza la dominancia de las especies en los tres estados sucesionales. Tomando

en consideración los valores de la densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa (Krebs, 1986, Magurran, 1988, Rocha *et al.*, 2010). El IVI un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados, se calculó de la siguiente manera (Zarco-Espinoza, *et al.* 2010):

$$IVI = Dr + Fr + Domr$$

Donde:

Dr = Densidad relativa

Fr = Frecuencia relativa

Domr = Dominancia relativa (empleando área basal)

2.3.3.3 Índice de diversidad

La diversidad de especies se analizó basándose en el Índice de Shannon-Wiener (1949), toma en cuenta aspectos de la diversidad y la uniformidad del número de individuos de cada especie (Franco *et al.*, 2001; Rocha *et al.*, 2010). El índice de Shannon-Wiener se basa tanto en riqueza y uniformidad (Lei *et al.*, 2009). Este índice aumenta con el número de especies presente en el rodal y toma mayores valores cuando las proporciones de las distintas especies son iguales (del Río *et al.*, 2003).

$$H' = -\sum Pi * LnPi$$

Donde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

Pi = Proporción del número de individuos de la especie *i* con respecto al total

ln = Logaritmo natural

Los datos obtenidos mediante el índice de Shannon fueron analizados estadísticamente para determinar la existencia de diferencias significativas entre la

diversidad de los tres estados sucesionales estudiados. Se aplicó el método de *Hutcheson* para calcular el valor de “*t*” modificado (Magurran, 2004). Con la finalidad de conocer si los tres estados sucesionales son diferentes en la diversidad de especies (hipótesis alternativa, *H_a*) o la hipótesis nula (*H_o*) si los tres estados sucesionales son iguales.

Tabla 1. Ecuaciones usadas para calcular *t* modificada según método de *Hutcheson*.

Índice	Fórmula	Variabes
Varianza	$\text{Var } H' = \frac{\sum p_i (\ln p_i)^2 - (\sum p_i \ln p_i)^2}{N} - \frac{S - 1}{2N^2}$	<i>p_i</i> = Proporción de individuos de la especie <i>i</i> <i>S</i> = Número de especies <i>N</i> = Número total de individuos
Grados de libertad	$gl = \frac{(\text{Var } H'_1 + \text{Var } H'_2)^2}{(\text{Var } H'_1)^2/N_1 + (\text{Var } H'_2)^2/N_2}$	<i>VarH'₁</i> = Varianza de la comunidad 1 <i>VarH'₂</i> = Varianza de la comunidad 2 <i>N</i> = Número total de individuos
<i>t</i> calculada	$t = \frac{H'_1 - H'_2}{(\text{Var } H'_1 + \text{Var } H'_2)^{1/2}}$	<i>H'₁</i> = Índice de Shannon comunidad 1 <i>H'₂</i> = índice de Shannon comunidad 2

2.3.3.4 Índice de Similitud

Un análisis de similitud florística basado en datos de presencia/ausencia de especies, utilizando el índice de similitud de Sorensen (IS) (Stiling, 1999, Rocha *et al.*, 2010), con la finalidad de saber que tan similar son los tres estados sucesionales del estudio, el índice o coeficiente de Similitud de Sorensen está dado por:

$$IS = \frac{2C}{A + B} \times 100$$

Donde:

A = Especies en comunidad *A*

B = Especies en comunidad *B*

C = Especies comunes *A* y *B*

El valor de este coeficiente fluctúa entre 0 y 1, y cuantifica una semejanza completa (1) hasta una completa disimilitud (0).

2.3.3.5 Índice de diversidad estructural

La diversidad estructural se define a menudo como una combinación de distribución espacial, diversidad de especies, y la variación de las dimensiones de los árboles, tales como el tamaño y la altura (Staudhammer y LeMay 2001; Pommerening 2002; McElhinny *et al.* 2005). Los índices de diversidad estructurales del área de estudio utilizados son de acuerdo a Lei *et al.*, 2009. Se resumen en la Tabla 2. Dado que las especies, el diámetro y la altura se miden comúnmente para indicar cambios en la estructura del rodal vertical y horizontal (Staudhammer y LeMay 2001), la diversidad estructural en los tres estados sucesionales se midió por especies de árboles, DN (diámetro natural) y altura.

Tabla 2. Índices de diversidad estructural utilizados en los tres estado sucesionales de acuerdo a Lei *et al.*, 2009.

Índices	Formulas	Variables	Descripción
Índice de diversidad de especies de árboles	$H_s = \sum_{i=1}^m p_i \times \log p_i$		Donde p_i es la proporción de Shannon-Wiener, área basal para la i -ésima índices por especie y m es el número de (Magurran 2004) especies
Índice de diversidad del tamaño del árbol	$H_d = \sum_{i=1}^d p_i \times \log p_i$		Donde p_i es la proporción del Shannon-Wiener, Índice área basal para la i clases de para clases de diámetros diámetro y d es el número de (Boungiorno <i>et al.</i> 1994) clases de diámetros
Índice de diversidad de altura del árbol	$H_h = \sum_{i=1}^h p_i \times \log p_i$		Donde p_i es la proporción del Shannon-Wiener, Índice área basal para la clase de para clases de alturas altura i -ésimo, y h es el número (Staudhammer and LeMay 2001) de clases de altura
	$H_{sdh} = (H_s + H_d + H_h)/3$		

Los índices de diversidad estructural se utilizan en función del índice de Shannon-Wiener (Magurran 2004), con el método para la obtención del índice de Shannon-Wiener, DN y altura tuvieron que ser agrupados en clases discretas. Para obtener H_s , se utilizaron el total de las especies por cada estado sucesional, para H_d y H_h , se utilizaron las clases diamétricas y de altura obtenidas de los histogramas para cada estado sucesional y el Índice promedio de la diversidad estructural (H_{sdh}) se obtuvo para los tres estados sucesionales, como se describe en la tabla 2.

2.3.3.6 Crecimiento, uso y preferencia de sitio de las especies

El crecimiento se calculó en altura y diámetro, donde el crecimiento en altura se obtuvo dividiendo el promedio de la altura (m/año) de la especie entre el promedio del número de años por cada estado sucesional (2, 5.5 y 10 años por los tres estados sucesionales) (Tabla 8). El crecimiento en diámetro (DN) se logró dividiendo el promedio del diámetro de la especie entre el promedio del número de años por cada estado sucesional (2, 5.5 y 10 años por los tres estados sucesionales) (Tabla 9). Esto se realizó así dado que no se tiene la fecha exacta del abandono de los tres estados sucesionales. Se obtuvieron los crecimientos para 21 especies que contaban con el suficiente número de individuos como para realizar el cálculo, al mismo tiempo se determinó su uso maderable y no maderable.

Para la preferencia de sitio se utilizó la clasificación Maya de los suelos, los datos utilizados para su descripción fue la del color de los suelos (negro, rojo, rojizo, café rojizo), sobre el cual se localizaron los individuos muestreados. La clasificación maya de los suelos se basa en características fácilmente identificables como: el color, afloramiento de rocas, la pendiente, su posición y el relieve (Bautista y Zinck, 2010). Su uso ofrece la ventaja de ser conocida por los habitantes locales y es de fácil aplicación (Bautista y zinck, 2010; Sánchez-Sánchez e Islebe, 2002), al final se agruparon los suelos y se manejó dos grupos: grupo de suelo negro y grupo de suelo rojo. Se tomaron 21 especies que tenían ≥ 5 o ≤ 1 de individuos en cada grupo de suelo, y se utilizó Chi cuadrada (X^2) para independencia, que sirvió para comparar la proporción del número de plantas totales (sin contar las encontradas en suelo pedregoso que fueron eliminadas) en un grupo de suelo con el número de plantas por tipo de suelo. Esta prueba supone independencia entre los dos muestreos (Negreros-Castillo y Martínez-Salazar, 2011).

2.4 RESULTADOS

2.4.1 Composición florística

En los tres estados sucesionales se contabilizaron 4,608 individuos de los cuales se registraron 89 especies y 3 especies desconocidas, pertenecientes a 39 familias. En el ES 1 se encontraron 29 familias y 3 desconocidas, de las cuales la familia Fabaceae fue la más dominante (10), seguida de las familias Asteraceae (4), Rubiaceae (4), Sapotaceae (3) y las demás familias representadas por 2 y 1 especie por familia. Para el ES 2 se encontraron 36 familias y 1 desconocida, de las cuales la familia Fabaceae fue la más dominante (12), seguida por Asteraceae (4), Myrtaceae (4), Rubiaceae (3), Sapotaceae (3) y las demás familias representadas por 2 y 1 especie por familia. El ES 3 se identificaron 36 familias y 2 desconocidas, de las cuales la familia Fabaceae fue la más dominante (12), las familias codominantes fueron Rubiaceae (5), Euphorbiaceae, Myrtaceae y Sapotaceae (4), Malpighiaceae (3) y las demás familias están representadas por 2 y 1 especie por familia.

Los datos obtenidos del número de individuos, número de especies y forma biológica encontrados en cada estado sucesional, nos da una perspectiva general del sitio de muestreo. En la tabla 3, se puede observar que de los tres estados sucesionales, en el ES 2 se encontró el mayor número de individuos, pero en el ES 3 se obtuvo el mayor número de especies. En el apartado de la forma biológica se pudo contabilizar que la mayoría fueron árboles y la mayoría se encontraba en el ES 2, el promedio de altura de las especies, solo para los árboles en cada estado sucesional expresada aquí en mínimo y máximo.

Tabla 3. Número de individuos, número de especies y forma biológica en cada estado sucesional, de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.

Estado Sucesional	No. Total de	No. de Especies	Forma biológica				
			Árbol	Arbusto	Palma	Bejuco	Desconocidos
ES 1 (1-3 años)	1460	59/54 ^a	1234 (1.3/7) ^c	172	0	6	48/4 ^b
ES 2 (4-7 años)	1618	72/68	1311 (1.4/17.5)	247	0	3	57/2
ES 3 (8-12 años)	1530	78/75	1093 (1.6/15)	345	3	3	86/3

^a Número encontrado con el nombre común y número de especie botánico.

^b Número de individuos de los cuales no se sabe su forma biológica y el número de especies a la cual pertenecen.

^c Altura mínima y máxima (m) de los árboles en cada estado sucesional.

2.4.2 Estructura vertical

En el ES 1 (1-3 años) la altura del componente arbóreo alcanzó los 6 m, con algunos individuos mayores a 7 m, la mayoría de ellos se localizan en el primer estrato (< 3 m). El segundo estado sucesional (4-7 años) alcanzó los 15 m, (Fig. 2) con individuos sobrepasando los 17 m, el mayor número de ellos pertenecen al estrato medio (3 a 9 m) y para el ES 3 (8-12 años) obtuvo los 13 m e individuos que llegan a los 15 m, la mayoría de los individuos se localizan en el estrato medio (3 a 9 m).

Dentro del estudio las mayores densidades de árboles por hectárea se presentaron en el estrato medio (3 a 9 m) en los ES 3 y ES 2 en condiciones avanzadas de desarrollo de la sucesión, y por último el ES 1 en condiciones más tempranas de desarrollo de la sucesión en el estrato menor (<3 m).

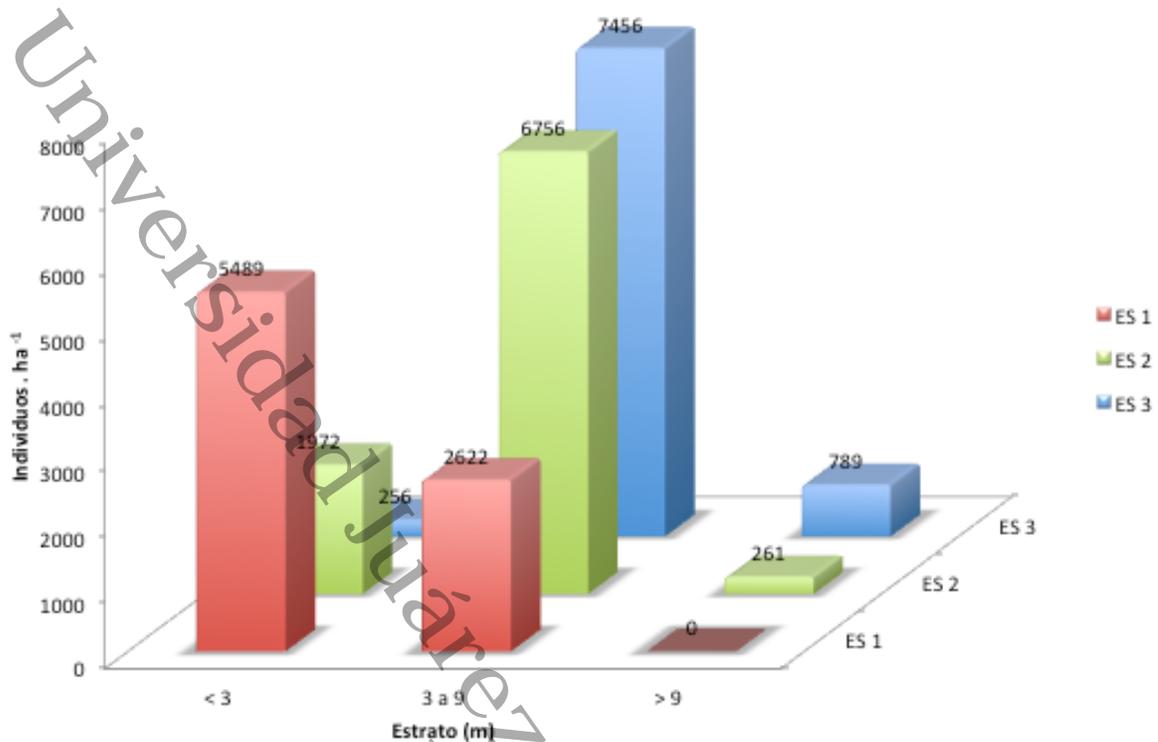


Figura 2. Estratificación vertical del componente arbóreo por cada Estado Sucesional de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kana, Quintana Roo. ES 1 (1 -3 años), ES 2 (4-7 años), ES 3 (8-12 años).

2.4.3 Estructura Horizontal

Los diámetros para el primer estado sucesional oscilan entre 0.3-7.8 cm, para el segundo de 0.20-23 cm y para el tercero de 1-31 cm (Tab. 4). Los individuos registrados en el estudio se concentraron en la clase diamétrica 1 a 5 cm (ES1= 8089, ES 2= 7933, ES 3= 5361) con el 95 % del total de ind. ha⁻¹. Para cada estado sucesional: 99% (ES 1), 88% (ES 2) y 63 % (ES 3) en dicha clase diamétrica (Fig. 3).

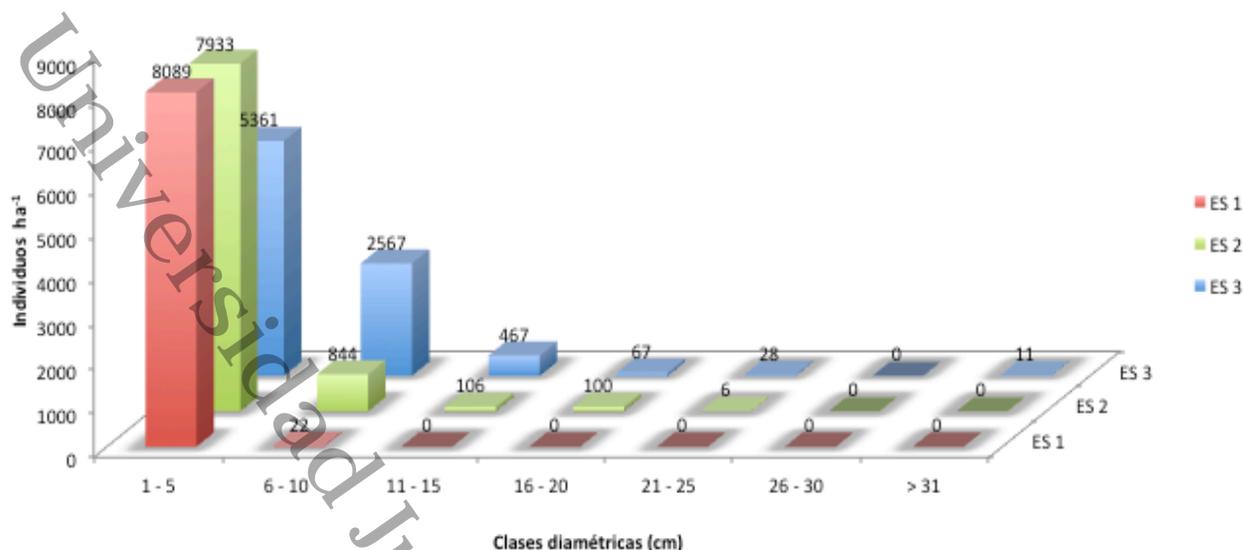


Figura 3. Distribución diamétrica del componente arbóreo por cada Estado Sucesional de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo. ES 1 (1-3 años), ES 2 (4-7 años), ES 3 (8-12 años).

Tabla 4. Comparación entre los tres estados sucesionales de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.

Comparación	ES 1 (1-3 años)	ES 2 (4-7 años)	ES 3 (8-12 años)
Densidad (ind ha ⁻¹)	8111.11	8989	8500
DN en cm ($\bar{x} \pm$)	1.77±0.79	2.68±2.21	3.75±3.10
Min-Max	0.3-7.8	0.2-23	1.0-31
Altura en m. ($\bar{x} \pm$)	2.55±0.72	3.69±1.74	4.90±2.27
Min-Max	1.3-7	1.4-17.5	1.6-15
Área Basal Total (m ²)	42.93	153.41	283.43
($\bar{x} \pm$)	2.94±3.48	9.48±25.96	18.53±45.27
Min-Max	0.071-47.78	0.031-415.48	0.785-754.77

Nota: Área Basal (AB) ES 1 (238.5 m² ha⁻¹), ES 2 (852.28 m² ha⁻¹), ES 3 (1,574.61 m² ha⁻¹).

2.4.4 Índices de diversidad y estructurales

Las especies con mayor IVI fueron *Coccoloba spicata*, *Acacia cornigera*, *Piscidia piscipula*, *Sacyab*, *Guettarda combsii*, para el primer estado sucesional de la selva (ES 1), en el segundo estado sucesional (ES 2) fueron *P. Piscipula*, *C. spicata*, *Cochlospermum vitifolium*, *Bursera simaruba* y *Croton reflexifolius*; mientras que *P. piscipula*, *C. spicata*, *Eugenia rhombea*, *Bursera simaruba* y *Eugenia rhombea* lo

fueron para el tercer estado sucesional (ES 3). Se ha reportado que *C. spicata* Lundell y *Bursera simaruba* (L.) Sarg. (Presentes en los tres estados sucesionales) forman parte de las selvas medianas subperennifolias de Quintana Roo y son especies con potencial maderables como *B. simaruba* y *Zuelania guidonia* (Pennington y Sarukhan, 2005). Los tres estados sucesionales comparten especies tales como *C. spicata* y *P. piscipula* en mayor proporción, seguidas de *G. combsii* Urban, *C. reflexifolius* y *B. simaruba* (Tab. 5). Se menciona la forma biológica de la especie y el uso que los dueños de la tierra le dan localmente con la finalidad de conocer mejor a la especie, lograr su aprovechamiento y ver su abundancia y presencia en los estados sucesiones.

Tabla 5. Especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) por cada estado sucesional de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.

Especie	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	IVI	Forma Biológica	Usos
Estado Sucesional 1 (1-3 años)						
<i>Coccoloba spicata</i> Lundell (Uvero)	12.60	3.59	0.03	16.22	Árbol	Para leña
<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd. (Subin)	0.07	0.40	12.07	12.53	Herbácea	Para hacer artesanías
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg. (Jabin)	7.53	3.59	0.03	11.15	Árbol	Durmientes
sacyab	0.07	0.40	10.28	10.75		
<i>Guettarda combsii</i> Urban (Papiste)	6.99	3.59	0.08	10.66	Árbol	Para construcción
<i>Cecropia peltata</i> Bert. (Guarumbo)	6.30	3.59	0.02	9.91	Árbol	Ninguno
<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni (Zapote amarillo)	0.14	0.40	8.69	9.22	Árbol	Comida de tepezcuintle
<i>Croton reflexifolius</i> Kunth (Perezkutz)	5.34	3.19	0.12	8.65	Árbol	Resina para comezón de los ojos
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunt ex steud (Cocoite)	0.07	0.40	7.72	8.19	Árbol	Para orcon de las casas
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. (Chaka rojo)	4.93	3.19	0.05	8.16	Árbol	Medicinal
Estado Sucesional 2 (4-7 años)						
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg. (Jabin)	9.02	2.95	31.60	43.58	Árbol	Durmientes
<i>Coccoloba spicata</i> Lundell (Uvero)	8.47	3.32	4.43	16.22	Árbol	Para cocinar
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng. (Ch'ooy)	6.67	2.58	5.34	14.60	Árbol	Ninguno
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. (Chaka rojo)	4.51	3.32	5.75	13.59	Árbol	Medicinal
<i>Croton reflexifolius</i> Kunth (Perezkutz)	6.06	2.95	2.68	11.69	Árbol	Resina para comezón de los ojos
<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp. (Palo volador)	3.03	2.95	4.51	10.49	Árbol	Ninguno
<i>Guettarda combsii</i> Urban (Papiste)	5.19	2.95	1.98	10.12	Árbol	Construcción, para bajareque
<i>Bauhinia divaricata</i> L. (Pata de vaca)	3.71	2.95	1.23	7.89	Arbusto	Construcción
Desconocido	3.15	2.21	2.00	7.37		
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm. (Verde lucero)	1.42	1.48	4.46	7.36	Árbol	Palizada
Estado Sucesional 3 (8-12 años)						
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg. (Jabin)	6.93	3.23	19.80	19.80	29.96	Durmientes
<i>Coccoloba spicata</i> Lundell (Uvero)	6.41	2.87	11.85	11.85	21.12	Para leña
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. (Chaka rojo)	3.79	3.23	7.67	7.67	14.69	Medicinal
<i>Eugenia rhombea</i> Krug & Urb. Ex (Chakni)	6.86	3.23	2.78	2.78	12.86	Construcción
<i>Croton reflexifolius</i> Kunth (Perezkutz)	4.84	2.51	2.70	2.70	10.04	Resina para comezón de los ojos
<i>Allophylus cominia</i> (L.) Swartz (Chile de chachalaca)	4.05	3.23	1.85	1.85	9.13	Comida de chachalaca
Desconocido	4.25	2.87	1.99	1.99	9.10	
<i>Guettarda combsii</i> Urban (Papiste)	4.18	2.51	2.09	2.09	8.78	Construcción
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm. (Verde lucero)	1.96	2.51	3.83	3.83	8.30	Palizada
<i>Bauhinia divaricata</i> L. (Pata de vaca)	4.18	2.87	1.13	1.13	8.18	Construcción

De acuerdo con el Índice de Shannon, la diversidad de especies fue mayor en el estado sucesional 3 (7-12 años), seguido del estado sucesional 2 (4-7 años) y por último el primer estado sucesional (1-3 años) con el índice más bajo de los tres estados de desarrollo de la selva (Tab. 6). La diferencia para la diversidad de especies no fue significativa ($p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.001$), se utilizó tablas de dos colas para buscar diferencias. Lo que da como resultado que la hipótesis nula (H_0) se acepta (Tab. 7).

Tabla 6. Riqueza, diversidad y varianza de especies por estado sucesional (ES) de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.

	Estado Sucesional		
	ES 1 (1-3 años)	ES 2 (4-7 años)	ES 3 (7-12 años)
Número de individuos por ES	1460	1618	1530
Riqueza	59	72	78
Índice de Shannon	3.41	3.62	3.69
Varianza ($Var H'$)	56	78.14	108.23

El Índice o coeficiente de Sorencen nos muestra resultados cualitativos midiendo la similitud entre la riqueza de cada estado sucesional; se observa en la tabla 7 que el ES 2 y el ES 3 presentan una mayor similitud que el ES1 – ES 2 y el ES 1 – ES 3. De igual forma las especies que comparten entre sí sobrepasan el 50% del total del número de especies (92 especies). Del número total registradas en este estudio, 46 fueron comunes entre los tres estados sucesionales, cuatro especies se registraron exclusivamente en el ES 1, tres para el ES 2 y 12 en el ES tres. Con la información analizada se llega al resultado que el ES 2 con el ES 3 son más similares entre sí.

Tabla 7. Valores del Índice de Sorencen, grados de libertad y t calculada en los tres estados sucesionales de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.

	Comparación entre ES		
	ES 1 - ES 2	ES 1 - ES 3	ES 2 - ES 3
Sorencen (IS)	0.79	0.72	0.84
Especies compartidas	52	49	63
Grados de libertad (gl)	3041.16	2756.31	3038.89
t calculada (t_c)	0.02 ^{ns}	0.022 ^{ns}	0.0037 ^{ns}

Significancia estadística ns= p<0.05; p<0.01; p<0.001

Los índices de diversidad estructural muestran un comportamiento relacionado con el grado de sucesión. Cada índice por separado es un indicativo de cómo la diversidad aumenta o disminuye en cada estado sucesional. Los valores más altos de los índices estructurales utilizados en el estudio, indican una mayor diversidad estructural. Por lo tanto las selvas en estados sucesionales avanzado poseen una estructura firme mas compleja en términos de la composición de las diferentes especies de árboles, la estructura del tamaño del árbol y la estructura vertical en comparación con estados sucesionales recientes (Tab. 8). Sin embargo aplicando la t de Hutcheson; estadísticamente no hay diferencias significativas para Hd y Hh .

Tabla 8. Índices estructurales de acuerdo a Lei et al, 2009, utilizados en los tres estados sucesionales de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.

Estados sucesionales	ES 1 (1-3 años)	ES 2 (4-7 años)	ES 3 (8-12 años)
Índice de diversidad de especies arbóreas (Hs)	1.4	1.3	1.4
Índice de diversidad de diámetro de los arboles (Hd)	0.78	0.96	0.91
Índice de diversidad de la altura de los arboles (Hh)	0.87	0.95	0.96
Índice promedio de la diversidad estructural ($Hsdh$)	1.01	1.08	1.11

2.4.5 Preferencia de suelo

El número de plantas por tipo de suelo en cada estado sucesional, mostró que el mayor número de individuos se localizó en suelo negro con piedra con el 81.84 % (3771) del número total de plantas registradas en el estudio (Tab. 9), le sigue suelo rojo con el 13.48 % (621), suelo café rojizo con el 2.32 % (107), suelo pedregoso con el 1.48 % (68), suelo negro con el 0.67 % (31) y suelo rojizo con piedra con el 0.22 % (10) del total de plantas por tipo de suelo. Para cada estado sucesional, se puede observar que la mayoría de los individuos se encuentran en el ES 2 con un 35.1 % del número de individuos totales (4608), el 33.2 % se encontraban en el ES 3 y en el ES 1 con un 31.7 % del número de plantas en los estados sucesionales.

Tabla 9. Número de plantas por tipo de suelo por cada estado sucesional de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.

ESTADO SUCESIONAL	TIPOS DE SUELOS						suma
	Café rojizo	Negro	Negro- Piedra	Pedregoso	Rojizo- piedra	Rojo	
1-3 años	0 (0) ^a (0) ^b	0 (0) (0)	1365 (36.2) (93.5)	11 (16.2) (0.8)	0 (0) (0)	84 (13.5) (5.8)	1460
4-7 años	90 (84.1) (5.6)	0 (0) (0)	1348 (35.7) (83.3)	0 (0) (0)	0 (0) (0)	180 (28.9) (11.1)	1618
8-12 años	17 (15.9) (1.1)	31 (100) (2.0)	1058 (28.1) (69.2)	57 (83.8) (3.7)	10 (100) (0.7)	357 (57.5) (23.3)	1530
suma	107	31	3771	68	10	621	4608

^a Por cada tipo de suelo porcentaje del número de plantas en cada estado sucesional.

^b Por cada estado sucesional porcentaje del número de plantas en cada tipo de suelo.

2.4.6 Crecimiento usos y preferencia de sitio de las especies

Para poder medir el crecimiento y la preferencia de sitio se tomaron 21 especies con el mayor número de individuos en los tres estados sucesionales, los datos de tipo de suelo se modificaron ya que en un principio se contaba con seis tipos de suelo (café rojizo, negro, negro-piedra, pedregoso, rojizo-piedra y rojo), dicha modificación fue de agrupar los tipos de suelos en dos grupos: grupo de suelo

negro y grupo de suelo rojo. El tipo de suelo pedregoso, (tab. 10) al no tener un color como referencia debido al error humano a la hora de la toma de datos en campo se eliminó (68 individuos), quedando solo los dos grupos antes mencionados. La forma biológica y uso se menciona para las 21 especies a las cuales se les hizo el estudio de crecimiento.

Para obtener el crecimiento en altura y diámetro, se hicieron tablas de Incremento Medio Anual en altura (IMAA) y en diámetro (IMAd) respectivamente. El cálculo de cómo se obtuvieron las IMA's en altura y diámetro se describe en la tabla 10 y 11. En donde se observa los IMAA de las 21 especies seleccionadas por cada grupo de suelo en cada estado sucesional, la mayoría de los individuos se localizaron en el grupo de suelo negro, y ellos se localizaban en el ES 2, seguido del ES 1 y por último en el ES 3. Podemos distinguir los IMAA de algunas especies de interés maderable, medicinal o para palizada, tal es el caso de *Piscidia piscipula* una especie maderable, se localiza con más frecuencia en el grupo de suelo negro con más presencia en el ES 2, su crecimiento más notorio es en el grupo de suelo rojo (1.73 m/año) a comparación del grupo de suelo negro (0.95 m/año) en dicho estado sucesional. En el ES 1 solo se cuenta con el crecimiento en altura en grupo de suelo negro (1.5 m/año) ya que no hubo individuos en grupo de suelo rojo y en el ES 3 el crecimiento más alto fue en el grupo de suelo negro (0.74 m/año) y en el grupo de suelo rojo (0.59 m/año). *B. simaruba* especie conocida por los mayas como medicinal y en la actualidad utilizada para elaborar palillos o abate lengua, tubo uno de los mejores IMAA en el primer estado sucesional en grupo de suelo negro (2.9 m/año) y grupo de suelo rojo (2.7 m/año), para el ES 2 su IMAA fue igual para ambos grupos de suelos (0.69 m/año) y en el ES 3 su mayor IMAA fue en grupo de suelo rojo (0.61 m/año) y en grupo de suelo negro (0.57 m/año). En general, el mayor crecimiento en altura para todas las especies se dio en el ES 1 para la mayoría de las 21 especies en el grupo de suelo negro (Tab. 10)

Tabla 10. Crecimiento en altura (m/año) de las especies por tipo de suelo y estado sucesional de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.

ESPECIES	E S 1 (1-3 años) GRUPO DE SUELOS			E S 2 (4-7 años) GRUPO DE SUELOS			E S 3 (8-12 años) GRUPO DE SUELOS			Forma Biológica	Usos
	NEGRO	ROJO	TOTAL	NEGRO	ROJO	TOTAL	NEGRO	ROJO	TOTAL		
<i>Koanophyllon albicaulis</i> Sch. Bip. Ex Klatt (Amanecer hermano)	1.4 ^a (40) ^b	1.5 (1)	41	0.7 (41)		41	0.41 (27)	0.45 (5)	32	Árbol	Ninguno
<i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brandegee. (Caimito)	2.3 (28)		28	0.7 (24)	1.3 (4)	28	0.52 (10)	0.38 (5)	15	Árbol	Alimento
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng. (Ch'ooy)	2.8 (28)	2.9 (28)	56	0.6 (32)	1.2 (76)	108	0.46 (4)	0.68 (10)	14	Árbol	Ninguno
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. (Chaka rojo)	2.9 (60)	2.7 (12)	72	0.69 (71)	0.69 (2)	73	0.57 (42)	0.61 (10)	52	Árbol	Medicinal
<i>Eugenia rhombea</i> Krug & Urb. Ex (Chakni)	1.3 (2)		2	0.6 (34)	0.5 (3)	37	0.45 (78)	0.36 (27)	105	Arbusto	Construcción
<i>Allophylus cominia</i> (L.) Swartz (Chile de chachalaca)	1.2 (5)		5	0.6 (33)		33	0.48 (46)	0.35 (16)	62	Árbol	Comida de chachalaca
<i>Cecropia peltata</i> Bert. (Guarumbo)	1.8 (89)	1.65 (3)	92	0.7 (32)		32	0.80 (1)		1	Árbol	Ninguno
<i>Psidium sartorianum</i> (Bergius) Nied (Guayabo)					0.6 (21)	21	0.74 (14)	0.33 (9)	23	Árbol	Para lavar la carne (quitar lo
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg. (Jabin)	1.5 (110)		110	0.95 (123)	1.73 (23)	146	0.74 (68)	0.59 (37)	105	Árbol	Durmientes
<i>Hamelia patens</i> var. <i>Glabra</i> Jacq. (Kanan)	1.2 (70)		70	0.5 (42)		42	0.32 (3)	0.3 (5)	8	Arbusto	Medicinal para hongos de los
<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth (Kanasin)	1.2 (22)		22	0.64 (35)	0.49 (5)	40	0.59 (35)	0.36 (20)	55	Árbol	Durmientes
<i>Swartzia cubensis</i> (Britt & Wilson) Stand. (Katalox)	1 (23)		23	0.64 (18)		18	0.62 (23)	0.66 (7)	30	Árbol	Durmientes
<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp. (Palo volador)	1.1 (30)		30	0.76 (45)	1.14 (4)	49	0.56 (17)	0.46 (5)	22	Árbol	Ninguno
<i>Bauhinia divaricata</i> L. (Pata de vaca)	1.2 (45)	1 (1)	46	0.58 (60)		60	0.42 (54)	0.44 (7)	61	Arbusto	Construcción
<i>Croton reflexifolius</i> Kunthutz (Perezkutzy)	1.2 (73)	1.4 (3)	76	0.62 (83)	1.33 (15)	98	0.56 (59)	0.45 (9)	68	Árbol	Resina para comezón de
<i>Lasianthea fruticosa</i> (L.) K. M. Becker (Saktaj)	1.4 (13)		13	0.55 (48)		48	0.39 (19)	0.38 (11)	30	Árbol	Ninguno
<i>Diospyros cuneata</i> Standl. (Siliil)	1.3 (37)		37	0.55 (28)	0.45 (1)	29	0.43 (18)	0.37 (3)	21	Árbol	Ninguno
<i>Coccoloba cozumelensis</i> Hemsley (Uva de monte 1)	1.2 (4)		4	0.58 (18)	0.51 (4)	22	0.45 (8)	0.49 (6)	14	Árbol	Ninguno
<i>Coccoloba spicata</i> Lundell (Uvero)	1.2 (176)	1.1 (5)	181	0.64 (121)	1.31 (16)	137	0.65 (87)	0.66 (10)	97	Árbol	Para leña
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm. (Verde lucero)	1.3 (14)		14	1.1 (23)		23	0.62 (26)	0.48 (3)	29	Árbol	Palizada
<i>Guettarda combsii</i> Urban (Papiste)	1.1 (99)	1.2 (3)	102	0.55 (62)	1.2 (22)	84	0.45 (45)	0.59 (8)	53	Árbol	Construcción
			1024			1169			897		

^a Se calcula dividiendo el promedio de la altura de la especie entre el promedio del número de años por cada estado sucesional (2, 5.5 y 10 años por los tres estados sucesionales).

^b Número de individuos.

En función del IMA_d para las 21 especies seleccionadas, de igual forma que los IMA_a, los IMA_d más altos se encontraron en el ES 1 seguidos en el ES 2 y por último en el ES 3 en el grupo de suelo negro, solo una especie *Cochlospermum vitifolium* su mejor IMA_d lo obtuvo en el grupo de suelo rojo en los tres estados sucesionales. *Bursera simaruba* y *Croton reflexifolius* son especies que tuvieron

un crecimiento parecido en los dos grupos de suelo para cada estado sucesional (Tab. 11).

Tabla 11. Crecimiento en diámetro (cm/año) de las especies por tipo de suelo y estado sucesional de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.

ESPECIES	E S 1 (1-3 años)			E S 2 (4-7 años)			E S 3 (8-12 años)			Forma Biológica	Usos
	GRUPO DE SUELOS	GRUPO DE SUELOS	GRUPO DE SUELOS	GRUPO DE SUELOS	GRUPO DE SUELOS	GRUPO DE SUELOS	GRUPO DE SUELOS	GRUPO DE SUELOS	GRUPO DE SUELOS		
<i>Koanophyllon albicaulis</i> Sch.	0.85 ^a	1.85		0.47			0.31	0.25		Árbol	Ninguno
Bip. Ex Klatt (Amanecer)	(40) ^b	(1)	41	(41)		41	(27)	(5)	35		
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.75			0.42	0.38		0.37	0.29		Árbol	Alimento
Brandegee. (Caimito)	(28)		28	(24)	(4)	28	(10)	(5)	15		
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	1.15	1.3		0.42	0.47		0.41	0.76		Árbol	Ninguno
(Willd.) Spreng. (Ch'ooy)	(28)	(28)	56	(32)	(76)	108	(4)	(10)	16		
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	0.99	0.95		0.60	0.51		0.57	0.61		Árbol	Medicinal
(Chaka rojo)	(60)	(12)	72	(71)	(73)	73	(42)	(10)	58		
<i>Eugenia rhombea</i> Krug & Urb.	0.65			0.35	0.29		0.29	0.25		Arbusto	Construcción
Ex (Chakni)	(2)		2	(34)	(3)	37	(78)	(27)	105		
<i>Allophylus cominia</i> (L.) Swartz	0.65			0.44			0.33	0.23		Árbol	Comida de chachalaca
(Chile de chachalaca)	(5)		5	(33)		33	(46)	(16)	62		
<i>Cecropia peltata</i> Bert.	1.45	1.35		0.56			1.00			Árbol	Ninguno
(Guarumbo)	(89)	(3)	92	(32)		32	(1)		1		
<i>Psidium sartorianum</i> (Bergius)					0.29		0.46	0.17		Árbol	Para lavar la carne (quitar lo
Nied (Guayabo)					(21)	21	(14)	(9)	23		
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	1.15			0.84	1		0.89	0.57		Árbol	Durmientes
(Jabin)	(110)		110	(123)	(23)	146	(68)	(37)	106		
<i>Hamelia patens</i> var. <i>Glabra</i>	0.65			0.29			0.21	0.21		Arbusto	Medicinal para hongos de los
Jacq. (Kanan)	(70)		70	(42)		42	(3)	(5)	9		
<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth	0.8			0.44	0.33		0.35	0.21		Árbol	Durmientes
(Kanasin)	(22)		22	(35)	(5)	40	(35)	(20)	56		
<i>Swartzia cubensis</i> (Britt & Wilson) Stand. (Katalox)	0.75			0.45			0.49	0.68		Árbol	Durmientes
(23)			23	(18)		18	(23)	(7)	30		
<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp. (Palo volador)	0.80			0.62	0.4		0.37	0.35		Árbol	Ninguno
(30)			30	(45)	(4)	49	(17)	(5)	24		
<i>Bauhinia divaricata</i> L. (Pata de vaca)	0.7	0.6		0.33			0.23	0.29		Arbusto	Construcción
(45)	(1)	46	(60)			60	(54)	(7)	64		
<i>Croton reflexifolius</i> Kunthutz (Perezkutz)	0.65	0.60		0.38	0.42		0.33	0.36		Árbol	Resina para comezón de los
(73)	(3)	76	(83)	(15)	98		(59)	(9)	74		
<i>Lasiantha fruticosa</i> (L.) K. M. Becker (Saktaj)	0.90			0.35			0.22	0.28		Árbol	Ninguno
(13)		13	(48)		48		(19)	(11)	30		
<i>Diospyros cuneata</i> Standl. (Siliil)	0.70			0.33	0.31		0.25	0.24		Árbol	Ninguno
(37)		37	(28)	(1)	29		(18)	(3)	22		
<i>Coccoloba cozumelensis</i>	0.55			0.33	0.24		0.38	0.52		Árbol	Ninguno
Hemsley (Uva de monte 1)	(4)		4	(18)	(4)	22	(8)	(6)	14		
<i>Coccoloba spicata</i> Lundell	0.85	0.70		0.42	0.41		0.67	0.44		Árbol	Para leña
(Uvero)	(176)	(5)	181	(121)	(16)	137	(87)	(10)	98		
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm. (Verde lucero)	0.80			0.85			0.59	0.56		Árbol	Palizada
(14)		14	(23)		23		(26)	(3)	30		
<i>Guettarda combsii</i> Urban (Papiste)	0.65	1.35		0.53	0.36		0.27	0.51		Árbol	Construcción
(99)	(3)	102	(62)	(22)	84		(45)	(8)	64		
			1024			1169			936		

^a Se calcula dividiendo el promedio del diámetro de la especie entre el promedio del número de años por cada estado sucesional (2, 5.5 y 10 años por los tres estados sucesionales).

^b Numero de individuos.

Con respecto a la preferencia de sitio de las especies por grupo de suelo mediante χ^2 , primero se obtuvo la proporción total del número de individuos de las 21 especies que se muestran en la tabla 12 y por cada grupo de suelo, así se obtiene la proporción de plantas por grupo de suelo negro y rojo y se aplica la fórmula de χ^2 . Se obtuvieron resultados interesantes donde se observa que hay especies generalistas que pueden crecer en cualquiera de los dos grupos de suelos tal es el caso de *B. simaruba*, *P. piscipula*, *Swartzia cubensis*, *Z. Guidonia*, *Guettarda comsii* entre otras, que presentaron un gran número de individuos en el grupo de suelo negro pero no se encontró diferencia significativa. Sin embargo 11 especies tuvieron una diferencia altamente significativa en la preferencia de sitio, 10 especies prefieren el grupo de suelo negro y solo *Cochlospermum vitifolium* prefiere el grupo de suelo rojo (Tab. 12)

Tabla 12. Preferencia de las especies más abundantes por grupo de suelo de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná Quintana Roo.

Especies	grupo de suelo		χ^2	
	Negro	Rojo		
<i>Koanophyllon albicaulis</i> Sch. Bip. Ex Klatt (Amanecer hermano)	108	6	10.1	***
<i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brandeg ex Standl. (Caimito)	62	9	0.66	n.s.
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume (Capulin)	61	4	4.84	*
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng. (Ch'oooy)	64	114	264.36	***
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. (Chaka rojo)	173	24	2.32	n.s.
<i>Eugenia rhombea</i> Krug & Urb. Ex (Chakni)	114	30	2.3	n.s.
<i>Allophylus cominia</i> (L.) Swartz (Chile de chachalaca)	84	16	0.04	n.s.
<i>Cecropia peltata</i> Bert. (Guarumbo)	122	3	17.48	***
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg. (Jabin)	301	60	0.15	n.s.
<i>Hamelia patens</i> var. <i>Glabra</i> Jacq. (Kanan)	115	5	12.75	***
<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth (Kanasin)	92	25	2.18	n.s.
<i>Swartzia cubensis</i> (Britt & Wilson) Stand. (Katalox)	64	7	2.11	n.s.
<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp. (Palo volador)	92	9	3.95	*
<i>Bauhinia divaricata</i> L. (Pata de vaca)	159	8	15.88	***
<i>Croton reflexifolius</i> Kunthutz (Perezkutz)	215	27	4.44	*
<i>Lasianthaea fruticosa</i> (L.) K. M. Becker (Saktaj)	80	11	1.14	n.s.
<i>Diospyros cuneata</i> Standl. (Siliil)	83	4	8.62	***
(Tamarindo)	63	8	1.28	n.s.
<i>Coccoloba spicata</i> Lundell (Uvero)	384	31	22.39	***
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm. (Verde lucero)	63	3	6.61	**
<i>Guettarda comsii</i> Urban (Papiste)	206	33	1.01	n.s.

* Es significativo cuando $P \geq 0.05$ (3.84)

** Es significativo cuando $P \geq 0.01$ (6.63)

*** Es significativo cuando $P \geq 0.005$ (7.88)

con 1 grado de libertad

Proporción total por grupo de suelo Negro: 3802 Rojo: 738

2.5 DISCUSIÓN

2.5.1 Composición florística

La composición florística en las selvas medianas subperennifolias (SMS) de Quintana Roo, está sujeta a cambios continuos ya sean naturales como los huracanes o los incendios, muerte de los árboles o por cambios antropogénicos (agricultura, ganadería y manejo forestal). También por la interacción y competencia entre el gran número de especies de árboles, aproximadamente unas 200 especies (Negreiros-Castillo *et al*, 2014). En el presente estudio se registraron 92 especies arbóreas distribuidas en 39 familias botánicas en los tres ES del ejido Laguna Kaná, equivalente a un 79 % de las 112 de especies arbóreas que Sánchez e Islebe (2000) reportaron para la selva del norte del estado de Q. R. y a un 20 % de las 437 especies reportadas por Ibarra-Manríquez *et al.*, 1995 para la Península de Yucatán.

La familia mejor representada en los tres estados sucesionales derivados de la Roza-Tumba-Quema (RTQ) fue la familia Fabaceae seguida de Rubiaceae, Sapotaceae, Myrtaceae, Asteraceae. Esto es similar a lo reportado por Ibarra-Manríquez *et al* (1995); Sánchez e Islebe (2000); Sánchez *et al* (2007) que reportan a la familia Fabaceae como una de las más abundantes en las selvas de Quintana Roo. Flores-guido (2001) mencionan que la familia Leguminosae es la más importante en la composición de la vegetación en la Península de Yucatán; lo que explica que el número de especies y de individuos de Fabaceae o Leguminosae depende mucho de la historia de manejo del monte; pues según Gómez Pompa (1971) citado en Flores-Guido (2001), muchas especies de esta familia pueden desarrollarse en suelos empobrecidos por el lixiviado de nutrientes típico de las explotaciones agrícolas, gracias a que establecen una interacción simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno.

Algunas de las especies identificadas en este estudio pertenecientes a la familia Fabaceae se encuentran en el gremio de heliófitas durables como *Bursera*

simaruba, *Dendropanax arboreus*, *Gliricidia sepium*, *Lonchocarpus castilloi*, *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula*, entre otras, y especies de otras familia como *Cedrela odorata* y *Chrysophyllum mexicanum*. Según Hartshorn (1980) y Finegan (1996), las heliófitas durables se establecen bajo el dosel arbóreo pero requieren necesariamente de claros, para que la luz llegue al suelo en la selva a fin de favorecer su crecimiento, por lo que su abundancia en la selva madura es común y algunas de ellas llegan a ser dominantes en esta fase. En este gremio se encuentran la mayoría de las especies utilizables y valiosas como el cedro y caoba (Sánchez et al, 2007; Negreros-Castillo et al, 2014).

De igual forma especies enlistadas en este estudio pertenecientes al gremio de heliófitas efímeras como *Cecropia peltata*, *Cochlospermum vitifolium* y *Thevetia gaumeri* y esciófitas como *Brosimum alicastrum*, *Manilkara sapota*, y *Swartzia cubensis* que pueden encontrarse en todos los estados sucesionales; son especies cuyas plántulas se establecen y crecen bajo dosel, pero exigen la luz directa para pasar de la etapa de fuste joven a fuste maduro (Sánchez et al. 2007; Vester y Navarro-Martínez. 2007; Negreros-Castillo y Martínez-Salazar. 2011). Las myrtaceas se presentaron solo en el ES 2 y 3, con especies como *Pisidium sartorianum*, importante por sus frutos comestibles, *Eugenia rhombea*, especie melífera, utilizada en la apicultura (Arellano et al., 2003).

Vester y Navarro-Martínez (2007) mencionan a *L. latisiliquum* y *P. piscipula* como especies que se pueden hallar desde las primeras fases iniciales de la regeneración hasta la fase madura, lo cual coincide con este estudio donde se encontraron estas especies en los tres estados sucesionales. Pennington y Sarukhán (2005) también mencionan a la *P. piscipula* como una especie que se localiza en la vegetación secundaria de zonas perturbadas. Estas especies se encuentran en los tres estados sucesionales del presente estudio.

2.5.2 Estructura de los tres estados sucesionales

En la estructura vertical del componente arbóreo, en los tres estados sucesionales

la mayor cantidad de individuos por hectárea se concentró en el estrato medio (3 a 9 m) y en el estrato inferior (< 3 m) lo cual fue similar a estudios de sucesión en otras selvas medianas subperennifolia de Quintana Roo (Carreón-Santos y Valdés-Hernández, 2014) y de Veracruz (Godínez-Ibarra & López-Mata, 2002). La diferencia más notoria está en que a pesar de que son estados sucesionales tempranos y con edades cortas entre ellos, se puede ver la diferencia en el cambio de las alturas, el ES 1 la mayoría de sus individuos están en el primer estrato y los estados sucesionales 2 y 3 la mayoría de las plantas registradas estaban en el segundo estrato, pero empiezan aparecer más individuos en el tercer estrato de las clases de altura, lo que indica diferenciación y estratificación.

Para la distribución diamétrica, la mayoría de los individuos por hectárea se agruparon en la primera categoría de 1 a 5 cm, en los tres estados sucesionales. En las demás clases diamétricas el número de individuos descendió gradualmente o no se encontraron individuos en esas clases diamétricas. Con base en la distribución por clases diamétricas del componente arbóreo, se distinguió dos tipos de patrones generales de estructura poblacional. El patrón tipo I y III, reportados por Bongers *et al.* (1988). El estado sucesional 1 presentó un patrón tipo III, esto concuerda con lo descrito por Smith *et al.* (1997), con la primera etapa de desarrollo del rodal, iniciación del rodal, donde después de una perturbación se crea un espacio donde los árboles que se establecen en el y algunos ya existentes, en algunos casos herbáceas anuales o algunas especies de vida corta. La curva de población de tipo 3 se caracteriza por la concentración de la mayor parte de los individuos (en general, 50% o más) en la primera clase de tamaño, teniendo una buena reproducción pero un mal reclutamiento. Los estados sucesionales 2 y 3 presentaron el patrón tipo I, el cual sugiere una distribución de J invertida, lo cual indica un rodal equilibrado de diferentes edades y una buena repoblación, establecimiento y regeneración natural continua en dichos estados sucesionales (Smith *et al.*; 1997, Sabogal *et al.*, 2001^a, Sabogal *et al.*, 2001^b, Godínez-Ibarra y López-Mata, 2002).

El IVI fue mayor para especies representativas de la vegetación secundaria de la Selva Mediana Subperennifolia (SMS), tales como *C. spicata*, *P. piscipula* y *B. simaruba* que se encuentran en los tres estados sucesionales, esto se debió a que tenían un gran número de individuos en toda el área muestreada, o que también su área basal (AB) fueron muy representativos, como se observa en la tabla 5. La mayoría de las especies con el mayor IVI tienen un uso maderable para horcones, aserrío, palizada, leña, y no maderable como obtención de resinas y medicinal. Esto se relaciona con Negreros-Castillo et al, (2014) quien menciona que los estados sucesionales provenientes de la milpa maya que tradicionalmente aparte de la obtención de alimentos para el sustento de la familia, brinda igual los recursos antes mencionados, combinándolos en una práctica agroforestal. Pero de igual forma puede ser utilizada como método silvícola para el manejo de especies de importancia en la región

Las diferencias en la diversidad de especies no fue significativa en la comparación entre los tres estados sucesionales, dado que son muy cercanos entre ellos en la edad de abandono del área ($P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$) ver tabla 7, pero puede observarse diferencias graduales en su estructura vertical y horizontal.

En comparación con otras selvas medianas subperennifolia (SMS) de México, la diversidad de especies arbóreas en los tres estados sucesionales del ejido Laguna Kaná, Quintana Roo ($H' = 3.57$) fue parecida a la obtenida en Vega de Alatorre, Veracruz ($H' = 3.30$; Godínez-Ibarra & López-Mata, 2002), en Calakmul, Campeche ($H' = 3.29$; Zamora-Crescencio et al., 2012), Andrés Quintana Roo ($H' = 3.27$; Valdez-Hernández & Carreón-Santos, 2014), pero mayor que en Hampolol, Campeche ($H' = 2.28$; Gutiérrez et al., 2013).

En cuanto a la *similitud*, de las 89 especies y tres desconocidas para los tres estados sucesionales, 46 especies estuvieron presente en los tres estados sucesionales, 15 especies destacaron por su alto número de individuos, las más representativas son: *C. spicata*, *P. piscipula*, *C. reflexifolius* y *G. Combsii*. Los

estados sucesionales que tuvieron la mayor similitud fueron ES 2 y ES 3. Los estados sucesionales 1 y 2 presentaron la similitud más bajas y al igual que las especies compartidas (Tab. 7).

Los *Índices estructurales* que se utilizaron en este estudio para describir de una forma más específica a tres estados sucesionales, son usados para detallar de una manera individual la estructura del rodal, con el fin de conocer como se modifica la estructura en las diferentes etapas de sucesión. El Índice de diversidad de especies arbóreas (*Hs*) es igual, pero el DN (*Hd*) y altura (*Hh*) mostraron datos diferentes entre ellos (Tab. 8). El índice de altura (*Hh*) y el promedio (*Hsdh*) mostraron una diferenciación ligera en la estratificación de alturas. Se pudo deducir que debido a que son estados sucesionales tempranos y muy cercanos entre ellos no se logra ver una gran diferencia, pero se logró observar ligeros cambios crecientes en *Hh* y *Hsdh*. En *Hd* se observa que los estados sucesionales mayores tienen mejor diversidad estructural diamétrica. De esta forma se puede decir que, el ES 2 y ES 3 resultaron estructuralmente más diversos que el ES 1 al tener valores ligeramente mayor en tres índices de cuatro (*Hd*, *Hh* y *Hsdh*). Los valores más altos indican una mayor complejidad en la estructura de rodal en el desarrollo forestal (Lei et al. 2009). Comparando la diversidad estructural de la vegetación secundaria en selva mediana subperennifolia (SMS) de Quintana Roo con la SMS de Tabasco (edad de 40 años), se pudo ver que los valores de los cuatro índices estructurales en promedio utilizados en este estudio fueron menores (*Hs*: 1.37, *Hd*: 0.88, *Hh*: 0.93 y *Hsdh*: 1.07) que los reportados por Martínez-Sánchez, (2016) (*Hs*: 2.895, *Hd*: 2.697, *Hh*: 2.345 y *Hsdh*: 2.646) y para una selva alta perennifolia (SAP con 80 años de edad) *Hs*: 5.173 *Hd*: 3.031, *Hh*: 2.76 y *Hsdh*: 3.655. Estos valores obtenidos para la SMS de Quintana Roo son bajos debido a su corta edad (a excepción de *Hs*: 1.37, que fue mayor) con los que reportó Lei et al. (2009): para *Hs*: 0.512 *Hd*: 1.58, *Hh*: 1.41 y *Hsdh*: 1.174, donde originalmente se aplicaron estos índices, lo que refleja una mayor diversidad estructural de las selvas tropicales.

2.5.3 Crecimiento

La diferencia en la tasa de *crecimiento* de diámetro y altura es que el estado sucesional 1 presentó mayor crecimiento, esto de acuerdo a Oliver y Larson (1996) y Smith *et al.* (1997), donde inmediatamente después del abandono por el disturbio, la milpa, el espacio está disponible de recursos de nutrientes, luz, agua, con poca competencia, así que las especies que se establecen, rebrotan o estaban ahí como regeneración avanzada, están en un estado de iniciación, donde la disponibilidad de los recursos les permite establecerse e iniciar su crecimiento. Y los estados 2 y 3 presentaron más similitud con el estado de exclusión o competencia de tallos, lo que redujo el crecimiento de las especies pero no su densidad (número de individuos por área) todavía hasta la fecha del presente estudio. Por lo que los estados 2 y 3 podrían estar en el inicio o interface entre el final de la iniciación e inicio de la exclusión de tallos y de más competencia, debido a la disminución en el crecimiento de las especies.

El valor del crecimiento promedio anual en altura (m/año), para cada estado sucesional con respecto al grupo de suelo fue para el ES 1 en grupo de suelo negro el cual fue mayor que el grupo de suelo rojo, en el ES 2 fue lo contrario y en el ES 3 el mayor crecimiento lo fue en el grupo de suelo negro (Tab. 13). El resultado que se obtuvo en el crecimiento promedio anual por estado sucesional fue mayor a lo obtenido por Cupul *et al.*, 1998 en una selva secundaria del ejido X-hazil y Anexos, municipio de Felipe Carrillo Puerto, del Estado de Quintana Roo.

Tabla 13. Comparación del crecimiento promedio en altura (m/año) por estado sucesional y por grupo de suelo.

AUTORES	E S 1 (1-3 años)		E S 2 (4-7 años)		E S 3 (8-12 años)	
	GRUPO DE SUELOS NEGRO	GRUPO DE SUELOS ROJO	GRUPO DE SUELOS NEGRO	GRUPO DE SUELOS ROJO	GRUPO DE SUELOS NEGRO	GRUPO DE SUELOS ROJO
Cupul <i>et al.</i> 1998	0.35 ^a		0.39		0.39 - 0.29	
Presente trabajo	2.88 ^b	1.68	0.66	0.96	0.53	0.47
	2.28 ^c		0.81		0.50	

^a Crecimiento promedio en altura (m/año). Año de perturbación (1, 4, 8, 12)

^b Crecimiento promedio en altura (m/año) por cada grupo de suelo

^c Crecimiento promedio en altura (m/año) por cada estado sucesional (2, 5.5 y 10 años)

El crecimiento de altura promedio anual, que se obtuvo en este estudio en comparación al estudio hecho por Cupul et al (1998) se puede deber al tamaño de los claros, tipo de perturbación ya que el presente trabajo vienen de acahuales derivados de la RTQ donde son claros grandes (aproximadamente 0.5 ha^{-1} a 1.5 h^{-1}) y los de Cupul y colaboradores son perturbaciones provenientes de aberturas en el dosel de aproximadamente 5 m de ancho por 15 m de largo proveniente del aprovechamiento forestal de la caoba. Estas diferencias podrían deberse según Gómez y Vázquez (1985), a que las selvas no son comunidades estáticas, sino que en ellas ocurren cambios constantes como mortandad en el estrato herbáceo y arbustivo o bien ya han cumplido con su ciclo biológico. Klepac D. (1983) menciona que los factores que influyen en el crecimiento en altura principalmente es el factor genético, la calidad del suelo y la competencia intraespecífica e interespecífica por factores limitantes.

La luz también juega un papel muy importante en el proceso de crecimiento de las selvas y éste será de acuerdo a las condiciones de deficiencia o abundancia de aquella y al grado de tolerancia o intolerancia de las especies (Del Amo. 1985) (tomado de García *et al.*, 1993). Lo anterior coincide con lo encontrado en otros estudios en diferentes partes del mundo (Liew y Wong, 1973; Brokaw, 1985b y 1987; Popma y Bongers, 1988), en los cuales se argumenta que el crecimiento en altura se debe al incremento en la entrada de luz en las aberturas (Tomado de Macario *et al.*, 1995).

Los claros o las aberturas de dosel en las selvas por efectos de las perturbaciones juegan un papel fundamental, ya que dependiendo del tamaño es la cantidad de luz entrante y de espacio disponible (Negreros-Castillo. 2003). Esto beneficia a ciertas especies en un crecimiento más rápido en la ocupación de esos claros, Martínez (1994) menciona que los claros pequeños facilitan el desarrollo de plántulas y árboles jóvenes mientras que los claros grandes permiten a los árboles alcanzar tallas reproductivas. Algunos estudios en caoba, tzalam y otras especies en selvas tropicales, encontraron mayor regeneración y alcanzando mayores

incrementos promedios de DN anuales en claros grandes después de un disturbio (Macario et al, 1995. Snook, 2002. Snook, *et al.*, 2005. Sorensen. 2006. Negreros-Castillos, 2014). Lo que confirma que algunas especies maderables de importancia económica pueden desarrollarse mejor en áreas como lo son las milpas mayas después de una perturbación como lo es la RTQ. Negreros-Castillo et al, (2014) menciona que de igual forma puede ser utilizada como método silvícola para el manejo de especies de importancia en la región.

El crecimiento promedio en diámetro anual (cm/año) obtenido mediante IMA's mostró un comportamiento parecido a trabajos anteriores (Villavicencio y Valdez, 2003; Carreón y Valdez, 2014), donde en el primer estado sucesional la mayor parte de los individuos se encontraron en las primeras clases diamétricas, se observó que el mayor crecimiento se dio en el ES 1 (0.96 cm/año), seguido del 2 (0.45 cm/año) y de último el 3 (0.41 cm/año). Esto puede deberse a que ya no hay espacio disponible para nuevas plantas, la alta densidad, los nutrientes y las características propias de las especies juegan un papel importante en el crecimiento del diámetro.

En un estudio hecho por López-Ayala, et al. (2006) en un área de selva mediana subcaducifolia del Estado de Colima se determinó su crecimiento estacional en diámetro de tres especies de importancia forestal en la región. Se les instalaron bandas dendrométricas para tomar lecturas cada dos meses, durante 13 meses (agosto 2002-agosto 2003). *B. Simaruba* obtuvo 0.25 cm (banda) y 0.69 cm (cinta). El dato obtenido en la medición con cinta diamétrica es similar con los datos obtenidos en el presente estudio en el ES 2 y ES 3 (Tab. 11).

2.5.4 Preferencia de sitio

La *preferencia de sitio* de las 21 especies seleccionadas en este estudio demostró que especies como *B. Simaruba*, *E. Rhombea*, *P. piscipula*, *S. cubensis* entre otras, son especies generalistas en cuanto a la preferencia de sitio respecto al grupo de suelo ($P \geq 0.05$, $P \geq 0.01$, $P \geq 0.005$) en la prueba de X^2 , a pesar de que

la mayoría de los individuos se encontraban en el grupo de suelo negro lo que se entiende que estas especies pueden desarrollarse sin ningún problema en cualquier tipo de suelo, solo una especie fue altamente significativa con preferencia de grupo de suelo rojo *C. vitifolium* ($P \geq 0.005$), la mayoría de las especies como *L. rugosus*, *Z. guidonia* y *V. gaumeri* entre otras, fueron significativos para el grupo de suelo negro ($P \geq 0.05$, $P \geq 0.01$, $P \geq 0.005$).

Negreros-Castillo y Martínez-Salazar en el (2011), en selvas medianas subperennifolias del ejido Laguna Kaná, Quintana Roo, encontraron que la especie tzalam el 84 % de los árboles se localizaron en suelo *Box Lu`um* (negro), 12% en *Ek' Lu`um* (café) y 4% en Chackluum (rojo). Al analizar la distribución de suelos en toda el área de estudio se observa que sólo 5% corresponde a suelo negro, lo cual indica que existe una preferencia ecológica del tzalam por el suelo negro. Con estos datos y los obtenidos en este trabajo se puede corroborar la preferencia de algunas especies por los tipos de suelo. Sorensen (2006) también observó que, a nivel de plántula, el tzalam se establece, preferentemente, en suelo negro. Rodríguez y Barrio (1979) en un experimento a nivel vivero con caoba observo que el mejor comportamiento se obtuvo en suelo Yaaxhom (negro).

Es de suma importancia hacer más estudios referente a los tamaños de claros y de luz que necesitan ciertas especies de interés, no solo las de aprovechamiento maderables comunes como cedro y caoba sino igual otras especies que están adquiriendo interés tal es el caso del *M. zapota*, *L. latisiliquum*, *M. brownei*, *S. cubensis*, *Brosimum alicastrum*, *P. piscipula*, *B. simaruba*, *D. Arborius*, *L. castilloi*, *Vitex gaumeri* por nombrar algunas en este trabajo. Especies para palizada como: *L. rugosus*, *Caesalpinia gaumeri* *Hampea trilobata*, *Zuelania guidonia* *Guettardia combsii*. Otras especies se usan locamente ya sea para leña, como bajareque o cercas para delimitar sus casas, o construcciones. Y las no maderables como en el uso de la medicina tradicional maya en donde se usa hojas, resinas, tallos o raíces de ciertas especies, y en las artesanías algunos tipos de bejucos (sinat.semarnat.gob.mx, 2007. Racelis y Barsimantov, 2008).

2.6 CONCLUSIÓN

En trabajos anteriores y en el presente estudio se confirmó que la familia de las Fabaceae o Leguminosae, es donde se encuentran las especies más dominantes en la Selva Mediana Subperennifolia, siendo a su vez la más importante ya que en dicha familia se encuentra la mayoría de las especies forestales de valor comercial. Esta familia fue la más representativa en los tres estados sucesionales provenientes de acahuals de diferentes edades, derivados de la RTQ. Se recomienda hacer más trabajos referentes a las sucesiones de diferentes edades ya que son como un reservorio de diferentes especies de importancia forestal y otros usos.

La importancia de la estratificación vertical y horizontal nos ayuda a comprender como la selva se comportó en los diferentes estados sucesionales, en donde las alturas más pequeñas están en ES1 y el cambio gradual del ES2 de un estado inicial a uno joven (ES 3). Lo mismo se observó en el estrato horizontal, en donde se observó los diámetros más chicos corresponden al ES1 y el ES2 y ES3 empiezan a tener individuos en las demás clases diamétricas. Esto muestra un cambio estructural gradual.

Los índices estructurales (utilizando como base Shannon) empleados en este estudio, fueron una herramienta para poder observar como la diversidad estructural en los tres estados sucesionales cambian ligeramente a nivel Hd , Hh y $Hsdh$ hubo un cambio entre cada estado sucesional. Es de importancia poder utilizar estos índices ya que brindan información general e individual de la estructura del área a conocer.

El crecimiento promedio en altura y diámetro en los tres estados sucesionales y por cada grupo de suelo, que se calculó en las 21 especies con mayor número de individuos en los tres estados sucesionales, mostró como el primer estado sucesional obtuvo los crecimientos más altos, y conforme los estados fueron

avanzando el crecimiento fue menor debido a la competencia que empieza haber por los nutrientes, agua, espacios, y luz especialmente.

Respecto a la preferencia de sitio en razón del grupo de suelo se observó que la mayoría de las 21 especies seleccionadas, tuvieron una preferencia por el grupo de suelo negro, solo una prefirió el grupo de suelo rojo, y otras especies son generalistas. Esta información es de gran ayuda a la hora de tomar decisiones en un programa de manejo forestal o de una reforestación. Se sabe que para la agricultura se seleccionan los mejores suelos, esto a su vez hace que las áreas para reforestar o hacer alguna plantación forestal pueda ser un poco más difícil localizar suelos deseables. Al igual que el enriquecimiento de las selvas, con la información obtenida se pueden tener mejores resultados con las especies que se trabajó en este estudio. Se deben elaborar mas investigación que vaya de la mano con el crecimiento y la preferencia de sitio de diversas especies, esto podría ser el resultado de un mejor manejo de los recursos.

Tomando en cuenta también a los claros provenientes de acahuales derivados de la RTQ, son un buen lugar para llevar a cabo plantaciones con todas las especies de interés, ya que de igual forma pueden ser utilizados como método silvícola para el manejo de especies de importancia en la región (Negreros-Castillo et al, 2014). Actualmente las milpas mayas tradicionales están en un modelo agroforestal, de tal manera que puedan cosechar los alimentos para su sustento y a la vez productos de la vegetación secundaria (www.cicy.mx).

2.7 LITERATURA CITADA

Arellano, J., S. Flores, J. Tun y M. Cruz. (2003). Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense. Fascículo 20. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAY. 815 p.

Barrera, A., A. Gómez-Pompa, y C. Vázquez-Yanes. (1977). El manejo de las selvas por los Mayas: Sus implicaciones silvícolas y agrícolas. *Biótica* 22 (2):47-61.

Bautista F, Zinck JA (2010) Construction of an Yucatec Maya soil classification and comparison with the WRB framework. *J Ethnobiol Ethnomed* 6:7. doi:10.1186/1746-4269-6-7

Bongers, F.; Pompa, J.; J. Meave, D. C. J. y Carabias, J. (1988). Structure and floristic composition of the lowland rain forest of los Tuxtlas, México. *Vegetation*. (74) 55 – 80.

Carreón-Santos, Roy J. y Valdez-Hernández, Juan I. (2014). estructura y diversidad arbórea de vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, . 119-130.

Cintrón G, Schaeffer-Novelli Y (1983) Introducción a la ecología del manglar UNESCO. Montevideo, Uruguay 109 p.

Clements, F. E. (1916). *Plant Succession. An analysis of the development of vegetation*. Cornegie Institution. Washington D. C. 242 pp.

Connell, J. H. y Slatyer, R. O. (1977). Mechanisms of succession in natural

communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist*. 111 (982): 1119 – 1144.

Corella, J. F., Valdez, H. J. I., Cetina, A. V. M., González, C. F. V., Trinidad, S. A., & Aguirre, R. J. R. (2001). Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Revista Ciencia Forestal en México*, 26(90), 73–102. Obtenido de <http://www.revistasinifap.org.mx/index.php/Forestales/article/view/38>

Cox, W. G. (1981). *Laboratory manual of general ecology*. William C. Brown Co. Publishers. Iowa, USA. 230 p.

Cupul et al. (1998). Regeneración de la selva mediana subperennifolia después del aprovechamiento forestal selectivo en el ejido “X-hazil y Anexos”, Quintana Roo. *Rev. Ciencia Forestal en México*. 23(83), 67-79.

Curtis, J. T., and R. P. McIntosh. (1951). An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.

Del Amo R, S. (1985). “Algunos aspectos de la influencia de la luz sobre el crecimiento inicial de árboles juveniles de especies primarias”. *En*. Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz. INIREB. Xalapa, Veracruz, México. pp. 79-91.

Ejido X-Maben y Anexos municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo. (2007). Manifestación de impacto ambiental para el aprovechamiento de las diferentes especies maderables incluyendo siricote y granadillo en 12,000-00-00 hectáreas.

<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/qroo/estudios/2005/23QR2005FD032.pdf>

Finegan, B. (1996). Pattern and process in neotropical secondary rain forest: the first 100 years of succession. *Ecol.* 11: 119 – 124.

Flores-Guido, J. S., (2001). *Leguminosae, florística, etnobotánica y ecología*. Universidad Autónoma de Yucatán. Etnoflora Yucatanense, Fascículo 18. 320 pp.

Franco L. j., A. G. de la Cruz, G. A. Cruz, R. A. Rocha, S. N. Navarrete, M. G. Flores, M. E. Kato, C. S. Sánchez, A. L. Abarca y S. C. Bedia. 2001. Manual de ecología. Sexta reimpresión. Trillas. 266 pp.

García-Cuevas, X., Negreros-Castillo, P., Rodríguez-Santiago, B. (1993). Regeneración natural de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) bajo diferentes densidades de dosel. *Rev. Ciencia Forestal en México*, 18 (74) 25-43.

García, E. (1998). Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 252 p.

Gentry, A.H. (1982). Patterns of neotropical plant species diversity. *Evol. Biol.* 15:1-84.

Godínez-Ibarra, O., & López-Mata, L. (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. Obtenido de <http://www.ejournal.unam.mx/bot/073-02/BOT73206.pdf>

Gómez-Pompa A., C. Vázquez-Yáñez. (1985). Estudios Sobre la Regeneración en Selvas en Regiones Cálidas Húmedas de México. In: *Investigaciones Sobre la Regeneración en Selvas Altas en Veracruz, México*. Vol. II. Gómez-Pompa A. y S. Del Olmo (eds.). Alhambra, México, D.F. pp. 1-25.

Gómez-Pompa, A. y Vázquez-Yanes, C. (1974). Studies on the secondary succession of tropical lowlands: The cycle of secondary species. Pp. 336–342. En: W. H. Dobben and R. H. Lowe-McConnell (Eds.). Proceedings of the First International Congress of Ecology. The Hague. International Association of Ecology.

Granados-Sánchez, D., López-Ríos, G. F. Y Murcia-Trujillo, E. (1999). La milpa en la zona maya de Quintana Roo. *Revista de geografía agrícola*. 28: 57-72.

Gutiérrez, B. C., Zamora-Crescencio, P., & Puc-Garrido, E. C. (2013). Estructura y composición florística de la selva mediana subperennifolia de Hampolol, Campeche, México. *Foresta Veracruzana*, 15(1), 1–8. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/497/49728291001.pdf>

Granados, D. y López, G. F. (2000). Sucesión ecológica. Dinámica del ecosistema. México. Universidad Autónoma Chapingo. 197 p.

Hartshorn, G. (1980). Neotropical forest dynamics. *Tropical Succession*. 23-30.

Ibarra-Manríquez, G.; Villaseñor, J.L. y Durán, G.R. (1995). Riqueza de especies y endemismo del componente arbóreo de la Península de Yucatán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 57:49-77.

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/anuario_multi/2012/qroo/702825048013.pdf

Klepac, D. (1983). Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. 2a. ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 365 p.

Krebs, C. J. (1986). *Ecología. Estudio de la distribución y abundancia* (2a ed.). España: Pirámide.

La milpa maya tradicional: Un sistema agroforestal.

<http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap2/16%20La%20milpa%20maya%20tradicional>

Lei, X., Wang, W. y Peng, C. (2009). Relationships between stand growth and structural diversity in spruce-dominated forests in New Brunswick, Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 39 (10), 1835-1847.

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

López-Toledo, J. F., Valdez-Hernández, J. I., Pérez-Farrera, M. A., & Cetina-Alcalá, V. M. (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. Obtenido de <http://www.revistasinifap.org.mx/index.php/Forestales/article/view/1847>

Macario, M. P. A., García, M. E., Aguirre, R. J. R., & Hernández, X. E. (1995). Regeneración natural de especies arbóreas en una selva mediana subperennifolia perturbada por extracción forestal. *Acta Botánica Mexicana*, 32, 11–23. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57403202>

Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Oxford, UK: Blackwell Publishing. 256 p.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press. 200 pp.

Martínez, R.-M. (1994). Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 54: 179-224.

McElhinny, C., Gibbons, P., Brack, C. y Bauhus, J. (2005). Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement. *Forest Ecology and Management*, 218 (1-3), 1-24.

Martínez-Sánchez, José L. (2016). Comparación de la diversidad estructural de una selva alta perennifolia y una selva mediana subperennifolia en Tabasco, México. *Maderas y bosques* 22 (2): 29-40.

Miranda, F. y Hernández, X. E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 28: 28 – 179.

McCOOK, L.J. 1994. Understanding Ecological Community Succession - Causal Models and Theories, a Review. *Vegetatio* 110: 115-147.

Negreros-Castillo, P., L. Cámara-Cabrales, M.S. Devall, M.A. Fajvan, M.A. Mendoza Briseño, C. W. Mize, A. Navarro-Martínez. (2014). *Silviculture guide for the mahogany forests of Quintana Roo, Mexico*. North American Forestry Commission. USFS-FAO.

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.

Negreros-Castillo, P. y Mize, C., M. (2013). Soil-site preferences for mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Yucatan Peninsula. *New Forests*. 44: 85-99.

Negreros-Castillo, P.; L. K. Snook & C. W. Mize. (2003). Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla* King) from seed in Quintana Roo, Mexico: the effects of sowing method and clearing treatment. *Forest Ecology and Management*. 183:351-362.

Oliver, C. D. y Larson, C. L. (1996). *Forest Stand Dynamics*. USA. John & Sons, Inc. 89 – 189 pp.

Pennington, D. T. y Sarukhán, J. (2005). *Arboles Tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies*. 3^{ra} Ed. México. Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica. 523 pp.

Pickett, S. T. A., Collins S. L. y Armesto J. J. (1987). A hierarchical consideration of causes and mechanisms of succession. *Vegetation*. 69: 109 – 114.

Pool DJ, Snedaker SC, Lugo AE (1977) Structure of mangrove forest in Florida, Puerto Rico, México and Costa Rica. *Biotropica* 9(3): 195-212.

Pommerening, A. (2002). Approaches to quantifying forest structure. *Forestry*, 75 (3), 305-324.

Racelis, Alexis, E. y Barsimantov, J. A. (2008). The Management of Small Diameter, Lesser-Known Hardwood Species as Polewood in Forest Communities of Central Quintana Too, Mexico. *Journal of Sustainable Forestry*. 27(1-2). 122-144.

Rocha R. A., R. Chávez, A. Ramírez y S. Cházaro. (2010). *Comunidades. Métodos de estudio*. 4ta reimpression. México D.F. UNAM y la Facultad de estudios superiores Iztacala. 248 pp.

Rodríguez A, Barrio CJ (1979) Desarrollo de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en diferentes tipos de suelos. *Ciencia Forestal* (México) 4:45–64

Rodríguez Santiago, B., & García Cuevas, X. (2012). Cortas intermedias en sitios de vegetación secundaria. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 18(74). Recuperado de <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/Forestales/article/view/1203/1201>

Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 504 pp.

Sabogal, C., Castillo, A., Carrera, F., & Castañeda, A. (2001). Aprovechamiento mejorado en bosques de producción forestal: Estudio de caso Los Filos, Río San Juan, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

Sabogal, C., Castillo, A., Mejía, A., & Castañeda, A. (2001). Aplicación de un tratamiento silvicultural experimental en un bosque de La Lupe, Río San Juan, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

Saldarriaga J., UHL C., (1991). Recovery of forest vegetation following slash-and-burn agriculture in the upper Rio Negro. *In: Rain Forest Regeneration and Management*. Gómez-Pompa, Whitmore, Hadley (ed.). MAB-UNESCO, V, 303-313.

Sánchez-Sánchez O, Islebe GA (2002) Tropical forest communities in southeastern Mexico. *Plant Ecol* 158:183–200

Sánchez S., O.; Islebe, G. A.; Valdez H.; M. (2007). Flora arbórea y caracterización de gremios ecológicos en distintos estados sucesionales de la selva mediana de Quintana Roo. *Foresta Veracruzana* 9(2): 17-26.

Sánchez, S. O. e Islebe, G. (2000). La selva del noreste del estado de Quintana Roo: Distribución y dominancia de especies arbóreas. *Foresta Veracruzana* 2 (1): 11-17.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2007)
<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/CUSF/23L701151212>

Shannon-Wiener, C. E. (1949). The mathematical theory of communication. En C. E. Shannon-Wiener y W. Weaver (Eds.), *The Mathematical Theory of Communication*. E. U. A.:University of Illinois Press, Urbana.

Smith, D. M.; Larson, B. C.; Kelty, M. J. y Ashton, P. M. S. (1997). The practice of silviculture: Applied forest ecology. John Wiley & Sons, Inc. New York. 537 pp.

Snook, L. K. (2002). Regeneración y crecimiento de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en selvas de Quintana Roo. *Rev. Ciencia Forestal en México*. 25(87), 59-76.

Snook, L. K., P. Negreros-Castillo, and J. M. O'Connor. (2005). Supervivencia y crecimiento de plántulas de caoba en aperturas creadas en la Selva Maya de Belice y México. *Recursos Naturales y Ambientales* 44:91-99.

Sorensen, N. (2006). Regeneration and Growth of Several Canopy Tree Species in the Maya Forest of Quintana Roo, Mexico: The Role of Competition and Microhabitat Conditions. Tesis de Doctorado. Oregon State University. Oregon, USA.

Spurr, S., H., y Barnes, B., V. (1982). *Ecología Forestal*. 3ª. Ed. AGT Editor S.A. México, D.F. 321 p.

Staudhammer, C. L. y LeMay, V. M. (2001). Introduction and evaluation of possible indices of stand structural diversity. *Canadian Journal of Forest Research*, 31 (7), 1105-1115.

Stiling, P. (1999). *Ecology; theories and applications* (3rd ed.). New Jersey, USA: Prentice Hall.

Vester, H., & Navarro, N. M. (2007). *Árboles maderables de Quintana Roo*. Consejo Quintanarroense de Ciencia y Tecnología. CONACYT

Vester, H. F. M.; Navarro-Martínez, M. A. (2005). Ecological issues in community tropical forest management in Quintana Roo, Mexico. In: Bray, D. B.; Merino-Pérez, L.; Barry, D., eds. *The community forests of Mexico: managing for sustainable landscapes*. University of Texas Press, Austin, Tx: 183-213.

Villavicencio-Enríquez, L., & 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. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30237410>

Turner, B. L., V. S. Cortina, D. Foster, J. Geoghegan, E. Keys, P. Kepleis, D. Lawrence, P. Mendoza, S. Manson, Y. Ogneva-Himmelberger, A. Plotkin, S. D. Pérez, R. Chowdhury, B. Savitsky, L. Schneider, B. Schmook y C. Vance. (2001). Deforestation in the southern Yucatán peninsular region: an integrative approach. *Forest Ecol. Manag.* 154: 353-370.

Zamora-Crescencio, P., Gutiérrez-Báez, C., Folan, W. J., Domínguez-Carrasco, M. R., Villegas, P., Cabrera-Mis, G., Castro-Angulo, C. M., & Carballo, J. C. (2012). La vegetación leñosa del sitio arqueológico de Oxpemul, municipio de Calakmul, Campeche, México. *Polibotánica*, 33, 131–150. Obtenido de <http://www.herbario.encb.ipn.mx/pb/pdf/pb33/vege.pdf>

Zarco-Espinosa, V.M., Valdez-Hernández, J.I., Ángeles-Pérez, G., Castillo-Acosta, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo. 26(1):1-17.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

ANEXO II

Figura 4. del método de Gentry (1982) modificado utilizado en los tres estados sucesionales de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.



Figura 5. Curva de acumulación de especies en los tres estados sucesionales de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.

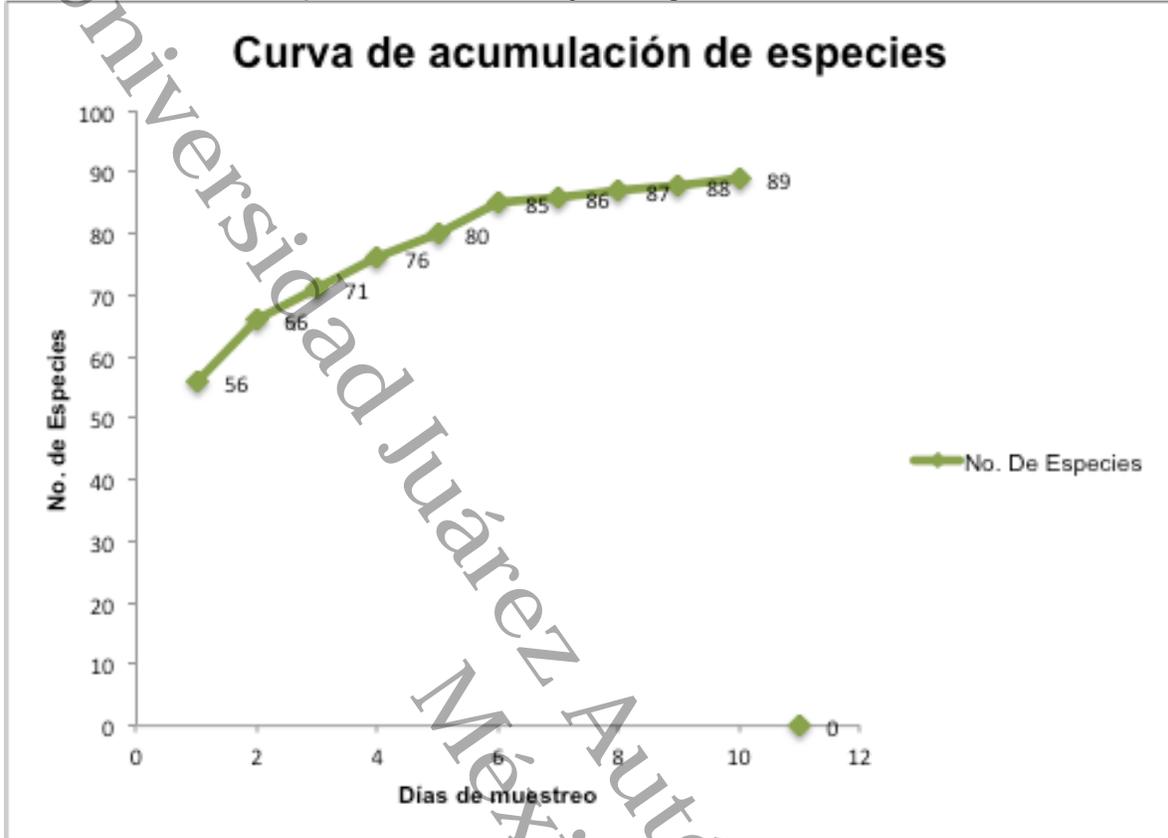


Figura 6. Distribución del número de especies por familia, en los tres estados sucesionales de la selva mediana subperennifolia en el ejido Laguna Kaná, Quintana Roo.

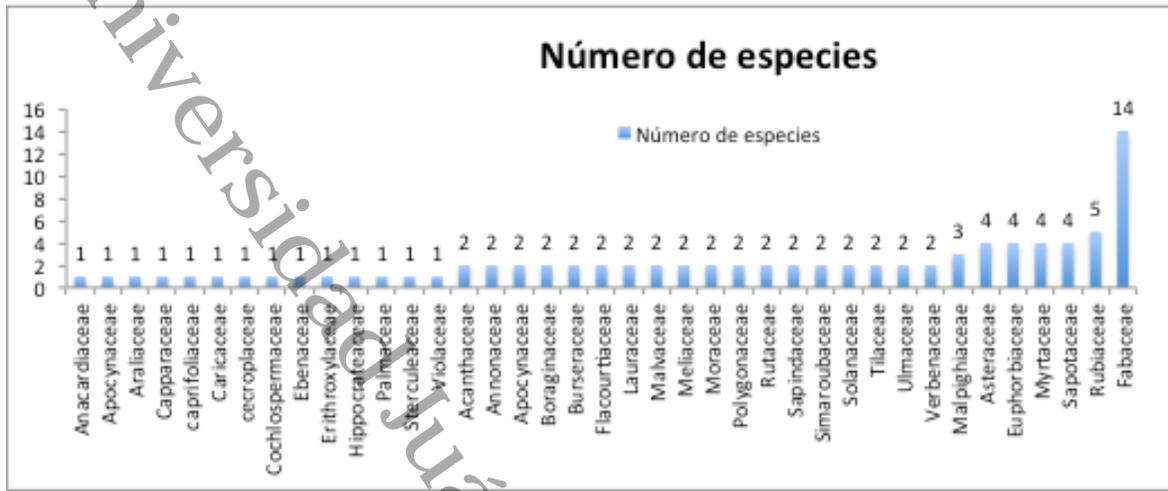


Tabla 14. Crecimiento promedio de DN anual (cm/año) por grupo de suelo en cada estado sucesional.

E S 1 (1-3 años)		E S 2 (4-7 años)		E S 3 (8-12 años)	
GRUPO DE SUELOS		GRUPO DE SUELOS		GRUPO DE SUELOS	
NEGRO	ROJO	NEGRO	ROJO	NEGRO	ROJO
0.82	1.1	0.47	0.42	0.43	0.39
0.96 ^a		0.45		0.41	

^a Crecimiento promedio de DN anual (cm/año) para cada estado sucesional.