

“ ENSEÑAR LA EXPLOTACION DE  
LA TIERRA, NO LA DEL HOMBRE ”

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES**

**PROGRAMA DE POSGRADO**

***ALOMETRÍA DE VARIABLES DASOMETRICAS EN  
ÁRBOLES DE VEGETACIÓN SECUNDARIA, DERIVADA  
DE UNA SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA***

**TESIS  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES**

**JORGE LUIS LÓPEZ TORRES**

**CHAPINGO, MÉXICO. 1995**



DX 86779  
- 153054

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del comité indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

PRESIDENTE: \_\_\_\_\_

  
DR. FRANCISCO J. ZAMUDIO SANCHEZ

ASESOR: \_\_\_\_\_

  
DR. HUGO RAMIREZ MALDONADO

ASESOR: \_\_\_\_\_

  
DR. DIODORO GRANADOS SANCHEZ

El jurado del Examen de Grado de Maestría en Ciencias Forestales estuvo  
constituido por:

PRESIDENTE: \_\_\_\_\_

DR. FRANCISCO J. ZAMUDIO SANCHEZ

ASESOR: \_\_\_\_\_

DR. HUGO RAMIREZ MALDONADO

ASESOR: \_\_\_\_\_

DR. DIODORO GRANADOS SANCHEZ

REPRESENTANTE DE LA COORDINACION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO DE LA  
DICIFO:

\_\_\_\_\_

DR. J. JESUS VARGAS HERNANDEZ

REPRESENTANTE DE LA COORDINACION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO DE LA  
UACH:

\_\_\_\_\_

DRA. AMPARO BORJA DE LA ROSA

Cada uno de los cuales, revisó y aprobó la tesis presentada.

Chapingo, México a 9 días del mes de junio de 1995

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis agradecimientos a las siguientes instituciones y personas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología Y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agrícolas y Pecuarias, por el apoyo económico brindado durante el desarrollo de mis estudios.

Al Dr. Francisco J. Zamudio Sánchez, por su asesoría y dirección de esta tesis y por su disponibilidad para aclarar mis dudas.

A los CC. Dr. Hugo Ramírez Maldonado, Dr. Diodoro Granados Sánchez, Dra. Amparo Borja de la Rosa, Dr. J. Jesús Vargas Hernández y al M.C. Dante A. Rodríguez Trejo, por la revisión del trabajo y acertadas sugerencias.

Al M.C. Fernando Patiño Valera, Director del Centro de Investigaciones del Sureste, por su amistad, apoyo constante en la realización de mis estudios y haber autorizado el uso de la información de los Sitios Permanentes de Investigación Silvícola (SPIS) para el trabajo de tesis.

A los investigadores y trabajadores de campo del proyecto de Manejo de Bosques Naturales, que han participado en la planeación y trabajo de campo de los SPIS del C.E. "Ing. Eduardo Sangri Serrano", en Escárcega, Campeche.

A la familia Gómez Cruz, que me distinguen con su amistad.

A todos mis amigos y en especial a Salvador Madrigal Huendo, Manuel Marín Quintero, Vidal Guerra de la Cruz, Rodolfo Hernández Rea, Angélica Navarro Martínez y Concepción Pech Flores, por su compañerismo y amistad.

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

Edmundo R. López Hernández y Alba C. Torres López

a su memoria

### **A LOLY**

Por brindarme su amor, comprensión y constante apoyo en la realización de las metas que me he trazado.

### **A CRISTOPHER Y JAVIER**

Que son el motivo de mi superación.

### **A MIS HERMANOS:**

RAUL, FRANCISCO JAVIER e ILEANA.

Por su amistad e incondicional apoyo para la realización de mis estudios.

### **A MIS SOBRINOS**

## CONTENIDO

	Página
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	i
<b>DEDICATORIA</b>	ii
<b>CONTENIDO</b>	iii
<b>INDICE DE CUADROS</b>	v
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	viii
<b>RESUMEN</b>	x
<b>SUMMARY</b>	xi
<b>1. INTRODUCCION</b>	1
<b>2. ANTECEDENTES</b>	3
2.1. Dinámica de sucesión	3
2.2. Alometría	7
2.3. Uso de las relaciones	9
2.4. Características de las especies en estudio	12
<b>3. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO</b>	18
3.1. Localización geográfica	18
3.2. Fisiografía	18
3.3. Suelos	20
3.4. Hidrología	20
3.5. Clima	21
3.6. Vegetación	23
<b>4. MATERIALES Y METODOS</b>	23
4.1. Materiales	23
4.2. Metodología	24
4.2.1. Ubicación de sitios	24
4.2.2. Toma de información	27
4.2.3. Metodología estadística	28
4.2.3.1. Análisis de frecuencias	28

4.2.3.2. Selección de especies	28
4.2.3.3. Cálculo de relaciones	29
4.2.3.4. Análisis de Varianza de relaciones	33
4.2.3.5. Ajuste de modelos	34
4.2.3.5.1. Relación de altura y Relación de Diámetro	34
4.2.3.5.2. Relación de superficie	37
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>38</b>
5.1. Dinámica del componente arbóreo	38
5.1.1. Frecuencia de especies encontradas	38
5.1.2. Mortalidad	41
5.1.3. Incorporación	43
5.2. Comportamiento longitudinal y transversal de las relaciones	47
5.2.1. Análisis longitudinal	47
5.2.2. Análisis transversal	51
5.2.3. Comportamiento de las relaciones en las especies	55
5.2.3.1. Comportamiento de la relación de alturas	55
5.2.3.2. Comportamiento de la relación de diámetros	62
5.2.3.3. Comportamiento de la relación de superficies	67
<b>6. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS</b>	<b>72</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>74</b>
<b>8. APENDICE</b>	<b>80</b>

## INDICE DE CUADROS

Página

<b>Cuadro 1.</b> Distribución del número de individuos de la regeneración natural en los diferentes estratos y etapas sucesionales de una selva mediana subperennifolia en Escárcega, Campeche. (tomado de Centeno, 1989).	7
<b>Cuadro 2.</b> Estructura de edades en los sitios permanentes de investigación silvícola, ubicados en el Campo Experimental " Ing. Eduardo Sangri Serrano" en Escárcega , Campeche.	28
<b>Cuadro 3.</b> Especies seleccionadas para modelar sus relaciones alométricas de alturas, diámetros y superficies.	29
<b>Cuadro 4.</b> Frecuencias por familia y especie de una selva mediana a diferentes edades en tres sitios permanentes de investigación silvícola, ubicados en el campo experimental "Ing. Eduardo Sangri Serrano" en Escárcega, Campeche, México.	39
<b>Cuadro 5.</b> Mortalidad por especie en tres sitios permanentes de investigación silvícola en un período de 7 a 26 años, en vegetación derivada de selva mediana subperennifolia, en Escárcega, Campeche, México.	42

<b>Cuadro 6.</b> Incorporación por especie en tres sitios permanentes de investigación silvícola en un período de 7 a 22 años, en vegetación derivada de selva mediana subperennifolia, en Escárcega, Campeche, México	45
<b>Cuadro 7.</b> Estadísticos de las relaciones de alturas, diámetros y superficies en ocho especies de selva mediana subperennifolia, en el campo experimental "Ing. Eduardo Sangri Serrano", Escárcega, Campeche, México.	48
<b>Cuadro 8.</b> Resultados de los análisis de varianza de las relaciones de alturas, diámetros y superficies del estudio longitudinal de ocho especies de selva mediana subperennifolia, en Escárcega, Campeche, México.	51
<b>Cuadro 9.</b> Estadísticos de las relaciones de alturas, diámetros y superficies en nueve edades incluyendo ocho especies de selva mediana subperennifolia, en el campo experimental "Ing. Eduardo Sangri Serrano", Escárcega, Campeche, México.	52
<b>Cuadro 10.</b> Resultados de los análisis de varianza de las relaciones de alturas, diámetros y superficies del estudio transversal en nueve edades considerando la mezcla de ocho especies de selva mediana subperennifolia, en Escárcega, Campeche, México.	54

<b>Cuadro 11.</b> Resultados del ajuste al modelo ( $RH = a_q \text{EXP}^{(w/t)}$ ) que explica la relación de alturas (ATOT / AFUS) de siete especies de vegetación secundaria en selva mediana subperennifolia, ubicada en Escárcega, Campeche, México.	55
<b>Cuadro 12.</b> Valores ajustados por el modelo a la relación de alturas (ATOT/AFUS) y sus diferencias en 7, 13 y 26 años, de 7 especies de vegetación secundaria, en selva mediana subperennifolia en Escárcega, Campeche, México.	56
<b>Cuadro 13.</b> Resultados del ajuste al modelo $RD = a_q \text{EXP}^{(w/t)}$ , que explica la relación de diámetros (DC/DN), de cinco especies de vegetación secundaria en selva mediana subperennifolia, ubicada en Escárcega, Campeche, México.	64
<b>Cuadro 14.</b> Valores ajustados de la relación de diámetros (DC/DN) y sus diferencias en 7, 13 y 26 años, de cinco especies de vegetación secundaria, en selva mediana subperennifolia en Escárcega, Campeche, México.	67
<b>Cuadro 15.</b> Resultados del ajuste al modelo $RS = \text{EXP}^{(w/t)}$ , que explica la relación de superficies ( $S_{\min}/SR$ ), de cinco especies de vegetación secundaria en selva mediana subperennifolia, en Escárcega, Campeche.	68

<b>Cuadro 16.</b> Valores de diámetro e incremento medio anual antes y después de alcanzar la eficiencia mínima aceptable en cinco especies de vegetación secundaria.	71
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## INDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Localización geográfica del Campo Experimental "Ing. Eduardo Sangri Serrano" en el municipio de Escárcega, en el estado de Campeche, y ubicacación de los sitios (1, 2 y 3) de estudio.	19
<b>Figura 2.</b> Diagrama ombotérmico del Campo Experimental "Ing. Eduardo Sangri Serrano", correspondiente al período 1962-1986.	22
<b>Figura 3.</b> Esquema de un Sitio Permanente de Investigación Silvícola establecido en el Campo Experimental "Ing. Eduardo Sangri Serrano".	26
<b>Figura 4.</b> Ejemplo gráfico de equivalencia en la relación de alturas, con porcentajes de fuste limpio, tomando como base un árbol de 10 m.	30
<b>Figura 5.</b> Comportamiento de los valores calculados y las medias muestrales de la relación de alturas (ATOT/AFUS) de siete especies de vegetación secundaria - <b>S. mombin</b> (A), <b>L. bahamensis</b> (B), <b>B. simaruba</b> (C), <b>C. vitifolium</b> (D), <b>L. castilloi</b> (E), <b>V. gaumeri</b> (F) y <b>P. communis</b> (G)- de selva mediana subperennifolia (valores logarítmicos)	57

<b>Figura 6.</b> Comportamiento de la relación de alturas en <i>S. mombin</i> , en un período de 7 a 26 años, en vegetación secundaria (selva mediana subperennifolia).	58
<b>Figura 7.</b> Comportamiento de la relación de alturas (ATOT/AFUS) en las especies (A) <b><i>Bursera simaruba</i></b> , (B) <b><i>Piscidia communis</i></b> y (C) <b><i>Cochlospermum vitifolium</i></b> , características de vegetación secundaria.	60
<b>Figura 8.</b> Comportamiento de la relación de alturas (A) <b><i>V. gaumeri</i></b> , (B) <b><i>L. bahamensis</i></b> y (C) <b><i>L. castilloi</i></b> , características de vegetación secundaria.	61
<b>Figura 9.</b> Comportamiento de los valores ajustados y las medias muestrales de la relación de diámetros (DC/DN) de cinco especies de vegetación secundaria en una selva mediana subperennifolia.	63
<b>Figura 10.</b> Comportamiento de la relación de diámetros (DC/DN) en (A) <b><i>B. simaruba</i></b> y (B) <b><i>C. vitifolium</i></b> , especies de vegetación secundaria.	65
<b>Figura 11.</b> Comportamiento de la relación de diámetros (DC/DN) en (A) <b><i>P. communis</i></b> , (B) <b><i>D. arboreus</i></b> y (C) <b><i>L. bahamensis</i></b> , especies características de vegetación secundaria.	66
<b>Figura 12.</b> Comportamiento de los valores ajustados y las medias muestrales de la relación de superficies, de una selva mediana subperennifolia.	69
<b>Figura 13.</b> Curvas de eficiencia mínima aceptable (EMA) en cinco especies características de vegetación secundaria.	70

## RESUMEN

Se analizó el comportamiento a través del tiempo, de las relaciones formadas por las principales mediciones dasométricas, en ocho especies de vegetación secundaria, en tres sitios permanentes, donde fue aplicado el sistema de roza-tumba-quema; ubicados en el Campo Experimental "Ing. Eduardo Sangri Serrano", en Escárcega, Campeche, México.

Se consideraron 9 edades diferentes y se relacionaron los diámetros de copa (DC) con el diámetro normal (DN), la altura total con la altura de fuste limpio y la superficie del cilindro que se forma con el diámetro y la altura de la copa con la superficie mínima que se obtiene al resolver un problema de minimización usando las fórmulas de volumen y superficie del cilindro para derivar el diámetro y la altura que permite obtener la superficie mínima que contiene el mismo volumen estimado con las dimensiones originales de la copa.

El comportamiento de las relaciones se explicaron a través del tiempo utilizando un modelo empírico de crecimiento (Schumacher).

La relación de altura se comportó en forma curvilínea inversamente proporcional a la edad indicando que las especies tienden a ganar fuste a través del tiempo (entre el 66 y 75%) con respecto a la altura total, encontrándose especies que en las primeras etapas presentan una alta proporción de fuste limpio y otras con baja proporción.

La relación de diámetros también tiene un comportamiento curvilíneo, pudiendo ser directa o inversamente proporcional al tiempo, dependiendo de la capacidad de respuesta de las especies a las condiciones del sitio; cuando la pendiente fue igual o mayor que cero, que es cuando DC alcanza un máximo antes que DN o su crecimiento es proporcionalmente igual, la relación varía de 18 a 25 y cuando fue menor que cero (esto es cuando DN alcanza un máximo antes que DC) el valor varió de 31 y 36 en las especies estudiadas.

La relación de superficie se comportó en forma curvilínea directamente proporcional al tiempo; al despejar la edad en el modelo y con el valor medio de las medias de la relación de las especies estudiadas se fijó la eficiencia mínima aceptable (EMA) en 0.97, calculándose las edades en que este valor es alcanzado, que coincide en general con la disminución del incremento medio anual en diámetro

## SUMMARY

The behavior through time of relationships formed by the main dasometric measurements in eight secondary vegetation species was analyzed in three permanent plots where the slash-and-burn systems was applied; the place were located in the Campo Experimental Ing. Eduardo Sangri Serrano" at Escárcega, Campeche, México.

Nine different ages were considered and the diameters of the crown (dc) were related with the diameters at breast height (dbh), the total height with clear stem height and the surface of the cylinder which is formed by the diameter and height of the crown with the minimal surface that is obtained when a problem of minimization is solved by using the formulas of volume and surface of cylinder to derive the diameter and height which permits to obtain the minimal surface that contains the same volume estimated with the original dimensions of the crown.

The behavior of relationships was explained by means of the time, utilizing an empirical growing model (Schumacher). The height relation behaved in a curvilinear way inversely proportional to age showing that species have a tendency to gain stem through time (between 66 and 75 %) respect to total height. In the first stages some species were found with a high proportion of clean stem and others with a low proportion.

Also, the diameter relation has a curvilinear way, it can be direct or inversely proportional to time, depending upon the response capacity of species to the conditions of the site; when the slope was equal or greater than zero, that is when dc reaches a maximum before than dbh or its growth is proportionally equal, the relation varied from 18 to 25, and when it was less than zero (that is when dbh reaches a maximum before dc) the value varied from 31 to 36 in the studied species.

The surface relation behaved in curvilinear way directly proportional to time; when finding the value of age in the model with the average value of the means of the relation of studied species which was named minimal acceptable efficiency (MAE) was found to be 0.97, after calculating the ages where this value is reached, it was found to coincide, in general, with the decreasing of the mean annual increment in diameter.

## 1. INTRODUCCION

En México, se han llevado a la práctica una serie de proyectos forestales con un enfoque diferente al tradicional, es decir que consideran el aspecto de rentabilidad, manejo técnico y participación social. Estos proyectos aumentan el interés por las áreas de producción forestal.

El campesino como dueño del recurso participa en las actividades de corte, troceo, arrime y transporte hasta el lugar de industrialización. Lo anterior representa un cambio positivo del manejo, ya que anteriormente en el área tropical se realizaba el aprovechamiento selectivo de las especies preciosas ( **Cedrela odorata** y **Swietenia macrophylla**) y su participación fue como rentistas, lo cual no les era remunerativo. Esa situación trajo como consecuencia una pérdida de interés por éste tipo de producción, inclinándose por el cambio del uso del suelo (ganadero y/o agrícola) que en muchos de los casos no permite obtener buenos resultados económicos y mucho menos de carácter técnico.

En 1983 en el estado de Quintana Roo, al terminar la concesión de Maderas industrializadas de Quintana Roo, se inició una nueva política forestal, que consistió en organizar a los ejidos, de manera que se definiera un área forestal permanente, con el objetivo principal de reducir el aprovechamiento de caoba y aumentar el de las especies "corrientes tropicales" (Stöger, 1988 citado por Fischer 1993).

Este tipo de manejo del recurso se ha venido haciendo en algunos ejidos del estado de Quintana Roo, como son: Noh-Bec, Tres Garantías, Nuevo Guadalajara. En ellos se ha logrado que el campesino vea con aprecio las áreas forestales, ya que se incrementa su valor económico por el hecho de utilizar un mayor número de especies.

Las experiencias de aprovechamientos silvícolas, han generado la necesidad de que, para poder obtenerse resultados satisfactorios, estas actividades sean respaldadas por trabajos técnicos tendientes a conocer la dinámica sucesional, las estructuras, comportamiento del incremento y elaboración de tablas de volumen, entre otros, que apoyen los criterios de selección de las técnicas silvícolas adecuadas.

En 1979 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, estableció en el Campo Experimental Forestal " El Tormento" actualmente " Ing. Eduardo Sangri Serrano " el Proyecto de Manejo de Bosques Naturales, con la finalidad de obtener fundamentos y técnicas silvícolas para el manejo técnico de las áreas tropicales. Se han realizado una serie de trabajos que permiten tener un panorama de la dinámica sucesional de las selvas medianas.

Este trabajo es parte de los objetivos iniciales del proyecto mencionado, y se busca explicar la tendencia a través del tiempo de las relaciones alométricas derivadas de las principales mediciones que se realizan en los árboles. Con la finalidad de que, si su comportamiento puede ser modelado, derivar algunas consideraciones silvícolas, que puedan ser aplicadas a masas tropicales. Lo anterior es de gran importancia, en virtud de que en éste tipo de masas forestales es difícil hacer determinaciones de edad y tasas de crecimientos, salvo en notables excepciones (Singh, 1980).

El objetivo general de este trabajo es modelar el comportamiento a través del tiempo de las relaciones derivadas de las principales mediciones que se realizan en los árboles.

En forma específica, se pretende:

- a).- Explicar el comportamiento dinámico de la composición del componente arbóreo.

b).- Modelar el comportamiento de la relación de alturas (total/fustal), diámetros (copa /normal) y superficies del cilindro formado por la copa y la superficie mínima esperada (superficie mínima/superficie real).

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1. Dinámica de sucesión**

Los ecosistemas no son entidades estáticas, sino todo lo contrario, entidades dinámicas que cambian con el tiempo. Debido a ello están sujetos a una serie de factores que limitan o promueven su desarrollo, tales como: el clima, el suelo, la recurrencia de perturbación natural, la acción del hombre que afecta total o parcialmente la vegetación para el establecimiento de cultivos agrícolas o el pastoreo de animales domésticos, así como, la recolección de productos animales y vegetales del ecosistema. Estos factores modifican la secuencia de reemplazo de especies en la comunidad y en la mayoría de los casos se desconocen aún las posibilidades de recuperación, el tiempo requerido para ello o la tendencia que seguirá el desarrollo de la comunidad después de la perturbación (Granados y Ortega, 1994).

La sucesión vegetal se debe a los cambios en la relación cuantitativa de las especies de una comunidad o a la alteración de su composición florística. Cuando el proceso tiende a conducir a las diferentes etapas sucesionales hacia una etapa clímax, aquella que con el tiempo conduce a una comunidad madura terminal, se le considera como sucesión progresiva; por el contrario, cuando el proceso ocasiona etapas sucesionales que se alejan de la etapa clímax, y que son generalmente provocadas por el hombre o fenómenos naturales se le considera como retrógrada (Braun-Blanquet, 1950).

Se distinguen dos tipos generales de sucesión; la sucesión primaria se origina en substratos originalmente desprovistos de crecimiento vegetal, y puede empezar en un medio acuoso o suelo mineral, siendo afectada por el clima de la localidad y la influencia vegetal aledaña, por lo que se pueden encontrar un gran número de variantes. El segundo tipo es la sucesión secundaria que se presenta en cualquier región forestada, en donde continuamente se está alterando el curso de la sucesión por efecto de diferentes perturbaciones. Las perturbaciones pueden agruparse en tres clases: (a) las perturbaciones que alteran la estructura, (b) las que alteran la composición de las especies y (c) aquellas que alteran el clima donde se desarrolla la comunidad (Spurr y Barnes, 1980). Existen dos alternativas de investigación principales para el estudio de las sucesiones. La primera es cuando en un área, después de una alteración importante, puede ser estudiada de manera continua, registrando los cambios que tenga lugar. La segunda es cuando alternativamente, varias parcelas de edades conocidas y diferentes, pueden estudiarse simultáneamente. Suponiendo que las condiciones iniciales en todas ellas fueran idénticas, la serie puede interpretarse como el conjunto de estadíos de la sucesión.

El primer método es el más preciso, pero su principal limitación consiste en que requiere de lapsos demasiado largos, para obtener resultados. Debido a esto, por lo general se tiene información sólo de los primeros estadíos de la sucesión. En el segundo método, el inconveniente es que los datos de edades mayores a 30 años son inciertos (UNESCO-PNUMA-FAO, 1980).

En el área tropical de México los estudios sobre sucesión secundaria se iniciaron desde 1959, cuando el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, por medio de la Comisión de estudios sobre la ecología de

**Dioscorea composita** empezó el estudio de diferentes etapas sucesionales, utilizando técnicas de métodos desarrollados por diversos investigadores, con énfasis especial en el método del cuadro simple (Miranda *et al.*, 1967). Posteriormente se han desarrollado trabajos que utilizan metodologías similares en diferentes lugares del país, con la finalidad de estudiar la composición, estructura y desarrollo de las asociaciones vegetales tropicales (Sousa, 1964; Gómez-Pompa *et al.*, 1964; Sarukhán, 1964; Ramos *et al.*, 1982, entre otros)

En la región de Escárcega, Campeche diferentes autores han realizado estudios relacionados con el análisis de vegetación, entre los que se encuentran: Chavelas (1967-68), Espinosa (1987), Ruiz (1988) y Centeno (1989).

En general la composición y estructura de la vegetación secundaria depende del tipo, frecuencia, duración, intensidad y tamaño del área afectada (Johnson, *et al.*, 1992); época en que se denude el área o se abandone un cultivo, disponibilidad y capacidad de colonización y condiciones del medio ambiente, en especial factores climáticos (Sarukhán, 1964), por lo que no se deben extrapolar los resultados del estudio de un área particular a otra, pero pueden considerarse las conductas o tendencias encontradas, para su manejo adecuado.

Finegan (1992) indica que las primeras etapas de la sucesión están dominadas por hierbas y arbustos, seguidos por árboles heliófitos efímeros (pioneros); posteriormente, aparece un tercer grupo de árboles heliófitos durables. Este último grupo está formado casi exclusivamente de especies utilizables y deben formar el centro ecológico se establecen en o cerca del principio de sucesión; la sucesión ocurre porque cada grupo crece, madura y declina más rápidamente que el que le sigue. La tercera etapa de

la sucesión, definida por los árboles heliófitos durables, se asume que se mantiene hasta que estos empiezan a envejecer y son reemplazados por especies más tolerantes a la sombra (esciófitas). A la vez, se asume, que la repoblación de las especies de este último grupo ecológico es continua, aunque no se tiene información útil de bosques secundarios viejos. Esta etapa puede durar por lo menos un siglo, de acuerdo con el modelaje del crecimiento de árboles heliófitos en bosques primarios en La Selva, Costa Rica, que indica que ellos típicamente alcanzan su madurez en 100 años o menos (Lieberman y Lieberman, 1987 citado por Finegan, 1992).

El mismo autor indica que por su intolerancia a la sombra y por que las aperturas en el dosel son extremadamente raras (la mortalidad es generalmente de árboles pequeños que mueren en pie), ninguna de las especies de estos grupos se regeneran continuamente en el bosque sucesional. Así cada grupo se desarrolla como una **población aproximadamente coetánea**.

Centeno (1989), realizó el análisis de cuatro etapas sucesionales, cuya perturbación databa de 11 (etapa 1974), 17 (etapa 1968), 23 (etapa 1962) y más de 40 años (etapa avanzada), donde incluyó el análisis de la repoblación dividiéndola en cuatro estratos; se encontró que la repoblación es muy variable en el estrato de 0-30 cm, en donde existe una alta germinación y gran mortandad por lo que su densidad dependerá de la época en que se haga el muestreo. Por lo anterior en la etapa más joven la mitad de la repoblación se localizó en el estrato I (0-30 cm), en tanto que la otra parte se distribuyó en los tres estratos restantes. En el estrato IV (+ de 300 cm) se ubicaba casi un 20%, considerando que es un porcentaje alto y que se debe a que la cubierta arbórea aún no estaba completamente cerrada, aprovechando las especies que germinan, para crecer

continuamente y alcanzar los niveles superiores. En las etapas intermedias esta situación cambia y el porcentaje de la regeneración que permanece en el estrato I es mayor, en tanto que la que llega al estrato IV es menor (Cuadro 1)

**Cuadro 1.** Distribución del número de individuos de la regeneración natural en los diferentes estratos y etapas sucesionales de una selva mediana subperennifolia en Escárcega, Campeche.(tomado de Centeno, 1989).

ETAPA SUCESIONAL		ESTRATOS (alturas en cm)				TOTAL
		0-30	31-100	100-300	+ de 300	
1974	No	29,050	7,475	9,450	11,350	57,325
	%	50.7	13.0	16.5	19.8	
1968	No	16,025	5,575	5,025	5,250	31,875
	%	50.3	17.5	15.7	16.5	
1962	No	43,250	8,600	4,225	2,225	58,300
	%	74.2	14.8	7.2	3.8	
Avanzada	No	83,175	9,275	2,075	2,000	96,525
	%	86.2	9.6	2.2	2.1	

Datos extrapolados a una hectárea).

El mismo autor encontró, que el porcentaje de los individuos presentes en la repoblación que tienen importancia económica actual, tienden a crecer del estrato I a I IV en las etapas de 1974, 1968 y 1962, pero en la etapa avanzada disminuye.

## 2.2. Alometría

Las relaciones alométricas en los diferentes organismos han sido de gran interés biológico, debido a que éstas son el estudio de la forma y el tamaño.

Galileo se interesó en cuestiones de similitud geométrica, considerando las consecuencias de la tasa decreciente del área superficial con el volumen en sólidos, en particular, puso atención a los efectos desastrosos de incrementar el tamaño sin cambiar la forma, la fuerza física y habilidad de mantener funciones biológicas en las estructuras resultantes. En sus investigaciones sobre las propiedades de los árboles le permitió concluir, que cada especie tiene características distintivas, incluyendo diferencias en forma, tamaño y ahusamiento del tronco, comunes a todo árbol.

En una especie dada, los árboles jóvenes tienen apariencia delgada y los viejos parecen más atrofiados, por lo que la proporción de altura/diámetro basal del tronco decrece con la edad. Esto es necesario para asegurar un esfuerzo adecuado; si se duplicaran todas las dimensiones lineales de un árbol podría resultar en un incremento de ocho veces en el peso, alterando los fenómenos físicos, por lo que no podría sobrevivir más allá de un cierto tamaño sin cambiar la forma ( Sprennt, 1972 ).

El término alometría fue definido por Goul (1966), como la diferencia en proporciones correlacionadas con cambios en magnitud absoluta del organismo total, o de partes específicas bajo consideración. Las variables más usadas pueden ser morfológicas, fisiológicas o bioquímicas; e indicó que el término puede ser aplicado a las diferencias de tamaño que ocurren en ontogenia o filogenia o solamente para la comparación estática de formas relacionadas a una etapa de crecimiento.

El mismo autor indica los diferentes tipos de crecimiento y estudios de tamaño, de manera que las relaciones de forma y tamaño con el tiempo son llamadas alometría de crecimiento, para distinguirlas de la alometría de tamaño que es usada para estudios que envuelven diferentes individuos. Además sugirió el uso del término indiferentemente de la expresión

matemática usada para explicar la tendencia general de las relaciones entre las variables.

Tanner (1962) citado por Sprent (1972), se refiere a los estudios a través del tiempo ( $t_1$ ,  $t_2$ , ...,  $t_n$ ) como análisis longitudinales, opuestos a los estudios de sección transversal cuando diferentes organismos son medidos en una sola ocasión.

Por lo tanto las mediciones en el análisis longitudinal son funciones del tiempo,  $X(t)$ ,  $Y(t)$ .

El concepto de alometría se ha aplicado principalmente en estudios transversales, en el área forestal, Kittadge (1944) relacionó la cantidad de follaje con el diámetro del árbol, ajustando la función de potencias.

$$Y = X^\beta E$$

Donde  $Y$  es el peso seco del follaje,  $X$  es el diámetro a la altura del pecho,  $a$  y  $\beta$  son parámetros estimados de los datos y  $E$  es el error aleatorio. La diferenciación de la función produce la relación alométrica.

$$(d Y / Y) / (d X / X) = \beta$$

El parámetro  $\beta$  representa la constante que relaciona a la tasa de crecimiento de  $X$  a  $Y$ . Un valor de  $\beta > 1$  indica una relación alométrica positiva donde el órgano representado por  $Y$  crece más rápido que el órgano  $X$ ; si  $\beta < 1$  representa una relación negativa, y si  $\beta = 1$  la tasa de crecimiento es igual en los dos órganos (isometría).

### 2.3. Uso de las Relaciones

La organización de un bosque se refleja en un conjunto de relaciones entre las dimensiones de las distintas partes que constituyen a los árboles, sin tener en cuenta las especies; en consecuencia su estudio es esencialmente morfológico.

La estructura se ha empleado en diversos contextos, para describir agregados de árboles o especies que parecen seguir ciertas leyes matemáticas. Así ocurre con la distribución de diámetros normales, alturas totales, distribuciones espaciales de árboles y especies, y diversidad florística en diferentes asociaciones. Siendo claro que la expresión matemática de los fenómenos biológicos, es el objetivo real de la investigación (UNESCO-PNUMA-FAO, 1980).

Se han desarrollado trabajos donde se incluyen las relaciones entre las principales variables de los árboles con diferentes objetivos. Uno de ellos es fundamentar la elaboración de tablas de volumen obtenidas a través de mediciones en fotografías aéreas Paijmans (1951), citado por UNESCO-PNUMA-FAO (1980), midió los diámetros de copa de árboles emergentes en cinco parcelas de 300 x 300 m, a partir de fotografías aéreas de escala 1:10,000, estudiando su relación con el diámetro normal del fuste, y el cociente resultó ser aproximadamente de 30.

Francis (1966) estudió un área de 22.9 acres de bosque virgen incoetáneo de Dipterocarpaceas, utilizando fotografías de escala 1:10,000, y encontró una relación lineal entre el diámetro de la copa y el del tronco, pero con una fuerte dispersión al aumentar el diámetro de la copa. Asimismo, Tiwari y Parthasarthy (1979) elaboraron tablas de volumen para árboles y rodales de **Shorea robusta**, a partir de correlaciones de las variables medidas en campo y en fotografías aéreas de escala 1:10,000, encontrando una correlación entre el diámetro de copa y altura total de 0.48 y entre el diámetro de copa y el diámetro normal de 0.51.

Castañeda *et al.* (1982), estudiaron 250 árboles de crecimiento libre y sin contacto de copas en Siguatepeque, Honduras, para establecer la relación entre el diámetro de copa y el del tronco, para ser usados en inventarios en

la estimación de volúmenes a partir de mediciones en fotografías aéreas, así como para la determinación del material combustible residual en los aprovechamientos, en ese estudio se determinó un comportamiento lineal de la relación, con coeficientes de regresión entre 0.67 y 0.98 con errores estándar entre 0.11 y .26 cm en sus estimaciones.

El conocimiento de la correlación entre las variables permite hacer el análisis del nivel de competencia que se generan entre los individuos que ocupan un área común. Weaver y Pool (1979) correlacionaron el incremento periódico anual con el diámetro, longitud, área y volumen de la copa, así como con el diámetro a la altura del pecho y la altura de árboles dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos; la relación del diámetro de copa con el del tronco resultó lineal y la proporción entre éstas dos variables es mayor en los bosques xerófitos, con respecto a los bosques montanos o pluviales de Puerto Rico y Dominicana. En ese estudio también se encontró que en **Bucida buceras** la relación se reduce de los árboles dominantes a los suprimidos, mientras que en **Coccoloba diversifolia**, **Terebraria resinosa** y **Micropholis crysophylloides**, ocurre lo contrario, es decir la relación aumenta de dominantes a suprimidos.

Leech (1984) analizó 109 árboles individuales de **Pinus radiata** en el Sur de Australia, encontrando una relación lineal entre el diámetro de la copa y el del tronco y ajustó un modelo lineal que puede ser usado para elaborar índices de densidad y que es útil para estudios de densidad y crecimiento de ésta especie.

Por otro lado, Tabbush y White (1988) estudiaron ésta relación en 73 árboles individuales de **Picea sitchensis**, encontrando que la relación lineal es altamente significativa y consideran que puede ser usada para predecir el tiempo de cierre de copas, si se conoce el diámetro y la edad de rodal, y

empleando el diámetro de la copa como equivalente del espacio de crecimiento disponible.

Johnson *et al.*, (1988) analizaron 27 y 23 árboles de **Pinus contorta** y **Picea glauca** en Alberta, Canadá para calcular la cantidad de material combustible considerando dos modelos, uno que usa la altura del árbol como la variable independiente y otro que contempla al diámetro de copa y altura, y concluyen que el modelo que contempla las dos variables es el más adecuado y permite calcular la carga de material vivo y muerto a partir de fotografías aéreas.

El principal uso de la relación de diámetro de copa y diámetro normal, ha sido en forma estática y la relación de altura con la edad se ha usado para definir calidad de sitio, principalmente para especies de clima templado, utilizando una edad base para identificar la capacidad del sitio con la altura que alcanza a dicha edad, de manera que se identifican familias de curvas que indican la capacidad del sitio con respecto a la especie (Alder, 1980).

#### 2.4. Características de las especies en estudio

A continuación se presenta una breve descripción botánica, distribución geográfica y usos de las especies que se incluyen en el presente estudio (Pennington y Sarukhán, 1968; Cabrera *et al.*, 1992; Castaños, S/F).

##### a).- **Spondias mombin** L.

La especie **Spondias mombin** (Jobo, Ciruela, Ciruela amarilla) pertenece a la familia Anacardiaceae, los árboles adultos tienen una copa redondeada con ramas horizontales ascendentes, tronco derecho hasta de 20 m de altura y diámetro normal de 90 cm; corteza de 25 a 50 mm de grosor, fisurada con costillas escamosas y exudado blanquizco pegajoso, amargo y astringente. Hojas dispuestas en espiral, imparipinnadas de 25 a 50 cm de largo, compuestas de 13 a 17 folíolos de 6 x 2.5 a 13 x 6 cm; especie

caducifolia. Flores actinomorfas de color crema verdoso, las masculinas de 6 a 8 mm de diámetro y las femeninas de 8 a 9 mm de diámetro, en panículas masculinas y femeninas, de 15 a 30 cm de largo. Los frutos son drupas ovoides de 3 x 1.5 cm, de color verde o amarillo-naranjadas, con tres 3 ó 4 semillas angostas de 1.5 cm de largo, en infrutescencias péndulas hasta de 30 cm de largo. Especie común de vegetación secundaria, con amplia distribución en la zona cálido húmeda de México, puede ser encontrada desde el nivel del mar hasta 1200 m.s.n.m. Usada como chapa para madera terciada, el fruto es comestible y usado en la preparación de bebidas refrescante.

b).- **Lysiloma bahamensis** Benth.

La especie **Lysiloma bahamensis** (Tzalam, Dzalam, Tzukté) pertenece a la familia Mimosaceae. Los árboles adultos presentan una copa redondeada con ramas ascendentes horizontales y péndulas, tronco derecho hasta de 20 m de altura y diámetro normal de 70 cm; corteza de 7 a 15 mm de grosor, lisa a finamente fisurada de color gris pardusca con exudado resinoso, transparente y pegajoso. Hojas dispuestas en espiral, bipinnadas de 11 a 20 cm de largo, compuestas de 3 a 6 pares de folíolos primarios, formados por 18 a 35 folíolos secundarios, de 7 x 2 a 13 x 3 mm de color verde oscuro; especie caducifolia. Flores perfumadas, actinomorfas, globosas de color blanco, dispuestas en cabezuelas o agrupadas, axilares o inflorescencias terminales de 1.5 cm de diámetro. Los frutos son vainas de 9 x 2 a 15 x 4 cm, dehiscentes, aplanadas, agudas de color moreno oscuras, con numerosas semillas de 8 x 3 mm de color pardo morenas y brillantes. La especie se encuentra restringida a la Península de Yucatán y norte de Chiapas, forma parte de selvas medianas subperennifolias y subcaducifolias, siempre a altitudes menores de 150 m. Es usada como

lambrín, parquet, ocasionalmente como chapa para madera terciada, ornato y producción de sombra.

c).- **Dendropanax arboreus** (L.) Planch. & Decne.

La especie **Dendropanax arboreus** (Sac-chacáh, Sak'chaca, Mano de león) pertenece a la familia Araliaceae. Sus árboles maduros tienen una copa irregular, densa con ramas gruesas ascendentes, tronco derecho hasta de 25 m de altura y diámetro de 70 cm; corteza de 10 a 20 mm de grosor, lisa a ligeramente escamosa o ligeramente fisurada de color pardo amarillenta o pardo grisácea. Hojas dispuestas en espiral, oblongo-elípticas de 7.5 x 3 a 18 x 12 cm, cuando son de brotes jóvenes su forma es lobada, de color verde oscuras y brillantes; es una especie perennifolia. Flores actinomorfas de 5 mm de diámetro de color verdoso, se desarrollan en umbelas compuestas y terminales de 10 a 15 cm. Los frutos son drupas globosas de 10 x 8 mm de color púrpura o rojizo oscuras, conteniendo hasta 7 semillas de 4 mm de largo. Esta especie se distribuye desde Tamaulipas y San Luis Potosí hasta la Península de Yucatán por el Golfo de México y de Sinaloa a Chiapas por el Océano Pacífico; forma parte de las selvas altas perennifolias, subperennifolias, subcaducifolias, encontrándose desde el nivel del mar hasta 1500 m.s.n.m. Usos, como chapa para madera terciada además de ser una especie melífera.

d).- **Bursera simaruba** (L.) Sarg.

La especie **Bursera simaruba** (Chaca, Chacáh, Palo mulato) pertenece a la familia Burseraceae. Los árboles adultos tienen copa irregular dispersa, con pocas ramas gruesas y torcidas; tronco hasta de 25 m de altura con una ligera torcedura, hasta con 100 cm diámetro; corteza de 16 a 40 mm de grosor, muy escamosa papirácea de color rojiza a verdosa con un exudado resinoso transparente y pegajoso. Las hojas están dispuestas en espiral,

imparipinnadas de 15 a 30 cm de largo, compuestas por 7 a 13 folíolos ovado-lanceolados u oblongos de color verde oscuro brillantes de 4.5 x 2 a 9 x 3.5 cm . Las flores están en panículas masculinas hasta de 18 cm con flores actinomorfas de 6 a 7 mm de diámetro de color crema rosáceo, panículas femeninas hasta de 12 cm con flores fragantes actinomorfas de 1 a 7 mm de diámetro. Los frutos son cápsulas drupáceas de 10 a 15 mm de largo, generalmente, con tres semillas triangulares de 5 a 8 mm de largo y de 5 a 6 mm de ancho, de color rojo. La especie se encuentra en toda la vertiente del Golfo de México desde el sur de Tamaulipas y San Luis Potosí hasta Yucatán y desde Sinaloa hasta Chiapas en el Pacífico, es muy abundante como elemento primario o secundario en selvas altas y medianas perennifolias, subperennifolias y subcaducifolias, llegando a ser dominante en selvas bajas o medianas caducifolias en San Luis Potosí y Tamaulipas. Es usada en la producción de chapa para madera terciada y cercos vivos en ganadería.

e).- **Cochlospermum vitifolium** (will) Spreng.

La especie **Cochlospermum vitifolium** (Pochote, Cojón de toro, Rosa amarilla, Chuum) pertenece a la familia Cochlospermaceae. Los árboles adultos tienen copa redondeada abierta con ramas ascendentes, tronco derecho hasta de 15 m de altura y 70 cm de diámetro; corteza de 14 a 30 mm de grosor, de lisa a someramente fisurada de color pardo grisácea con exudado amarillento o anaranjado. Las hojas están dispuestas en espiral, de forma palmado partidas (con 5 lóbulos oblongo-lanceolados con margen ligeramente aserrado) de 15 a 30 cm de largo; especie caducifolia. Las flores son actinomorfas de 8 a 10 cm de diámetro de color amarillo con líneas y manchas rojizas, en panículas terminales hasta de 15 cm de largo. El fruto es una cápsula 5-valvada, globosa u ovoide 7 a 10 cm de largo, de

color verde rojizo a moreno rojizo, con numerosas semillas negras reniformes cubierta de pelos blancos, de 5 a 6 mm de largo y de 2 a 4 mm de ancho. Se encuentra en la vertiente del Golfo desde el sur de Tamaulipas, San Luis Potosí, norte de Puebla hasta la Península de Yucatán; en la vertiente del Pacífico desde Sonora hasta Chiapas incluyendo la cuenca del río Balsas. La madera es suave, sin uso definido.

f).- **Lonchocarpus castilloi** Standl.

La especie **Lonchocarpus castilloi** (Machiche, Machih, Balché) pertenece a la familia Papilionaceae. Los árboles adultos tienen copa redondeada densa con ramas ascendentes, tronco derecho hasta de 30 m de altura y 40 cm de diámetro, corteza de 9 a 15 mm de grosor, escamosa en piezas papiráceas de color pardo grisácea a amarillenta. Las hojas están dispuestas en espiral, imparipinnada 10 a 18 cm de largo, compuestas por 5 u 8 pares de folíolos de 25 x 8 a 75 x 2 mm de forma oblongo-elípticos de color verde oscuros o verde amarillento; es una especie perennifolia. Las flores son papilionadas de 1 a 1.3 cm de largo y de color violeta, en panículas axilares y terminales hasta de 10 cm. Los frutos son vainas aplanadas indehiscentes de 7 a 10 cm de largo y de 2.5 a 3.5 cm de ancho de color verde limón, conteniendo de 1 a 3 semillas reniforme de 1 cm de largo, de color moreno brillantes, infrutescencias hasta de 15 cm de largo. Esta especie se halla restringida a la parte norte de Chiapas, sur de Tabasco y Península de Yucatán, se encuentra como dominante con otras especies en selvas mediana subperennifolia, parece tener carácter de especie de etapas avanzada de vegetación secundaria, donde es extremadamente abundante y presenta magnífica regeneración. Se emplea en la construcción de embarcaciones marítimas, chapa y parquet y duela.

g).- **Vitex gaumeri** Greenm.

La especie **Vitex gaumeri** (Ya'axnik, Yashcabté, Crucillo) pertenece familia Verbenaceae y sus árboles tienen copa irregular con ramas ascendentes, tronco derecho hasta de 30 m de altura y 80 cm de diámetro, corteza de 6 a 9 cm de grosor, de finamente fisurada a irregularmente escamosa de color pardo amarillenta. Las hojas son decusadas, digitados-compuestas de 14 a 30 cm de largo, formadas por cinco folíolos de 5.5 x 3 a 17 x 6 cm, lanceolados u ovados de color verde oscuros opacos; son caducifolios. Flores zigomórficas, perfumadas de color morado violáceas, en panículas axilares de 15 a 25 cm de largo. Los frutos son drupas globosas de 2 cm de diámetro de color verde oscuras y brillantes, contienen un hueso duro de 1 cm de diámetro con 4 semillas ligeramente aplanadas. La especie se encuentra restringida a la vertiente del Golfo de México desde el centro de Tabasco hasta la Península de Yucatán, forma parte del estrato superior de selvas medianas subperennifolias y subcaducifolias, siempre a altitudes menores de 500 m. La especie podría utilizarse en la fabricación de parquet, su hoja es usada como forraje adicional en caballos.

h).- **Piscidia communis** (Blake) I.M. Jhonst.

La especie **Piscidia communis** (Jabín, Habín, Habí) pertenece a la familia Papilionaceae. Sus árboles maduros tienen copa densa con ramas escasas ascendentes, tronco recto hasta de 20 m de altura y 50 cm de diámetro; corteza de 10 a 20 cm de grosor, fisurada de color moreno oscura. Hojas dispuestas en espiral, imparipinnadas de 12 a 30 cm de largo, compuestas de 7 a 9 folíolos de 4 x 2 a 10 x 5 cm, oblongos u oblongo-lanceolados de color verde grisáceo; es caducifolia. Flores papilionadas perfumadas de 13 a 15 mm de largo y color rosado o ligeramente morados,

en panículas axilares, de 5 a 10 cm de largo. Los frutos son vainas indehiscentes de 8 a 15 cm de largo con 4 alas membranosas, de color pardo-amarillento, conteniendo de 1 a 10 semillas reniformes de 5 x 3 mm, pardo-amarillentas y brillantes. La especie se encuentra en la vertiente del Golfo de México, desde el sur de Tamaulipas y San Luis Potosí hasta la Península de Yucatán, en la depresión central de Chiapas y en la vertiente del pacífico desde Jalisco incluyendo la cuenca del río Balsas; es muy abundante en la vegetación secundaria de zonas perturbadas, en ocasiones aparece como especie dominante de una condición primaria de vegetación, especialmente abundante en selvas medianas subperennifolias y subcaducifolias. También se localiza en bosques de encinos tropicales, su altitud va del nivel del mar hasta los 400 ó 500 m.s.n.m. Se utiliza como durmiente para ferrocarril, fabricación de duela, parquet, lambrín, construcción de casas y costillaje de barcos.

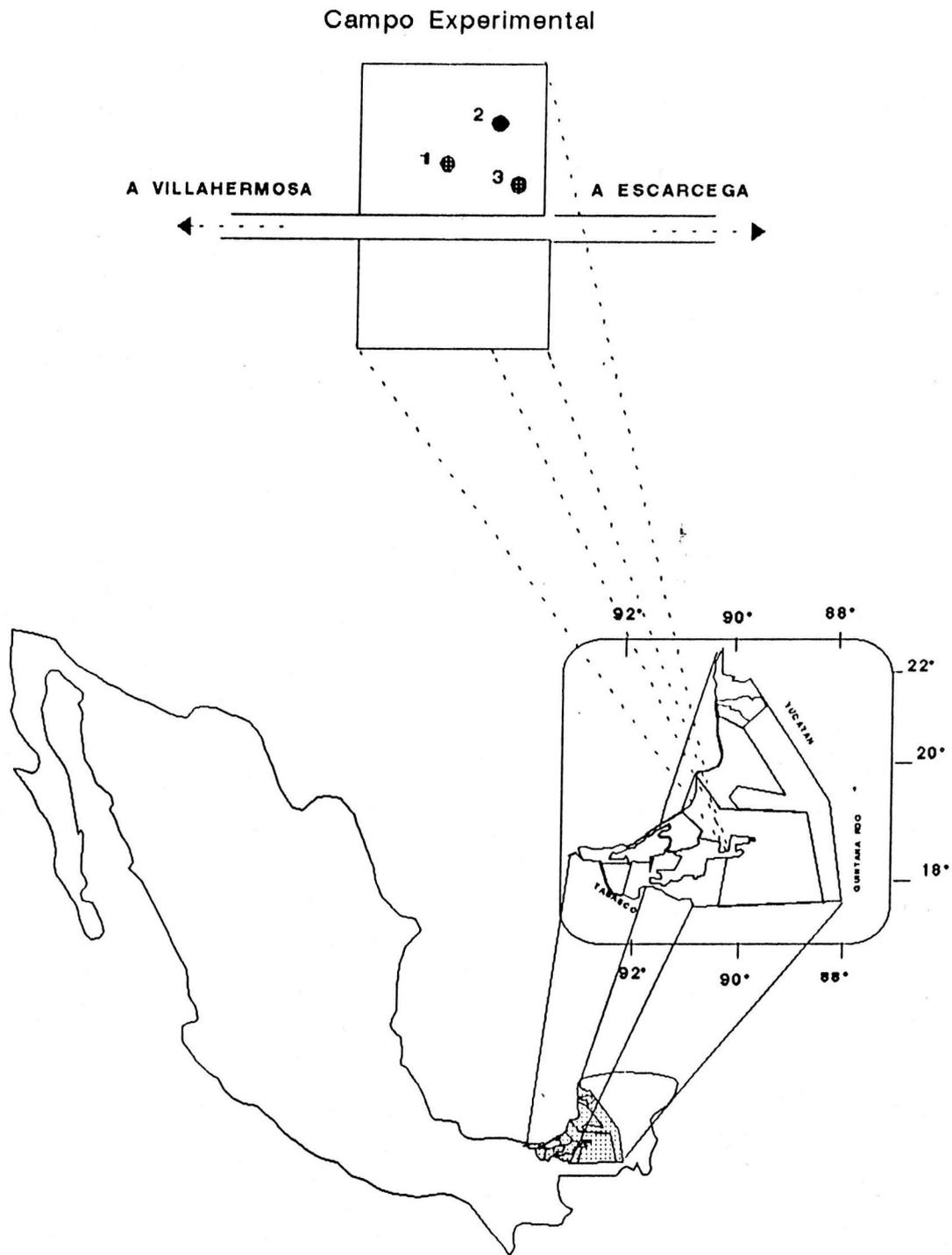
### **3. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO**

#### **3.1.- Localización geográfica**

El estudio se realizó en el Campo Experimental "Ing. Eduardo Sangri Serrano", perteneciente al INIFAP localizado en el municipio de Escárcega, estado de Campeche, ubicado en el kilómetro 292 de la carretera Villahermosa-Escárcega, con una posición geográfica correspondiente al paralelo 18 36' 25" de latitud norte y el meridiano 90 43' 35" Oeste de Greenwich, con una altitud de 60 m.s.n.m. (Cedeño, 1981). (Figura 1).

#### **3.2. Fisiografía.**

Miranda (1959a) indica que la fisiografía de la Península de Yucatán es bastante uniforme, presentando relieves suaves con elevaciones no



**Figura 1.** Localización geográfica del Campo Experimental " Ing. Eduardo Sangri Serrano" en el municipio de Escárcega en el estado de Campeche, y ubicación de los sitios (1,2 y 3) de estudio.

mayores de 400 m de altitud, formada fundamentalmente por rocas calizas de la edad terciaria y cuaternaria.

El mismo autor sitúa el área de Escárcega, como parte de los bajos del suroeste de Campeche, presentando una pendiente de 0.06% hacia Chicbul-costa, y considera la posibilidad de que los extensos bajos del sur de Champotón y oeste de Escárcega fueran antiguos y someros brazos de mar o amplias bahías de aguas salobres, hoy ligeramente levantados sobre el nivel del mar.

### 3.3. Suelos

Cuanalo (1981), de acuerdo con Thorp y Smith (1949), clasifica a los suelos del campo experimental como intrazonales en los subordenes calcimórficos e hidromórficos. El autor citado encontró siete series de suelos que son: tzeqel, ka-cab, bosh-luum, ya'axhom-akalché, akalché, aguada y can-cab, aclarando que la localización y de éstos tipos de suelos está ligada a la posición topográfica (pendiente). A su vez, Cedeño (1981) menciona que el drenaje se efectúa a través de corrientes subterráneas en función de la estructura en cuanto a tamaño y proporción de las piedras y gravas mezcladas en el suelo y de la posición del mismo.

### 3.4. Hidrología

En el área no se encuentran escurrimientos superficiales de importancia, ya que el agua de lluvia se infiltra debido a las condiciones del suelo (Cedeño, 1981), presentándose acumulaciones de agua en el transcurso de varios meses del año en las partes bajas y con drenaje deficiente.

Los ríos más cercanos al área de estudio, son el Champotón y Mamantel, localizados a una distancia aproximada de 80 y 30 kilómetros al noreste y sureste respectivamente.

### 3.5. Clima

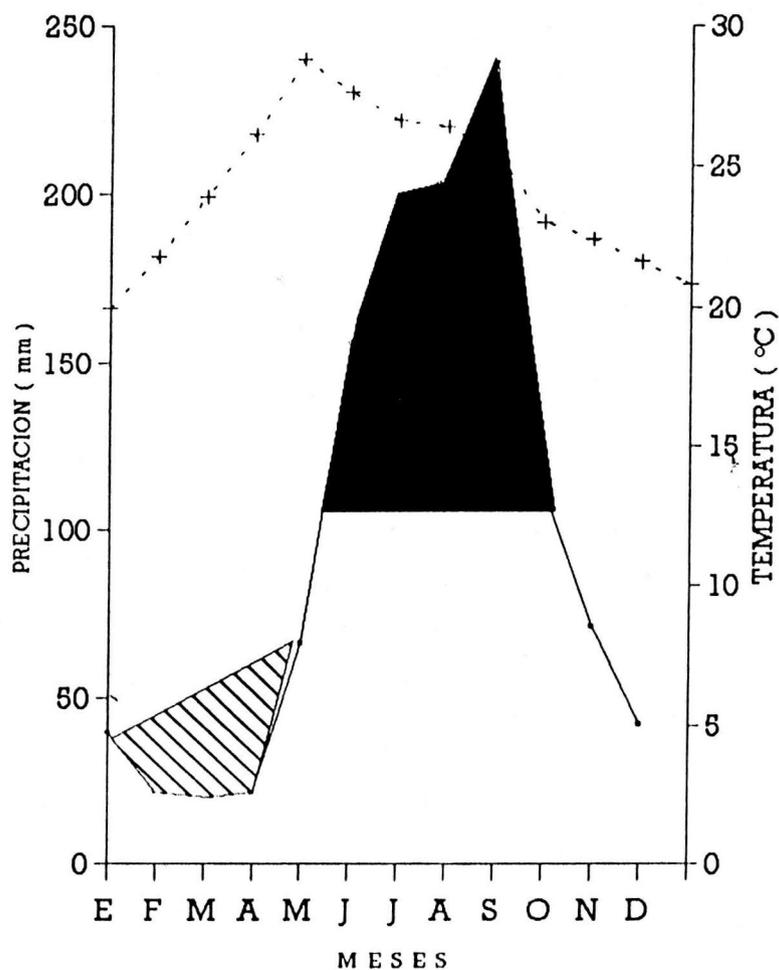
El clima, de acuerdo con el diagrama ombrotérmico del campo experimental (Figura 2), construido con observaciones de 1962 a 1986, (Espinosa, 1987), presenta una temperatura media anual de 24.1 °C, y precipitación total anual de 1198 mm, presentándose la precipitación máxima de 239.3 mm en septiembre, y una mínima de 21.2 mm en marzo, el número de días de lluvia en promedio fue de 112.

En el diagrama se señala la época de secas (área rayada) y la temporada de lluvias (área sombreada), con más de 100 mm de precipitación. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973), el área del campo experimental presenta el tipo de clima  $Aw_1(i)g$ , que corresponde al intermedio de los

húmedos tropicales, con un cociente P/T de 49.7, poca oscilación térmica (5 a 7 °C), presentándose el mes más caliente antes del solsticio de verano.

Chavelas (1967-68), menciona la ocurrencia de vientos a gran velocidad y lluvias intensas altamente destructivas en el mes de septiembre en la península de Yucatán durante el mes de septiembre. También reporta nortes, con masas de aire frío provenientes del noroeste de los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá, con descenso de la temperatura, niebla de advención y lluvias persistentes. Señala la existencia de sequía intraestival, denominada comúnmente "canícula" o "sequía de agosto", y es cuando se presenta la disminución de la precipitación en verano, aunque ésta situación puede no presentarse en la porción centro-oeste de la Península, que es donde se localiza el área de estudio.

( Período 1962-1986 )



— PRECIPITACION +· TEMPERATURA

Temp. media anual: 24.1 °c Precip. total: 1198 mm

Cociente P/T: 49.7 Fórmula climática: AW (i')g

ESTADO: CAMPECHE LATITUD NORTE: 18° 35'

MUNICIPIO: ESCARCEGA LONGITUD OESTE: 90° 43'

ALTITUD: 60  
m.s.n.m.

Figura 2. Diagrama ombrotérmico del Campo Experimental "Ing. Eduardo Sangri Serrano", correspondiente al período 1962-1986.

### 3.6. Vegetación.

En la zona de influencia del campo experimental, generalmente se encuentran los tipos de vegetación selva alta o mediana subperennifolia y selva baja subperennifolia.

Según Miranda y Hernández (1973) y Miranda (1959b), la composición florística de la selva alta subperennifolia varía en sus especies dominantes, principalmente por las diferencias de suelo; en suelos tzeqel se presenta abundancia de ramón (**Brosimum alicastrum**), chicozapote (**Manilkara zapota**), tzalam (**Lisyloma bahamensis**), jabín (**Piscidia communis**), amapola (**Pseudobombax ellipticum**); en suelo de tipo ka-cab predominan, cedro (**Cedrela odorata**), chicozapote, ramón, chacá (**Bursera simaruba**), guano (**Sabal spp.**), papelillo (**Alseis yucatanensis**) y en suelos de tipo ya'axhom en su mayoría se encuentra pucté (**Bucida buceras**), caoba (**Swietenia macrophylla**), ciricote (**Cordia dodecandra**) y granadillo (**Platymiscium yucatanum**).

La selva baja la ubican en los "bajos" de tipo akalché, donde se acumula agua en la temporada de lluvias, predominando el tinto (**Haematoxylum campechianum**), chechen negro (**Metopium brownei**), chicozapote y yaití (**Gymnanthes lucida**), entre otros.

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. Materiales

Los materiales que se usaron para generar los análisis de las condiciones en las diferentes etapas sucesionales y de las relaciones alométricas fueron los datos del componente arbóreo de tres sitios de selva mediana subperennifolia, diferentes herramientas de campo, equipo de medición y de cómputo.

## 4.2. Metodología

### 4.2.1. Ubicación de las parcelas

El trabajo se realizó usando los datos de especie, número de individuo, diámetro normal y de copa, altura total y fustal, obtenidos en los Sitios Permanentes de Investigación Silvícola (SPIS), establecidos en el Campo Experimental "Ing. Eduardo Sangri Serrano" en diferentes etapas de desarrollo sucesional.

Los SPIS consisten en una superficie de 100 x 100 m (1 ha), dividida en cuatro cuadrantes de 50 x 50 m cada uno, numerada del I al IV en el sentido contrario de las manecillas del reloj a partir del cuadrante I en dirección noreste. De la superficie total del SPIS, tres cuartas partes son consideradas como franja de protección donde solo en la medición inicial se obtienen datos dendrométricos y una cuarta parte (500 m<sup>2</sup>), que corresponde al cuadro central de 50 x 50 m, mismo que se encuentra subdividido en cuadrantes de 25 x 25 m, en los cuales se realizaron las mediciones de los datos dendrométricos. En la esquina de cada cuadrante de 25 x 25 m se ubica un cuadrado de 100 m<sup>2</sup>, donde se levanta información relativa a la regeneración (Figura 3) (Manzanilla, 1981).

Las áreas en que se establecieron los sitios fueron seleccionadas de manera que tuvieran edades y forma de alteración conocida, para tener idea de lo que ha sucedido en el transcurso del establecimiento de la vegetación. Por lo que se seleccionaron áreas en que fue aplicado el sistema roza-tumba-quema, mismas que en 1981 tenían 6, 12 y 18 años de haber sido intervenidas, estableciéndose un sitio en cada edad.

El sitio de 6 años fue establecido en un área donde se realizó una plantación forestal con diferentes especies (**Cedrela odorata**, **Swietenia macrophylla**, **Enterolobium cyclocarpum**, **Pimienta dioica**, **Cordia**

**dodecandra y Tabebuia rosea**), misma que fue abandonada al no tener el resultado esperado.

El sitio de 12 años también fue desmontado con el mismo sistema, con la finalidad de utilizarse en una plantación que no fue llevada a cabo, quedando el área abandonada.

El sitio de 18 años se ubicó en otra área con los mismos antecedentes que el anterior, solo que entre los 5 y 7 años de abandonada se extrajeron individuos de las especies de **Alseis yucatanensis**, **Lonchocarpus castilloi**, **Nectandra coriacea**, **Astronium graveolens** y **Licaria campechiana** de 10 a 15 cm de diámetro (Espinosa, 1987). Los sitios se eligieron en lugares de escasa pendiente y se ubicaron en suelos de la serie

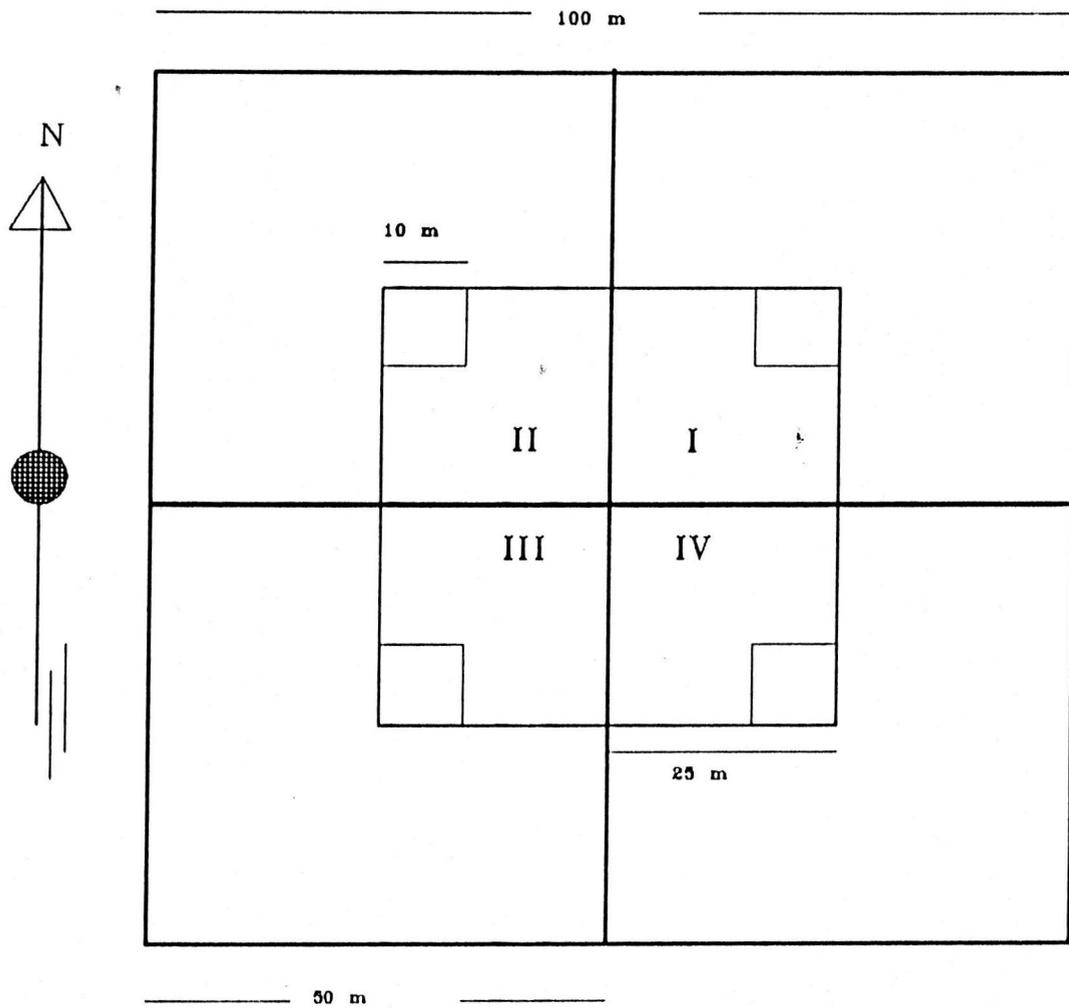
Ka-cab (correspondiendo al grupo Rendzina del Sistema FAO), que de acuerdo con Cuanalo (1981), está formado por cuatro horizontes.

Ao. Detritos orgánicos no humidificados hasta una profundidad de 4 cm.

A1. Con un espesor de 20 a 30 cm, es de color café oscuro, de textura arcillosa, de estructura grumosa muy estable. Contiene rocas suaves (con dureza de 3 en escala de Mohs), redondeadas, con diámetros de 2 a 6 cm, con gran cantidad de raíces.

C. Con espesor hasta de 30 cm, constituido por rocas laja dura y quebradiza de color claro. Contiene en ocasiones, entre las grietas, pequeñas cantidades de suelo color oscuro, de textura arcillosa y estructura grumosa muy estable.

D. Sah-Cab, roca sedimentaria formada geológicamente por concentración de soluciones.



**Figura 3.** Esquema de un Sitio Permanente de Investigación Silvícola, establecido en el Campo Experimental "Ing. Eduardo Sangri Serrano"

#### 4.2.2. Toma de Información

Los datos que se utilizaron para determinar las características de cada sitio y el análisis estadístico de las relaciones fueron obtenidos de la manera siguiente:

**Especie y número de individuos;** se numeró a los árboles progresivamente en cada uno de los cuadrantes, anotando su nombre y tomando muestras botánicas para su identificación en gabinete (la identificación de las especies en su mayoría fue hecha por el Biólogo Javier Chavelas Polito), teniéndose cuidado de que en las mediciones, se continuara con la numeración de cada cuadrante con la finalidad de poder identificar a los individuos que se incorporan.

**Diámetro Normal (DN);** se obtuvo a 1.30 m., sobre el nivel del suelo de todos los individuos mayores de 7.5 cm de DN, con una aproximación al milímetro, utilizándose para ello una cinta diamétrica.

**Diámetro de copa (DC);** se determinó tomándose cuatro medidas de radios, en dirección de los puntos cardinales, obteniéndose las lecturas a partir del tronco del árbol, con una aproximación al decímetro utilizando reglas de madera de 3 m.

**Alturas total y fustal (ATOT y AFUS);** se obtuvieron, realizando mediciones con reglas e hipsómetros (pistola Haga), con una aproximación de 0.5 m.

Es necesario aclarar que la medición realizada en 1981 no se consideró adecuada, debido a que se utilizó para la medición del diámetro una forcípula, por lo que ésta se eliminó, y el análisis de los datos se inicia con la medición de 1982. De ésta manera, para el sitio uno se consideraron las edades de 7, 10 y 14 años; para el sitio dos 13, 16 y 20 años; y en el caso

del sitio 3 las edades de 19, 22 y 26 años, correspondientes a los años de 1982, 1985 y 1989, respectivamente (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Estructura de edades en los sitios permanentes de investigación silvícola, ubicados en el Campo Experimental " Ing. Eduardo Sangri Serrano" en Escárcega , Campeche

SITIO	AÑO DE MEDICION		
	1982	1985	1989
	EDAD (años)		
1	7	10	14
2	13	16	20
3	19	22	26

#### 4.2.3. Metodología estadística

##### 4.2.3.1. Análisis de frecuencias

Se realizaron análisis de frecuencia de las especies para conocer los cambios de presencia y ausencia de ellas. Para facilitar el manejo de las bases de datos se realizó la codificación de las especies, dándoles un número de acuerdo a como fueron siendo encontradas en los sitios; además, se asignó una clave para diferenciar cuando el individuo estaba muerto o vivo.

##### 4.2.3.2. Selección de especies

Las especies se seleccionaron de acuerdo a su mayor abundancia y presencia en todas las edades. En esta fase del estudio fue necesario depurar la base de datos, eliminando los individuos incorporados y algunos que presentaban mediciones incongruentes, como alturas y diámetros

mayores en datos iniciales y menores en mediciones subsecuentes, debido probablemente a diferencias en el criterio de medición (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Especies seleccionadas para modelar sus relaciones alométricas de alturas, diámetros y superficies.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	CLAVE
<b>Spondias mombin</b>	Jobo	3
<b>Lysiloma bahamensis</b>	Tzalam	6
<b>Dendropanax arboreus</b>	Sakchaca	9
<b>Bursera simaruba</b>	Chaca	13
<b>Cochlospermum vitifolium</b>	Pochote	16
<b>Lonchocarpus castilloi</b>	Machiche	49
<b>Vitex gaumeri</b>	Ya'axnik	77
<b>Piscidia communis</b>	Jabin	78

#### 4.2.3.3.- Cálculo de relaciones

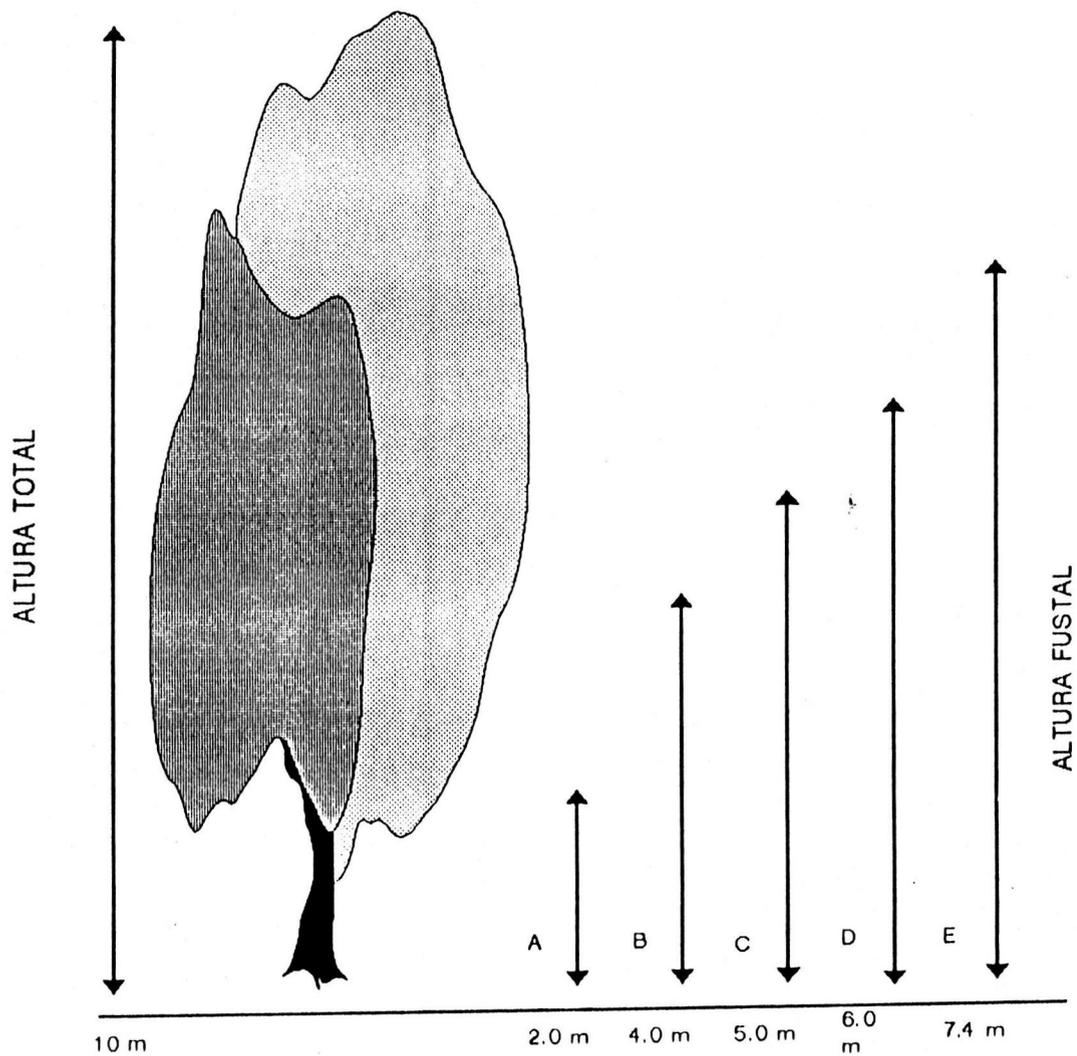
De las variables obtenidas en campo se elaboraron tres relaciones con la finalidad de conocer el comportamiento entre las especies en cada edad y a lo largo del tiempo; las nuevas variables son:

##### a). Relación de alturas (RH)

Esta se define como la razón entre la altura total (ATOT) y la altura del fuste limpio (AFUS) de cada individuo.

$$RH = ATOT / AFUS$$

Con la finalidad de clarificar ésta relación se hizo la Figura 4, donde se representa la equivalencia del valor de la relación con porcentajes, utilizando un árbol con altura total de 10 m y haciendo variar la altura fustal, de manera que se detallan 5 opciones, considerando el valor máximo y



OPCION	RELACION DE ALTURA	% DE FUSTE
A	5.00	20
B	2.50	40
C	2.00	50
D	1.67	60
E	1.36	73.5

**Figura 4.** Ejemplo gráfico de equivalencia en la relación de altura, con porcentajes de fuste limpio, tomando como base un árbol de 10 m.

mínimo encontrados de la relación. Así la opción A es cuando se tiene 2 m de fuste obteniéndose una relación de 5.0, e indica que, la altura del fuste corresponde al 20% la altura total de árbol, de igual manera se determinan las opciones B, C, D y E.

**b). Relación de diámetros (RD)**

Se obtuvo de la razón entre el diámetro de copa y el diámetro normal.

$$RD = DC / DN$$

**c). Relación de superficies (RS)**

Esta relación se construyó considerando que el límite de la copa que un árbol expone a la atmósfera esta relacionada con su volumen de copa y puede ser usada para indicar su eficiencia fisiológica en términos de intercambio gaseoso, ya que una reducción en la superficie lateral expuesta, puede representar ahorros considerables en función del gasto de energía, dadas las altas temperaturas en las regiones tropicales, sin afectar notablemente la captura de energía luminosa dada su alta intensidad en ésta zona, por lo tanto, el comportamiento que se presenta de la relación de superficie mínima y real (ambas conteniendo el mismo volumen) del cilindro formado por el diámetro y la altura de la copa, puede servir como un indicador del vigor y posición competitiva de los individuos de cada especie en el sitio.

Esta relación se determinó utilizando el cálculo de la superficie y volumen contenido en el cilindro formado por el diámetro y altura de la copa. Para definir la superficie mínima del cilindro que contiene el volumen proporcionado por las variables reales, fue necesario resolver un problema de minimización para obtener el radio y altura mínima necesaria, de la manera siguiente.

Se tomaron las fórmulas de volumen (1) y superficie (2) de un cilindro.

$$V = (\pi / 4) (2r)^2 h = \pi r^2 h \dots\dots\dots (1)$$

$$S = 2\pi r h + 2\pi r^2 = 2\pi r (h + r) \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

V = volumen de copa

r = radio de copa

h = altura de copa

$\pi$  = Valor constante 3.1416

De (1) se tiene.

$$h = V / (\pi r^2) \dots\dots\dots (3)$$

Se sustituye el valor de altura en 2.

$$S = 2\pi r ((V / \pi r^2) + r)$$

Simplificando.

$$S = 2(V / r) + 2\pi r^2 \dots\dots\dots (4)$$

De la fórmula anterior se obtiene la derivada de S con respecto a r.

$$\begin{aligned} dS / dr &= d(2(V / r) + 2\pi r^2) / dr \\ &= d(2Vr^{-1} + 2\pi r^2) / dr \\ &= -2Vr^{-2} + 4\pi r \\ &= 4\pi r - (2V/r^2) \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

La ecuación (5) se iguala a cero y se despeja r, para encontrar el radio que proporciona la superficie mínima, que es igual a:

$$r_{\min} = (V / 2\pi)^{1/3}$$

Sabemos que en  $r_{\min}$ , la superficie es mínima porque la segunda derivada de la superficie en este punto es positiva.

Posteriormente, el valor de  $r_{\min}$  se sustituye en la fórmula 3, para determinar la altura que proporciona la superficie mínima, quedando de la siguiente manera:

$$h_{\min} = (4V / \rho)^{1/3}$$

Finalmente, éstos valores se utilizan para calcular la superficie mínima ( $S_{\min}$ ) del cilindro que contiene el mismo volumen que el formado por las variables reales. La superficie mínima se divide entre la superficie real, ésta última se refiere a la superficie del cilindro calculada con los valores reales del diámetro y altura de la copa, obteniéndose la relación.

$$RS = S_{\min} / S_r$$

#### 4.2.3.4. Análisis de varianza de las relaciones

Después de haber calculado los valores de las relaciones, con la finalidad de hacer las pruebas estadísticas de sus valores medios, se procedió a realizar los análisis de varianza, para lo cual fue necesario hacer la transformación angular (arcoseno  $Y$ ) del inverso de cada relación excepto en la relación de superficies, que es la que se recomienda para proporciones (Steel y Torrie, 1988). En el caso del estudio longitudinal se utilizó el modelo siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + E_{ij}$$

$$i = 1, \dots, t \quad \text{y} \quad j = 1, \dots, r$$

Donde:

$Y_{ij}$  = RHT, RST o RDT ( relaciones transformadas )

$\mu$  = valor medio general de la relación

$t_i$  = valores de edad

$E_{ij}$  = Error

Las pruebas de hipótesis que se realizaron en cada especie son:

$$H_0: \mu_{t1} = \mu_{t2} = \dots = \mu_{tn} \quad \text{vs}$$

$$H_a: \mu_{ti} \neq \mu_{tj} \quad \text{al menos para un } t_i \neq t_j$$

Donde:  $\mu$  es la media poblacional y  $t$  es la variable tiempo.

Es decir, conocer si los valores medios de las relaciones de cada especie son estadísticamente iguales a través del tiempo, o cuando menos existe alguno que es diferente.

Para el estudio transversal se uso el mismo modelo, pero en este caso  $t_j$  se refiere a los valores de la relación de las especies en un tiempo dado. En éste caso la prueba de hipótesis es:

$$H_0: \mu_{Sp1} = \mu_{Sp2} = \dots = \mu_{Spn} \quad \text{vs}$$

$$H_a: \mu_{Spi} \neq \mu_{Spj} \quad \text{al menos para una } Sp_i \neq Sp_j$$

Donde  $Sp$  es cada una de las especies.

Es decir, conocer si los valores medios de las relaciones son estadísticamente iguales en todas las especies a una determinada edad, o cuando menos uno es diferente.

#### 4.2.3.5. Ajuste de modelos

##### 4.2.3.5.1. Relación de alturas y Relación de diámetros

El comportamiento de los valores medios de las variables de ATOT y AFUS, así como del DC y DN, con respecto a la edad, sugirieron el uso de un modelo empírico (Schumacher) de crecimiento, para explicar las relaciones de alturas y diámetros, en las especies a través del tiempo. Los modelos son:

$$ATOT = a_1 \text{ EXP } (-b_1 / t)$$

$$AFUS = a_2 \text{ EXP } (-b_2 / t)$$

Donde:

ATOT = Altura total

AFUS = Altura fustal

t = Edad

a y b = parámetros de regresión

Para obtener la relación se deberán utilizar ambos modelos:

$$\frac{ATOT}{AFUS} = \frac{a_1 \text{ EXP } (-b_1 / t)}{a_2 \text{ EXP } (-b_2 / t)}$$

Tomando a :

$$\frac{a_1}{a_2} = a_q$$

Entonces:

$$\frac{ATOT}{AFUS} = RH \text{ (Relación de alturas)}$$

$$RH = a_q \text{ EXP } (-b_1 / t + b_2 / t)$$

$$RH = a_q \text{ EXP } -(b_1 - b_2) / t$$

Haciendo a:

$$-(b_1 - b_2) = w$$

Finalmente el modelo queda de la forma siguiente:

$$RH = a_q \text{ EXP } (w/t)$$

El cual para su ajuste se transforma logarítmicamente y se utiliza el procedimiento (REG) del sistema SAS.

Algunas consideraciones sobre las variables que intervienen en las relaciones con respecto a la pendiente (parámetro  $w$ ) en el modelo, son:

a). Cuando  $w > 0$  entonces:

$$-(b_1 - b_2) > 0$$

$$b_1 - b_2 < 0$$

Para que esto suceda, necesariamente

$$b_1 < b_2$$

Implicando que la altura total llega más rápido a un máximo que la altura fustal.

b). Cuando  $w = 0$  Significa que ambas variables (ATOT y AFUS) llegan a su máximo al mismo tiempo, y.

c). Cuando  $w < 0$  entonces

$$-(b_1 - b_2) < 0$$

$$b_1 - b_2 > 0$$

Para que esto suceda, necesariamente

$$b_1 > b_2$$

Implicando que AFUS alcanza su máximo antes que ATOT.

En el caso de la relación de diámetros se procedió de la misma manera, y el modelo es el siguiente:

$$RD = a_q \text{EXP}(w/t)$$

Donde:

RD = Relación de diámetros

Obviamente las consideraciones del parámetro  $w$ , también se cumplen, de manera que:

Cuando  $w > 0$ , DC llega primero a su máximo antes que DN; cuando  $w = 0$ , ambas variables llegan al máximo en forma simultánea y cuando  $w < 0$ , entonces DN llega a su máximo antes que DC.

#### 4.2.3.5.2. Relación de superficies

Considerando el diagrama de dispersión de los datos de relación de superficies, se consideró el modelo de Schumacher para explicar su comportamiento.

$$R_s = a \text{EXP} (-b/t)$$

Donde:

$R_s$  = Relación de superficies

$t$  = Edad

$a, b$  = Parámetros de regresión

Exp = Inverso de logaritmo natural

Como el máximo valor que puede alcanzar el parámetro es igual a uno, el modelo se ajustó sin el intercepto, quedando de la siguiente manera:

$$R_s = \text{EXP} (-b/t)$$

Una vez calculado el parámetro, y habiendo definido un nivel de eficiencia fisiológica de 0.97, el cual corresponde al valor medio de las medias de la relación de superficies que se obtuvo de los individuos de ocho especies que se consideraron en el estudio, misma que se nombró como **Eficiencia Mínima Aceptable (EMA)**. Posteriormente, se procedió a calcular la edad aproximada en que la especie alcanza dicha EMA.

La anterior se calcula despejando del modelo la edad y sustituyendo  $R_s$  por la EMA, de la forma siguiente:

$$R_s = \text{EXP} (-b/t)$$

$$T = b / \text{Log EMA}$$

Donde:

$T$  = Edad en que la especie alcanza la eficiencia establecida

$b$  = Parámetro previamente calculado

EMA = Eficiencia Mínima Aceptable (cuando  $R_s = 0.97$ )

Log = Logaritmo natural.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Dinámica del componente arbóreo

#### 5.1.1. Frecuencia de especies encontradas

En los sitios estudiados, se encontraron 3126 individuos de diámetro igual o mayor de 7.5 cm, distribuidos en 26 familias y 51 especies (Cuadro 4).

En el sitio uno, que corresponde a las edades de 7, 10 y 14 años, el número de familias varían de 15 a 19 y el de especies varía de 16 a 26. **Lysiloma bahamensis** de la familia Mimosaceae, es la especie más frecuente con 146 a 216 individuos en las edades de 7 y 14 años, lo que representa 68.5 al 54.1% de la población respectivamente. Le sigue la especie **Cochlospermum vitifolium** de la familia Cochlospermaceae con porcentajes de individuos que varían de 10.3 a 8.2 en las mismas edades y la especie **Bursera simaruba** de la familia Burseraceae con porcentajes de 8.0 y 7.7 en las edades de 7 a 14 años. En general, estas tres especies representan del 71.2 al 86.8% de la población total de las especies encontradas, observándose una clara dominancia de **Lysiloma bahamensis**.

En el sitio dos que corresponde las edades de 13, 16 y 20 años, el número observado de familias varía de 17 a 21 y el de especies varía de 25 a 30. Entre las especies más frecuentes de nuevo se tiene a **Lysiloma bahamensis**, **Cochlospermum vitifolium** y **Bursera simaruba** con porcentajes de 38.2 35.9 y 12.9 a 11.5 y de 5.2 a 6.0 respectivamente, y **Piscidia communis** de 19.4 a 17.5% en las edades de 13 a 20 años. Esta última especie, en el primer sitio presentó porcentajes bajos (2.3 a 2.8) pero con la característica de ser mejor representada en los sitios siguientes. En general las especies mencionadas representan del 75.7 a el 70.5% de la población total.

**Cuadro 4.** Frecuencias por familia y especie de una selva mediana a diferentes edades en tres sitios permanentes de investigación silvícola, ubicados en el campo experimental "Ing. Eduardo Sangri Serrano" en Escárcega, Campeche, México.

FAMILIA	ESPECIE (EDAD )	FRECUENCIAS POR EDAD								
		SITIO UNO			SITIO DOS			SITIO TRES		
		7	10	14	13	16	20	19	22	26
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>							14	15	15
	<i>Metopium brownei</i>			1	3	4	4	5	8	8
	<i>Spondias mombin</i>	2	3	3	7	7	7	16	16	16
Annonaceae	<i>Annona primigenia</i>			1				1	1	1
	<i>Malmea depressa</i>					1	1			
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana af. alba</i>								3	3
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	4	13	16	7	8	8	50	53	53
Bombacaceae	<i>Bombax ellipticum</i>				2	2	2			
Boraginaceae	<i>Cordia stillofera</i>							1	1	1
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	17	26	35	17	21	23	36	39	39
	<i>Protium copal</i>							1	1	1
Caesalpinaceae	<i>Swartzia cubensis</i>					1	1			
Cochlospermaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	22	32	32	42	44	44	7	7	7
Ebenaceae	<i>Diospyros spectabilis</i>					1	4			
Euphorbiaceae	<i>Croton nitens</i>				3	6	6			
	<i>Phyllanthus nobilis</i>	1	1					1	1	1
Flacourtiaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	3	6	7	1	2	2	7	8	8
Lauraceae	<i>Licaria campechiana</i>				2	3	3	1	2	2
	<i>Nectandra coriacea</i>	1	19	33	11	18	19	2	5	5
	<i>Licaria peekii</i>				1					
Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	1	1	2	1	2	3			
	<i>Malvaviscus arboreus</i>		1	1						
Rubiaceae	<i>Alseis yucatanensis</i>			1	1	3	4	16	20	20
	<i>Blepharidium mexicanum</i>				1	1	1		1	1
	<i>Exostema mexicanum</i>								1	1
	<i>Sickingia salvadorensis</i>							1	1	1
Sapindaceae	<i>Matayba oppsitifolia</i>					1	1			
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1	1	2		1	1	1	3	3
	<i>Dipholis salicifolia</i>			1	5	5	5			
	<i>Manilkara zapota</i>								1	1
	<i>Pouteria campechiana</i>		1	2	2	2	2	10	13	13
	<i>Pouteria unilocularis</i>							1	1	1
Simarubaceae	<i>Alvaradoa amorphoides</i>							16	18	18
	<i>Simarouba glauca</i>				2	2	2	15	20	20
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>							2	2	2
Tiliaceae	<i>Luehea speciosa</i>			2						
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	1	1	1						
	<i>Swietenia macrophylla</i>							1	1	1
Mimosaceae	<i>Lysiloma bahamensis</i>	146	207	216	124	136	136	4	4	4
	<i>Acacia dolichostachya</i>							10	14	14
	<i>Acacia gaumeri</i>			1	2	3	3			
	<i>Albizia tormentosa</i>	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Moraceae	<i>Cecropia peltata</i>		2	2	7	10	10	1	1	1
	<i>Trophis racemosa</i>		2	4				4	5	5
Palmae	<i>Sabal mayarun</i>			1						
	<i>Sabal morrisiana</i>	1	1	1	2	2	2			
Papilionaceae	<i>Lonchocarpus castilloi</i>	3	3	13	12	14	14	9	10	10
	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>							29	29	29
	<i>Platymiscium yucatanum</i>					1	1			
	<i>Piscidia communis</i>	5	8	11	63	67	67	60	67	67
Vervencaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	4	9	9	6	6	6	7	7	7
Total de Individuos		213	338	399	325	375	383	331	381	381
Número de especies		16	20	26	25	30	30	31	35	35

En el sitio tres el número de familias varía de 18 a 19 y el de especies de 31 a 35. En éste sitio la especie más frecuente fue **Piscidia communis** con porcentajes entre 18.1 y 17.6 en las edades de 19 y 26 años, seguida por **Dendropanax arboreus** de la familia Araliaceae con porcentajes entre 15.1 y 13.9 en las mismas edades y la especie **Bursera simaruba** con porcentajes de 10.9 a 10.2 en las edades de 19 a 26 años. Aquí se observa la aparición de nuevas especies, como **Lonchocarpus guatemalensis**, **Alseis yucatanensis**, **Simarouba glauca**, **Stronium graveolens**, **Alvaradoa amorphoides** y **Acacia dolichostachya** que representan un porcentaje considerable de la población. En general las especies mencionadas representan de 74,3 a 72,2% de la población total, a diferencia de los sitios uno y dos, donde solo tres y cuatro especies sobrepasan el 70% de los individuos existentes en el sitio.

Así, a través del tiempo existe una disminución en el número de individuos por especie así como un incremento en el de especies. Al respecto Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes (1985), indican que las selvas secundarias formadas por árboles pioneros ejercen en el medio tres efectos que son extremadamente importantes en el proceso: transferencia de los nutrientes libres del suelo a la comunidad biótica, reduciéndose en consecuencia su pérdida; mejoramiento de la estructura edáfica por la producción de gran cantidad de materia en forma de hojarasca; y modificaciones del microclima que reduce la fluctuación térmica y aumenta la humedad relativa de la atmósfera. Cambios que permiten el establecimiento de plantas en etapas serales posteriores que más tarde sustituirán a los árboles pioneros de la comunidad.

### 5.1.2. Mortalidad

En el sitio uno se presentaron 35 individuos muertos, repartidos principalmente en las especies **Cochlospermum vitifolium** (65.7%), **Lysiloma bahamensis** (17.1%) y **Nectandra coriacea** (8.6%); las especies **Bursera simaruba**, **Hampea trilobata** y **Cedrela odorata** presentaron el 2.9% cada una (Cuadro 5).

Mientras que en el sitio dos se localizaron 61 individuos muertos pertenecientes a 10 especies; **Cochlospermum vitifolium** tiene el 59.0% seguido de **Cecropia peltata** con 16.4% y **Nectandra coriacea** con 6.6%; las especies de **Lysiloma bahamensis**, **Acacia gaumeri**, **Croton nitens** y **Piscidia communis** con 3.3% cada una; además **Spondias mombin**, **Matayba oppositifolia** y **Alvaradoa amorphoides** presentan 1.6% cada una.

El mayor número de especies (11) con mortalidad se presenta en el sitio tres, pero también es donde existe el menor número de individuos muertos (20); las especies son: **Lonchocarpus guatemalensis** con 20%, **Cochlospermum vitifolium** con 15.0%; **Bursera simaruba**, **Nectandra coriacea**, **Alvaradoa amorphoides** y **Piscidia communis** presentan el 10.0% cada una; y las especies de **Dendropanax arboreus**, **Cecropia peltata**, **Lonchocarpus castilloi**, **Simarouba glauca** y **Guazuma ulmifolia** presentan el 5.0% cada una.

La muerte del árbol es una complicada interacción entre él mismo y su ambiente. Existen varias clasificaciones para identificar las causas de su muerte tales como: Factores bióticos y abióticos, alogénicos y autogénicos, extrínsecos; directamente relacionados con la habilidad del árbol para resistir el daño y con su longevidad (Franklin, 1987).

**Cuadro 5.** Mortalidad por especie en tres sitios permanentes de investigación silvícola en un período de 7 a 26 años, en vegetación derivada de selva mediana subperennifolia, en Escárcega, Campeche, México

ESPECIE  (EDAD )	INDIVIDUOS MUERTOS					
	SITIO UNO		SITIO DOS		SITIO TRES	
	7 a 10	10 a 14	13 a 16	16 a 20	19 a 22	22 a 26
<b>Spondias mombin</b>			1	1		
<b>Dendropanax arboreus</b>				1	1	1
<b>Bursera simaruba</b>		1				2
<b>Cochlospermum vitifolium</b>	11	23	21	36	3	3
<b>Croton nitens</b>			2	2		
<b>Nectandra coriacea</b>		3		4		2
<b>Hampea trilobata</b>		1				
<b>Matayba oppositifolia</b>				1		
<b>Alvaradoa amorphoides</b>						2
<b>Simarouba glauca</b>						1
<b>Guazuma ulmifolia</b>						1
<b>Cedrela odorata</b>	1	1				
<b>Lysiloma bahamensis</b>		6		2		
<b>Acacia gaumeri</b>				2		
<b>Cecropia peltata</b>			7	10	1	1
<b>Lonchocarpus castilloi</b>						1
<b>Lonchocarpus guatemalensis</b>					3	4
<b>Piscidia communis</b>			1	2	1	2
<b>Número de individuos</b>	12	35	32	61	9	20
<b>Número de especies</b>	2	6	5	10	5	11

En los sitios estudiados, las especies que presentan la mayor mortalidad son algunos de los árboles pioneros más conocidos como es el caso del género *Cecropia* (Vázquez-Yanes y Guevara, 1985), que sus especies se establecen en claros de la selva y persisten en estos por algunos años, hasta que mueren con el sombreado de otras especies de mayor talla. De manera semejante se comporta ***C. vitifolium***, que como se mencionó anteriormente su mortalidad fue mayor del 59%, en los sitios iniciales.

En el sitio tres es notorio por el gran número de especies que presentan mortalidad, que el nivel de competencia se incrementa e inicia la eliminación de individuos de especies que habían presentado pocos o ningún individuo muerto como es el caso de ***Dendropanax arboreus***, ***Bursera simaruba***, ***Lonchocarpus castilloi*** y ***Simarouba glauca***, e incluso especies que no fueron registradas en las edades menores como es el caso de ***Alvaradoa amorphoides***, ***Guazuma ulmifolia*** y ***Lonchocarpus guatemalensis***.

### 5.1.3. Incorporación

En lo que se refiere al ingreso de nuevas especies e incorporación de individuos, en el Cuadro 4 puede observarse que las especies que se encontraron en la primera medición del sitio uno corresponden a 16 especies (61.5%) de 26 localizadas en la última medición. Aunque el número de especies que se incorporan es alto, su aportación numérica es relativamente limitada. El porcentaje de especies que ingresan a través del tiempo decrece en los otros dos sitios .

Lo anterior indica que las especies que presentan la mayor incorporación, tienen fuerte competencia por la luz, debido a que se ubican en pequeños claros en donde aceleran su velocidad de crecimiento o, simplemente, su

nivel de tolerancia a la sombra es mayor, como es el caso de **Nectandra coriacea** que en la medición inicial del sitio uno registró un solo individuo y en la última se acumulan 32. Centeno (1989) en recorridos de campo, observó que **Nectandra coriacea** presenta un "gran colchón" de regeneración, e indica que la alta mortalidad que sufre, principalmente a nivel de plántulas, hace que sean pocos los individuos que alcanzan los otros niveles y aún menos los que llegan a la forma adulta.

En el Cuadro 6 se detalla la dinámica de incorporación de las especies, observándose que en el sitio uno durante el período de 7 a 10 años, las especies que presentaron la mayor incorporación fueron **Lysiloma bahamensis** (48.8%), **Nectandra coriacea** (14.4%), seguidas de **Cochlospermum vitifolium**, **Bursera simaruba** y **Dendropanax arboreus** con 8.0, 7.2 y 7.2 cada una. Durante el período de 10 a 14 años, la incorporación ocurrió en las especies **Nectandra coriacea** (22.58%), **Lonchocarpus castilloi** (16.13%), **Bursera simaruba** (14.52%), **Lysiloma bahamensis** (14.52%), **Dendropanax arboreus** (4.84%), **Piscidia communis** (4.84%), **Trophis racemosa** (3.23%) y **Luehea speciosa** (3.23%). Es notorio que la mayor incorporación está dada por especies que ya estaban presentes en la primera medición; y solo **Trophis racemosa** y **Luehea speciosa** se registran hasta la segunda medición.

En general puede verse que la incorporación tiene la tendencia a disminuir al aumentar la edad, situación que es de esperarse ya que con el tiempo el dosel superior empieza a cerrarse impidiendo el paso de luz. No obstante en el sitio 3 la incorporación aumentó considerablemente durante el período de 19 a 22 años, debido a que en éste período ingresan especies más tolerantes como es el caso de **Malmea depressa**, **Alseis yucatanensis**, **Exostema mexicana**, **Manilkara zapota**, y **Trophis racemosa**, entre otras.

**Cuadro 6.** Incorporación por especie en tres sitios permanentes de investigación silvícola en un período de 7 a 22 años, en vegetación derivada de selva mediana subperennifolia, en Escárcega, Campeche, México

ESPECIE  (EDAD )	I N C O R P O R A C I O N									
	SITIO UNO				SITIO DOS				SITIO TRES	
	7 a 10	%	10 a 14	%	13 a 16	%	16 a 20	%	20 a 22	%
<i>Astronium graveolens</i>			1	1.61	1	1.96			1	2.00
<i>Metopium brownei</i>			1	1.61	1	1.96			3	6.00
<i>Spondias mombin</i>	1	0.80								
<i>Annona primigea</i>			1	1.61						
<i>Malmea depressa</i>					1	1.96				
<i>Tabernaemontana af. alba</i>									3	6.00
<i>Dendropanax arboreus</i>	9	7.20	3	4.84	1	1.96			3	6.00
<i>Bursera simaruba</i>	9	7.20	9	14.52	4	7.84	2	25.00	3	6.00
<i>Swartzia cubensis</i>					1	1.96				
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	10	8.00			2	3.92				
<i>Diospyros spectabilis</i>					1	1.96	3	37.50		
<i>Croton nitens</i>					3	5.88				
<i>Zuelania guidonia</i>	3	2.40	1	1.61	1	1.96			1	2.00
<i>Licaria campechiana</i>					1	1.96			1	2.00
<i>Nectandra coriacea</i>	18	14.40	14	22.58	7	13.73	1	12.50	3	6.00
<i>Hampea trilobata</i>			1	1.61	1	1.96	1	12.50		
<i>Malva viscus arboreus</i>	1	0.80								
<i>Alseis yucatanensis</i>			1	1.61	2	3.92	1	12.50	4	8.00
<i>Blepharidium mexicanum</i>						1			1	2.00
<i>Exostema mexicanum</i>									1	2.00
<i>Matayba oppositifolia</i>					1	1.96				
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>			1	1.61	1	1.96			2	4.00
<i>Dipholis salicifolia</i>			1	1.61						
<i>Manilkara zapota</i>									1	2.00
<i>Pouteria campechiana</i>	1	0.80	1	1.61					3	6.00
<i>Pouteria unilocularis</i>										
<i>Alvaradoa amorphoides</i>									2	4.00
<i>Simarouba glauca</i>									5	10.0
<i>Luehea speciosa</i>			2	3.23						
<i>Lysiloma bahamensis</i>	61	48.80	9	14.52	12	23.53				
<i>Acacia dolichostachya</i>									4	8.00
<i>Acacia gaumeri</i>			1	1.61	1	1.96				
<i>Cecropia peltata</i>	2	1.60			3	5.88				
<i>Trophis racemosa</i>	2	1.60	2	3.23					1	2.00
<i>Sabal mayarun</i>			1	1.61						
<i>Lonchocarpus castilloi</i>			10	16.13	2	3.92			1	2.00
<i>Platymiscium yucatanum</i>					1	1.96				
<i>Piscidia communis</i>	3	2.40	3	4.84	4	7.84			7	14.0
<i>Vitex gaumeri</i>	5	4.40								
Total de individuos	125	100	62	100	51	100	8	100	50	100

Incorporación, se refiere a los individuos que llegan a la categoría de 10 cm. (%) = porcentaje de acuerdo con el total de incorporación en la medición.

El sitio tres puede considerarse que llegó a una etapa más o menos estable en lo que respecta a composición, debido a que existe un gran número de especies pero con un reducido número de individuos; situación que se mantendrá hasta que hayan cambios debidos a la caída o muerte en pie de algún árbol o intervención del hombre, provocándose el desarrollo de las especies del estrato bajo o el ingreso de otras especies con mayor capacidad competitiva por los recursos limitantes.

El comportamiento detectado de las especies está de acuerdo con Finegan (1992), quien indica que las primeras etapas de la sucesión están dominadas por hierbas y arbustos, seguidos por árboles heliófitos efímeros (pioneros). Posteriormente aparece un tercer grupo de árboles heliófitos durables. Los individuos de los tres grupos se establecen en o cerca del principio de la sucesión; la cual ocurre porque cada grupo crece, madura y declina más rápidamente que el que le sigue.

Se puede asumir que el sitio tres se encuentra en la tercera etapa de la sucesión, definida por los árboles heliófitos durables, que serán reemplazados en edades más avanzadas por especies con mayor tolerancia a la sombra (esciófitas).

En forma general, los individuos de las especies a las que se les realizó el análisis de sus relaciones alométricas, se considera que se comportan como una **población que tiende a ser coetánea**, por su intolerancia a la sombra y porque no se regeneran continuamente.

## 5.2. Comportamiento longitudinal y transversal de las relaciones

### 5.2.1. Análisis longitudinal

En el Cuadro 7 se presenta el análisis de las relaciones de alturas, diámetros y superficies del estudio longitudinal de las especies a través del tiempo, mostrando el número de observaciones y los valores mínimo, máximo, medio, desviación estándar y su coeficiente de variación.

En la relación de alturas, se encontró un valor promedio de 2.62, con un valor mínimo de 1.06, y un máximo de 11.00; así como una desviación estándar de 1.559; la tendencia media es que la altura total contenga 2.6 veces a la altura del fuste limpio, con un coeficiente de variación de 31.10%. La especie que presentó individuos con una menor proporción de fuste limpio fue **Lysiloma bahamensis** con un valor medio de 3.33, y valores extremos de 11.00 y 1.06, además esta especie tiene el mayor coeficiente de variación (54.17%), **Vitex gaumeri**, **Dendropanax arboreus**, **Bursera simaruba**, **Lonchocarpus castilloi** presentaron valores promedio de 2.78, 2.37, 2.18 y 2.10, respectivamente. Las tres especies restantes presentaron la mayor proporción de fuste limpio (un poco más del 50% de la altura total). En el mismo cuadro, se indica que el valor medio de la relación de diámetros para todas las especies fue de 26.98. Paijmans (1951), citado por UNESCO/PNUMA/FAO (1980), estudió ésta relación midiendo los diámetros de copa de árboles emergentes en cinco parcelas de 300 x 300 m, a partir de fotografías aéreas, el valor promedio resultó ser aproximadamente de 30. Weaver y Pool (1979) señalan que la relación de diámetro de copa y diámetro normal resultó ser lineal y que disminuye de los bosques xerófitos a los pluviales, además encontraron especies en las cuales la relación crece en valor, de los individuos dominantes a los

**Cuadro 7.** Estadísticos de las relaciones de alturas, diámetros y superficies en ocho especies de selva mediana subperennifolia, en el Campo Experimental "Ing. Eduardo Sangri Serrano", Escárcega, Campeche, México.

ESPECIE VARIABLE	NUM	MIN	MAX	MED	D.S.	C.V.
<b>RELACION DE ALTURAS (ATOT/AFUS)</b>						
<i>Spondias mombin</i>	51	1.13	4.00	1.66	0.489	29.49
<i>Lysiloma bahamensis</i>	777	1.06	11.00	3.33	1.828	54.90
<i>Dendropanax arboreus</i>	173	1.07	7.00	2.37	1.069	45.02
<i>Bursera simaruba</i>	195	1.10	6.67	2.18	0.970	44.53
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	57	1.11	4.67	1.60	0.521	32.59
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	63	1.18	6.00	2.10	0.903	43.06
<i>Vitex gaumeri</i>	42	1.25	7.50	2.78	1.627	58.44
<i>Piscidia communis</i>	332	1.06	4.80	1.76	0.639	36.31
<b>valores generales</b>	1690	1.06	11.00	2.62	1.559	59.45
<b>RELACION DE DIAMETROS (DC/DN)</b>						
<i>Spondias mombin</i>	51	8.45	31.82	19.61	5.368	27.38
<i>Lysiloma bahamensis</i>	777	9.30	73.00	27.00	7.343	27.19
<i>Dendropanax arboreus</i>	173	12.00	80.28	27.09	8.686	32.07
<i>Bursera simaruba</i>	195	14.10	93.58	26.81	9.440	35.21
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	57	8.06	75.47	20.00	12.725	63.62
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	63	12.09	78.82	30.37	9.401	30.95
<i>Vitex gaumeri</i>	42	18.60	44.29	31.21	6.698	21.48
<i>Piscidia communis</i>	332	12.12	77.27	28.10	8.060	28.68
<b>valores generales</b>	1690	8.06	93.58	26.98	8.389	31.10
<b>RELACION DE SUPERFICIE (Smin / Sr)</b>						
<i>Spondias mombin</i>	51	0.88	1.00	0.98	0.030	3.08
<i>Lysiloma bahamensis</i>	777	0.68	1.00	0.95	0.042	4.44
<i>Dendropanax arboreus</i>	173	0.73	1.00	0.98	0.044	4.50
<i>Bursera simaruba</i>	195	0.70	1.00	0.96	0.042	4.40
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	57	0.82	1.00	0.95	0.042	4.41
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	63	0.84	1.00	0.97	0.031	3.23
<i>Vitex gaumeri</i>	42	0.88	1.00	0.98	0.244	2.49
<i>Piscidia communis</i>	332	0.64	1.00	0.98	0.037	3.82
<b>Valores generales</b>	1690	0.64	1.00	0.97	0.041	4.31

NUM = número de observaciones; MIN = valor mínimo; MAX = valor máximo; MED = valor medio; D.S. = Desviación estándar y C.V. = coeficiente de variación.

suprimidos y otras especies en que la relación decrece.

Asimismo, puede verse que el intervalo de variación de la relación de diámetros es bastante amplio ya que presenta un valor mínimo de 8.06 y un máximo de 93.58 con una desviación estándar de 8.39 y un coeficiente de variación de 31.10%. Esta situación concuerda con lo mencionado por Francis (1966), quien estudió la misma relación en un bosque de Dipterocarpaceas, encontrando un comportamiento lineal, pero con una fuerte dispersión al aumentar el diámetro de la copa.

De las ocho especies estudiadas, **Cochlospermum vitifolium** presentó el comportamiento más irregular de la relación de diámetros con un coeficiente de variación de 63.62%; las especies que presentaron menores variaciones son **Vitex gaumeri**, **Lysiloma bahamensis** y **Spondias mombin** seguidas por **Piscidia communis**. En la parte inferior del Cuadro 7, se muestra los resultados de la relación de superficies que presentó los valores medio de 0.96, máximo de 1.00 y mínimo de 0.64 que al ser tomada como una medida de eficiencia de intercambio gaseoso, indica que en general el promedio de los individuos en las especies, a través del tiempo son muy eficientes, aunque en algunos casos no lo son hasta en un 36%. En el mismo cuadro se reportan los valores que alcanzan cada una de las especies; donde **Piscidia communis** presentó el valor mínimo más bajo (0.64), por lo que también presenta a los individuos menos eficientes. **Lysiloma bahamensis**, **Bursera simaruba** y **Dendropanax arboreus**, registraron algunos individuos con ineficiencias de 32, 30 y 27%. En general, los elementos de las especies son muy eficientes, como puede notarse en los valores medios que son casi iguales a uno y con pequeñas desviaciones estándar. Además se observa que entre las especies la

eficiencia es muy semejante al compararse por medio de sus coeficientes de variación.

Posteriormente, en Cuadro 8 se resumen los resultados de los análisis de varianza en el estudio longitudinal. Para la relación de alturas (RH), la especie **Dendropanax arboreus** presentó diferencias no significativas a través del tiempo, lo cual implica que sus valores medios son iguales estadísticamente, no siendo así para las otras siete especies, que al ser significativas o altamente significativas, indican que cuando menos una media es diferente a través del tiempo, y por lo tanto, estas especies se eligieron para el análisis de comportamiento de ésta relación.

La relación de diámetros (RD) en las especies **Spondias mombin**, **Lonchocarpus castilloi** y **Vitex gaumeri** fueron no significativas, por lo que sus valores medios se consideran estadísticamente iguales a través del tiempo, siendo lo contrario para las cinco especies restantes, mismas que se consideraron en el análisis de comportamiento.

En el caso de la relación de superficies (RS), puede observarse que en las especies **Spondias mombin**, **Cochlospermum vitifolium**, y **Lonchocarpus castilloi** no presentan diferencias significativas, señalando esto, que sus valores medios son iguales estadísticamente, y las cinco especies restantes que presentan diferencias significativas, son las que a través del tiempo cuando menos uno de sus valores es diferente, por lo tanto, son las que se les realizó el análisis de comportamiento.

En general, todas las especies muestran cambios a través del tiempo cuando menos en una relación, sólo **Lysiloma bahamensis**, **Bursera simaruba** y **Piscidia communis** presentan variación en todas las relaciones.

**Cuadro 8.** Resultados de los análisis de varianza de las relaciones de alturas, diámetros y superficies del estudio longitudinal de ocho especies de selva mediana subperennifolia, en Escárcega, Campeche, México.

RELACION ESPECIE	RH	RD	RS
<b>Spondias mombin</b>	*	NS	NS
<b>Lysiloma bahamensis</b>	**	**	**
<b>Dendropanax arboreus</b>	NS	**	**
<b>Bursera simaruba</b>	**	*	**
<b>Cochlospermum vitifolium</b>	**	**	NS
<b>Lonchocarpus castilloi</b>	**	NS	NS
<b>Vitex gaumeri</b>	*	NS	**
<b>Piscidia communis</b>	**	**	**

RS = sup. min/sup. real; RD = diá. de copa/diá. normal ; RH = Alt. total/Alt. fustal; \*\* y \* = significativo al 99 y 95%; NS = no significativo

### 5.2.2. Análisis transversal

En el Cuadro 9 se reportan los resultados del análisis por edades para cada relación estudiada. La relación de alturas, en las diferentes edades, presentó un valor medio más bajo de 1.86 a la edad de 22 años, medio más alto de 3.86 a la edad de 10 años, con coeficientes de variación muy grandes. A la edad 20 se presentó el valor mínimo más bajo y es donde se alcanzó el mayor coeficiente de variación (64.79%). En general, ésta relación es la que presenta más variabilidad tanto en el estudio longitudinal como en el transversal. Sin embargo, la tendencia en la mayoría de las especies, es que ésta relación tome un valor cercano lo cual se detecta en el análisis transversal a partir de los 16 años.

En el mismo cuadro se observa que los valores medios de la relación de diámetros en las diferentes edades, varían desde 24.19 (en 16 años) hasta

**Cuadro 9.** Estadísticos de las relaciones de alturas, diámetros y superficies en nueve edades incluyendo ocho especies de selva mediana subperennifolia, en el Campo Experimental "Ing. Eduardo Sangri Serrano", Escárcega, Campeche, México.

EDAD	NUM	MIN	MAX	MED	D.S.	C.V
RELACION DE ALTURA (ATOT / AFUS)						
7	182	1.50	8.50	3.86	1.859	48.13
10	182	1.18	11.00	3.39	1.775	52.33
13	217	1.11	10.00	2.60	1.445	55.58
14	183	1.06	8.33	2.98	1.705	57.19
16	218	1.20	9.00	2.45	1.424	58.14
19	165	1.14	7.00	2.06	0.866	42.11
20	217	1.06	9.67	2.34	1.517	64.79
22	163	1.07	5.17	1.86	0.770	41.39
26	163	1.11	6.33	1.95	0.848	43.56
<b>VALORES GENERALES</b>	<b>1690</b>	<b>1.06</b>	<b>11.00</b>	<b>2.62</b>	<b>1.559</b>	<b>59.45</b>
RELACION DE DIÁMETRO ( DC /DN )						
7	182	15.59	57.69	31.18	7.981	25.60
10	182	8.06	73.56	26.03	7.966	30.60
13	217	8.45	48.12	24.27	6.878	27.29
14	183	8.82	52.66	26.10	7.878	30.18
16	218	9.30	48.75	24.19	5.809	24.01
19	165	14.37	93.58	30.89	12.760	41.30
20	217	8.33	67.37	25.37	6.867	27.07
22	163	14.58	52.35	28.47	7.337	25.77
26	163	12.79	75.47	28.34	8.470	29.89
<b>VALORES GENERALES</b>	<b>1690</b>	<b>8.06</b>	<b>93.58</b>	<b>26.98</b>	<b>8.390</b>	<b>31.10</b>
RELACION DE SUPERFICIE (Smin / Sr )						
7	182	0.84	1.00	0.96	0.035	3.60
10	182	0.75	1.00	0.95	0.047	4.92
13	217	0.76	1.00	0.95	0.042	4.44
14	183	0.79	1.00	0.96	0.040	4.13
16	218	0.80	1.00	0.96	0.041	4.24
19	165	0.64	1.00	0.97	0.043	4.46
20	217	0.68	1.00	0.97	0.041	4.26
22	163	0.70	1.00	0.98	0.040	4.07
26	163	0.88	1.00	0.98	0.024	2.42
<b>VALORES GENERALES</b>	<b>1690</b>	<b>0.64</b>	<b>1.00</b>	<b>0.97</b>	<b>0.041</b>	<b>4.31</b>

NUM = número de observaciones; MIN = valor mínimo; MAX = valor máximo; MED = valor medio; D.S. = Desviación estándar y C.V. = coeficiente de variación.

31.18 (en 7 años) observándose una baja variabilidad en su comportamiento a través de las edades. En cada una de las edades, los coeficientes de variación son grandes, correspondiendo el más bajo (24.01%) a la edad de 16 años y el más alto (41.48%) a los 19 años. Lo anterior, indica que al tomar a todas las especies en una tiempo dado, el comportamiento de la relación es muy variable debido a la mezcla. No se observa ninguna tendencia de ésta relación de todas las especies con respecto a las edades, ya que se tiene una relación cercana a 24 en las edades 13 y 16 y cercana a 31 en las edades de 7 y 19 años.

En el caso de la relación de superficies, presentó una eficiencia media general elevada, que como se indicó en el estudio longitudinal su valor medio fue de 0.96 con una desviación estándar pequeña (Cuadro 9). Entre las edades existe poca variabilidad, como puede notarse al comparar los coeficientes de variación. Sin embargo, parece que en las edades de 22 y 26 las especies tienden a ser más eficientes, ya que es cuando los valores medios son ligeramente mayores. Así, en la mayoría de las edades, la relación está entre 0.95 y 0.97, a diferencia del análisis longitudinal, en donde la mayoría de las especies presentó un valor medio de 0.98. Al hacer el análisis en forma estática el valor de la relación se ve afectado por la mezcla de especies.

En las relaciones de alturas (RH) y diámetros (RD); se encontraron diferencias significativas al comparar los valores medios de las especies en cada una de las edades, encontrándose además, que en todas las edades hubo diferencias significativas, indicando esto que existen diferencias entre algunas especies y como se demostró en el estudio longitudinal, existen algunas especies que sus valores medios a través del tiempo son diferentes.

La relación de superficies se considera constante entre las especies, en las edades 7, 10, 14 19, 22 y 26 años, debido a que los análisis de varianza indican que los valores medios de las especies son estadísticamente iguales; sin embargo en las edades 13, 16 y 20 años que corresponden a las mediciones del sitio 2, si se encontraron diferencias significativas entre las especies, siendo imposible saber si la relación es constante para las especies en todas las edades, o si las diferencias se deben a un efecto del sitio.

**Cuadro 10.** Resultados de los análisis de varianza de las relaciones de alturas, diámetros y superficies del estudio transversal en nueve edades considerando la mezcla de ocho especies de selva mediana subperennifolia, en Escárcega, Campeche, México.

RELACION	RH	RD	RS
EDAD			
7	**	**	NS
10	**	**	NS
13	**	**	**
14	**	**	NS
16	**	**	**
19	*	**	NS
20	**	**	*
22	**	**	NS
26	**	*	NS

RS = sup. min/sup. real; RD = diá. de copa/diá. normal ; RH = Alt. total/Alt. fustal; \*\* y \* = significativo al nivel de 99 y 95%; NS = no significativo.

### 5.2.3. Comportamiento de las relaciones en las especies

#### 5.2.3.1. Comportamiento de la relación de alturas

De los análisis de varianza realizados en el estudio longitudinal, donde se probaron las hipótesis de los valores medios de la relación de alturas, se determinó trabajar con siete especies que presentaron diferencias significativas.

En el cuadro 11 se resumen los resultados de los análisis de varianza correspondientes al ajuste del modelo  $RH = a_q \text{EXP} (w / t)$ , reportándose el número de observaciones, coeficiente de correlación<sup>2</sup> aumentando el efecto de la media, cuadrado medio del error, significancia estadística de el modelo, el valor del antilogaritmo de y el valor del parámetro w, para cada una de las especies.

**Cuadro 11.** Resultados del ajuste al modelo ( $RH = a_q \text{EXP} (w / t)$ ) que explica la relación de alturas (ATOT / AFUS) de siete especies de vegetación secundaria en selva mediana subperennifolia, ubicada en Escárcega, Campeche, México.

ESPECIE	NUMER O	R <sup>2</sup>	CME	MODEL O	EXP a	w
<b>Spondias mombin</b>	51	0.796	0.060	NS	1.53**	0.885 <sup>NS</sup>
<b>Lysiloma bahamensis</b>	777	0.835	0.232	**	1.88**	5.153**
<b>Bursera simaruba</b>	195	0.809	0.121	**	1.61**	3.477**
<b>Coclospermun vitifolium</b>	57	0.823	0.045	**	1.20*	3.355**
<b>Lonchocarpus castilloi</b>	63	0.868	0.078	**	1.17 <sup>NS</sup>	8.108**
<b>Vitex gaumeri</b>	42	0.839	0.175	**	1.28 <sup>NS</sup>	9.526**
<b>Piscidia communis</b>	332	0.768	0.082	**	1.37**	3.629**

CME = cuadrado medio del error, EXP = antilogaritmo, significativo al nivel de 99 % y NS es no significativo.

El ajuste del modelo para cada especie fue altamente significativo, con excepción del que corresponde a **S. mombin** que fue no significativo; asimismo, los valores de coeficientes de correlación (0.768 a 0.868) son

considerablemente altos, lo que indica que el modelo explica el comportamiento de la relación a través del tiempo en forma adecuada como se observa en la Figura 5, donde se comparan los valores medios muestrales con los ajustados por el modelo (ambos valores logarítmicos).

**Spondias mombin** presenta un valor pequeño de la pendiente ( $w$ ), que es no significativo, por lo que se considera estadísticamente igual a cero, es decir, que el comportamiento de la relación es estable al transcurso del tiempo. Así mismo, de acuerdo con los valores de la relación, obtenidos a la edad de 7 y 26 años (Cuadro 12), se tiene que ésta especie desde el inicio de las mediciones presenta una proporción de fuste limpio grande (aproximadamente del 60%) y su ganancia es poca como puede verse en el valor (0.15) de la diferencia entre la primera y última medición. Sin embargo, a la edad de 13 trece años alcanza el 66.67% de la ganancia total en la relación fuste limpio en el período de medición ( Figura 6).

**Cuadro 12.** Valores ajustados por el modelo a la relación de alturas (ATOT/AFUS) y sus diferencias en 7, 13 y 26 años, de 7 especies de vegetación secundaria, en selva mediana subperennifolia en Escárcega, Campeche, México.

ESPECIE	VALOR AJUSTADO A:			DIFERENCIA DE:	
	7	13	26	7 A 13	7 A 26
( A Ñ O S )					
<b>Spondias mombin</b>	1.73	1.63	1.58	0.10	0.15
<b>Lysiloma bahamensis</b>	3.93	2.79	2.29	1.15	1.64
<b>Bursera simaruba</b>	2.65	2.11	1.84	0.54	0.81
<b>Cochlospermum vitifolium</b>	1.93	1.55	1.36	0.38	0.57
<b>Lonchocarpus castilloi</b>	3.78	2.18	1.6	1.60	2.13
<b>Vitex gaumeri</b>	4.98	2.66	1.84	2.32	3.14
<b>Piscidia communis</b>	2.29	1.80	1.6	0.49	0.69

RELACION DE ALTURA

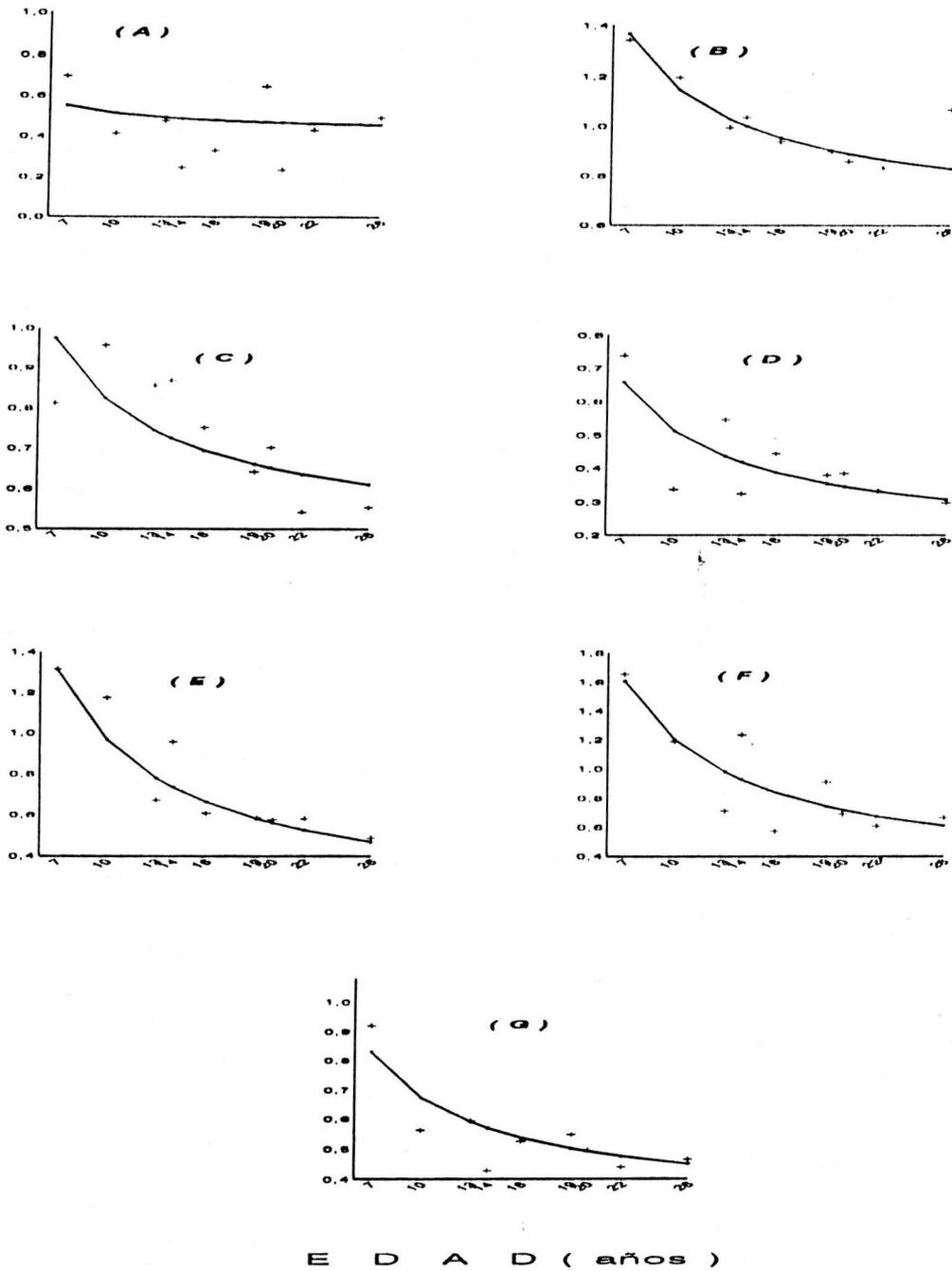


Figura 5. Comportamiento de los valores calculados y las medias muestrales de la relación de altura (ATOT/AFUS) de 7 especies de vegetación secundaria - S. mombin (A), L. bahamensis (B), B. simaruba (C), C. vitifolium (D), L. castilloi (E), V. gaumeri (F) y P. communis (G)- de selva mediana subperennifolia (valores logarítmicos).

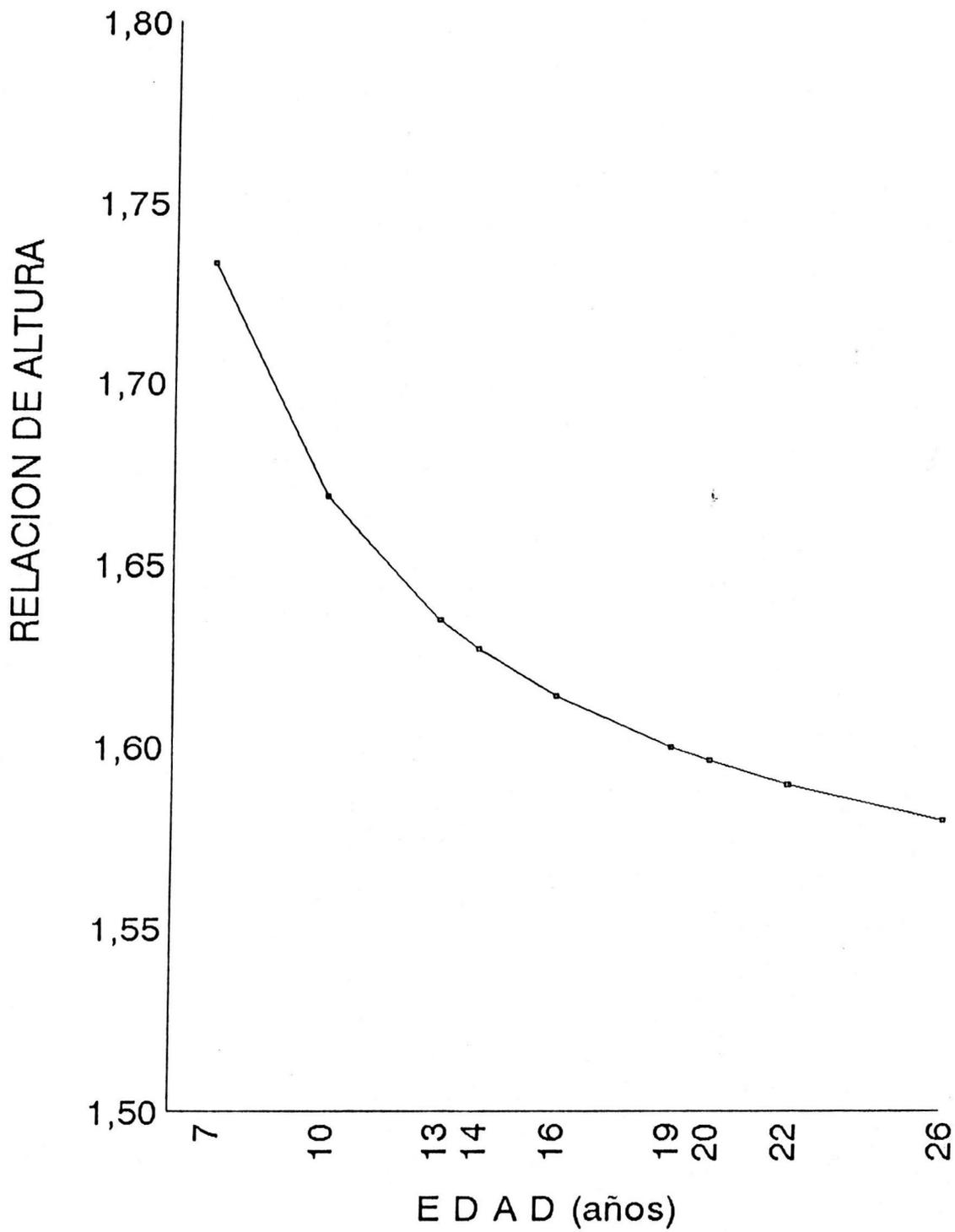


Figura 6. Comportamiento de la relación de altura en *Spondias mombin*, en un período de 7 a 26 años, en vegetación secundaria( Selva mediana subperennifolia)

**Cochlospermum Vitifolium**, **B. simaruba** y **P. communis**, tienen velocidades de cambio en la relación semejantes entre sí, como puede juzgarse por sus valores de la pendiente (3.355, 3.477 y 3.629); en la Figura 7, se observa que sus líneas son casi paralelas debido a que los valores iniciales de la relación son diferentes. Como en el caso anterior, éstas especies alcanzan a tener la mayor ganancia en fuste limpio a la edad de trece años, que en el caso de **P. communis** es de 71.01% y para las otras dos es de 66.67%.

En la Figura 8 se muestra el comportamiento de las tres especies que alcanzan las velocidades de cambio más grandes en la relación. **V. gaumeri** es la más veloz y tiene a la edad de 7 años una relación de 4.98 y llega a un valor de 1.84 a los 26 años. Esta especie pasa de ser la especie que menor cantidad de fuste limpio tiene a una de las que alcanzan las proporciones más grandes, debido a que pierde 3.14 de relación, en el período de estudio.

Las especies **L. castilloi** y **L. bahamensis**, presentan pendientes de 8.108 y 5.153 (Cuadro 11), con valores de 3.78 y 3.93 a la edad de 7 años y de 1.60 y 1.84 a los 26 años (Cuadro 12). Es importante notar que **L. bahamensis** gana menos fuste limpio que las otras dos especies, lo que se explica por que se encuentra dominando en número y ocupa la parte superior en los sitios uno y dos, aduciendo que su posición preponderante le permite este comportamiento. A diferencia de lo anterior **V. gaumeri** que ocupa la parte media del estrato más alto en los sitios, su nivel competitivo se acelera provocando una fuerte ganancia en fuste; y en el caso de **L. castilloi** que gana una cantidad considerable de fuste sin lograr ser igual o superar a la anterior probablemente por que la presión de competencia es menor, debido a que es una especie perenne.

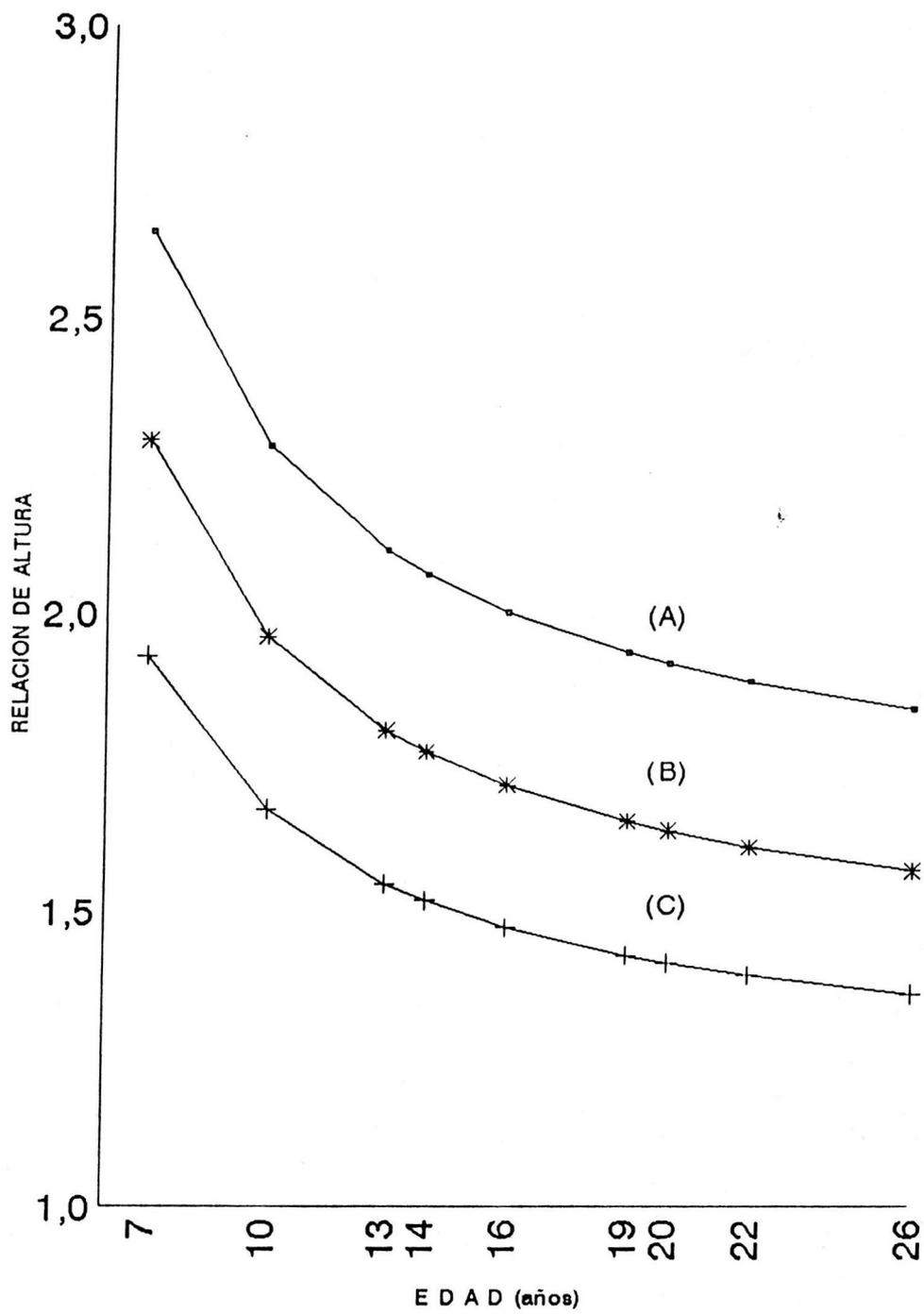


Figura 7. Comportamiento de la relación de altura (ATOT/AFUS) en las especies (A) *Bursera simaruba*, (B) *Piscidia communis* y (C) *Cochlospermum vitifolium*, características de vegetación secundaria

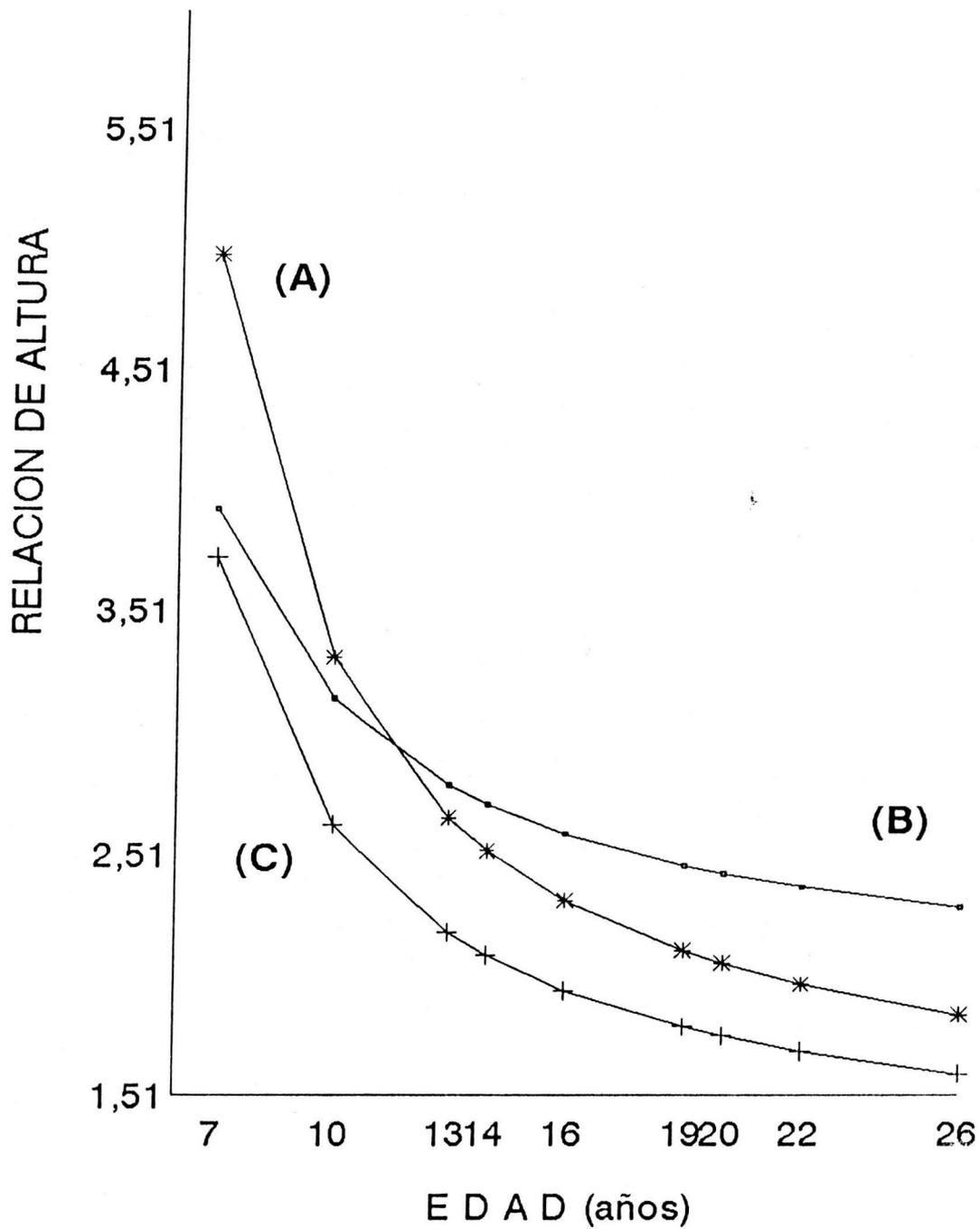


Figura 8. Comportamiento de la relación de altura (ATOT/AFUS) en las especies (A) *V. gaumeri*, (B) *L. bahamensis* y (c) *L. castilloi*, características de vegetación secundaria.

En general, la tendencia de la relación de alturas a través del tiempo, es curvilínea e inversa a la edad, coincidiendo en todas las especies la tendencia a mejorar su proporción de fuste (bajar valor en la relación), esto de acuerdo con el valor de sus pendiente que en todos los casos es mayor que cero, e indica que la altura total es la que alcanza su máximo antes que la altura fustal y el valor antilogarítmico de indica que las especies tienen en promedio entre el 53.2 y el 85.5% de fuste limpio. Asimismo, se observa que las especies a la edad de 13 años alcanzan entre 66 y 75% de su ganancia en fuste limpio, dependiendo de la especie, situación que es atribuida a las condiciones de competencia y presumiblemente relacionada en forma muy estrecha con los requerimientos de luz, que de acuerdo con Del Amo (1985), es uno de los principales factores de competencia.

#### 5.2.3.2. Comportamiento de la relación de diámetros

**Bursera simaruba** y **C. vitifolium**, no presentan significancia estadística en el modelo relacionándose esto con la no significancia del parámetro de la pendiente ( $w$ ) (Cuadro 13), sin embargo el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y los valores pequeños del CME, indican que el ajuste del modelo es adecuado como puede observarse en la Figura 9, donde se muestran los valores ajustados y las medias muestrales; aunque no es así en el caso de **Lysiloma bahamensis** y **Cochlospermum vitifolium** que presentan puntos que se desplazan por arriba de los valores calculados, debido a que en esas edades su ajuste se realizó con pocas observaciones.

Las dos especies mencionadas antes, en las cuales su pendiente es igual a cero estadísticamente, y de acuerdo con el comportamiento gráfico

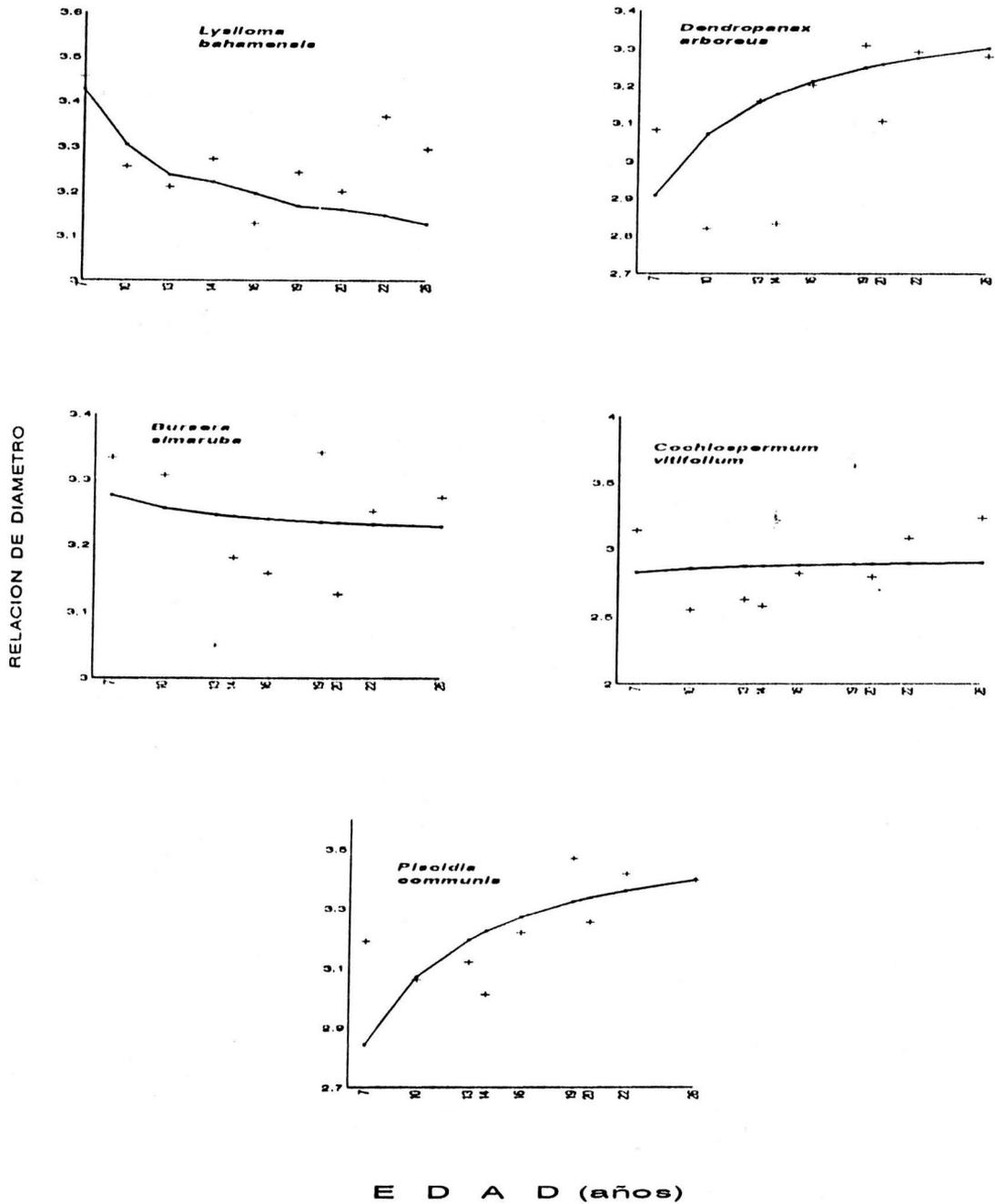


Figura 9. Comportamiento de los valores ajustados y las medias muestrales de la relación de diámetro (DC/DN) de cinco especies de vegetación secundaria en una selva mediana subperennifolia

(Figura 10), se puede ver que es casi constante a través del tiempo, al experimentar.

**Cuadro 13.** Resultados del ajuste al modelo  $RD = a_q \text{EXP}(w / t)$ , que explica la relación de diámetros (DC/DN), de cinco especies de vegetación secundaria en selva mediana subperennifolia, en Escárcega, Campeche, México

ESPECIE	NUMERO	R <sup>2</sup>	CME	MODELO	EXP	w
<i>Lysiloma bahamensis</i>	777	0.994	0.060	**	20.43**	2,872**
<i>Dendropanax arboreus</i>	173	0.992	0.087	**	31.41**	-3,764**
<i>Bursera simaruba</i>	195	0,992	0.089	NS	24.80**	0,450 <sup>NS</sup>
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	57	0.975	0.223	NS	18.58**	-0.691 <sup>NS</sup>
<i>Piscidia communis</i>	332	0.994	0.062	**	36.56**	-5,292**

CME = cuadrado medio del error; R<sup>2</sup> = coeficiente de correlación, EXP = antilogaritmo, \*\* significativo al nivel de 99% y NS es no significativo.

cambios insignificativos en los valores, que corresponde de 26.46 a 25.60 y de 16.84 a 18.10 (Cuadro 14) a la edad de 7 y 26 años respectivamente.

Las especies **P. communis**, **D. Arboreus** y **L. Bahamensis**, presentan una velocidad alta de cambio en la relación diámetro de copa y diámetro normal, como puede observarse en la Figura 11; donde la pendiente de **L. bahamensis** es mayor que cero (2.872), indicando que el diámetro de la copa alcanza un máximo más rápido que el diámetro normal, lo que hace pensar que ésta especie llega a generar condiciones adversas, que explican su alta mortalidad y poca presencia en las etapas de sucesión avanzada. Las otras dos especies en las cuales la pendiente es menor que cero, el diámetro normal alcanza un máximo antes que el diámetro de copa, es decir que presentan un crecimiento de diámetro acelerado en la etapa inicial, pero que posteriormente su cambio es pequeño. A la edad de

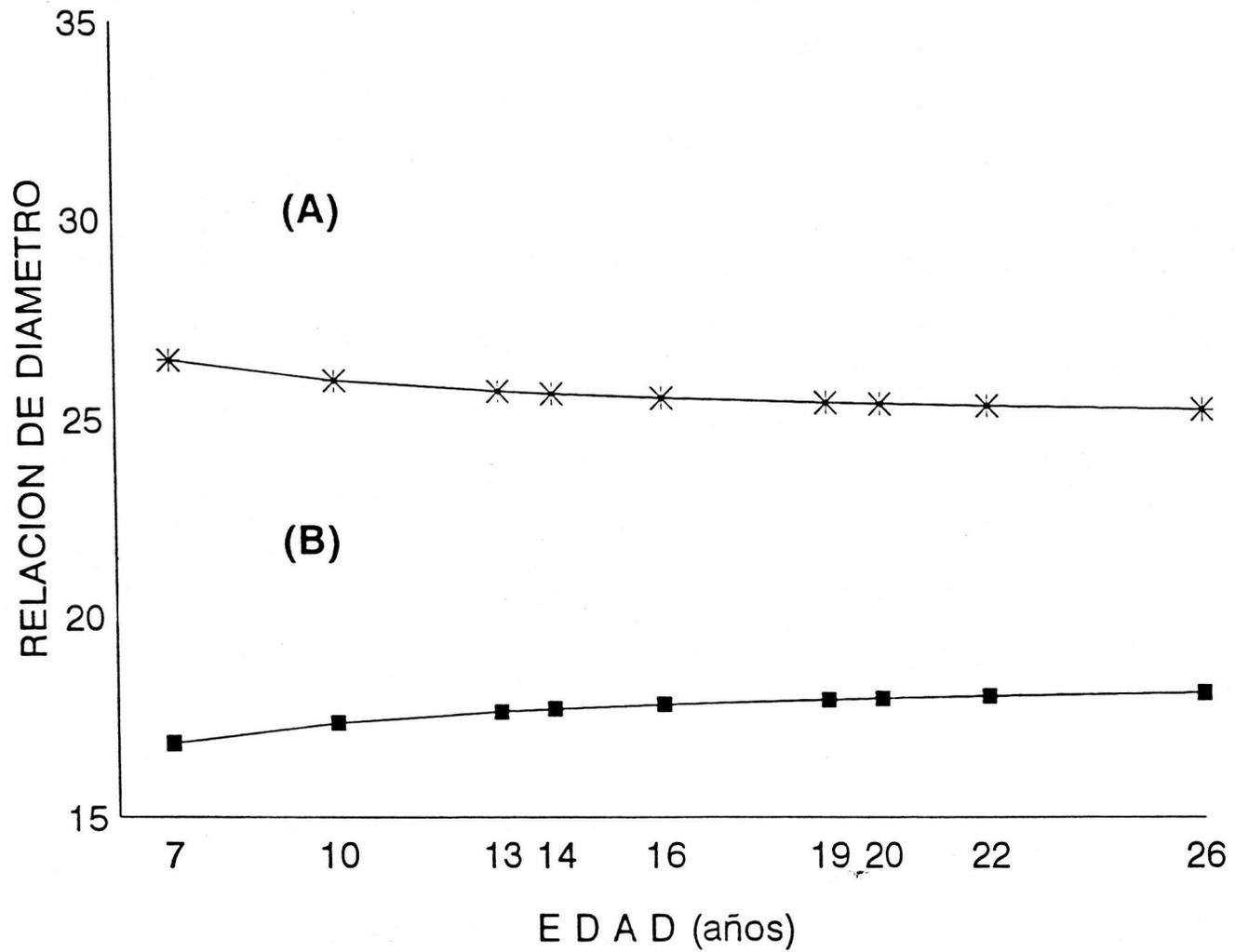


Figura 10. Comportamiento de la relación de diámetro (DC/DN) en (A) *B. simaruba* y (B) *C. vitifolium*, especies de vegetación secundaria.

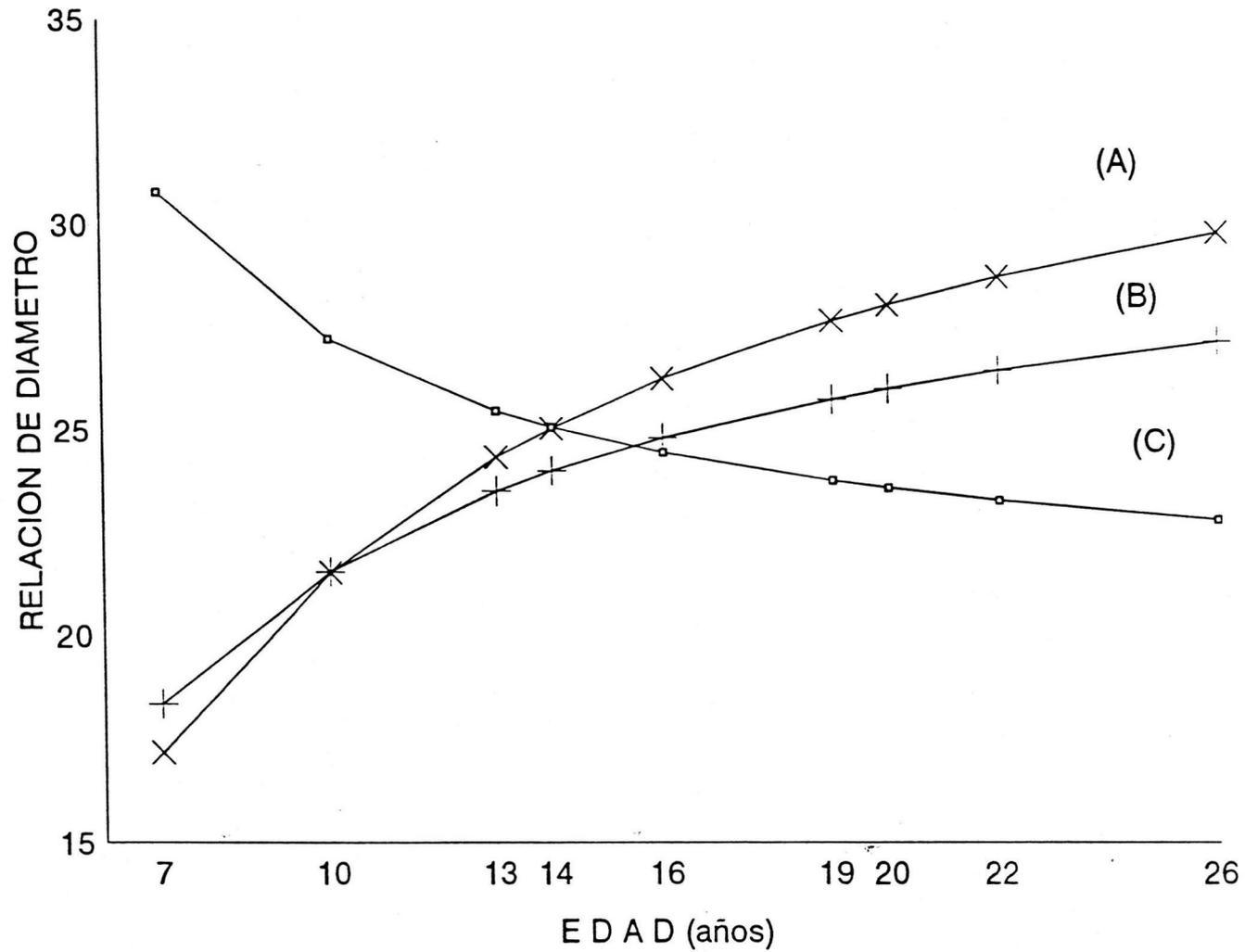


Figura 11. Comportamiento de la relación de diámetro (DC/DN) en (A) *P. communis*, (B) *D. arboreus* y (C) *L. bahamensis*, especies características de vegetación secundaria.

13 años se registraron los cambios más fuertes en las especies, ya sea creciendo o decreciendo el valor de la relación ( Cuadro 14).

**Cuadro 14.** Valores ajustados de la relación de diámetros (DC/DN) y sus diferencias en 7, 13 y 26 años, de 5 especies de vegetación secundaria, en selva mediana subperennifolia en Escárcega, Campeche, México.

ESPECIE	VALOR CALCULADO A:			DIFERENCIA DE:	
	7	13	26	7 A 13	7 A 26
( A Ñ O S )					
<b>Lysiloma bahamensis</b>	30.79	25.48	22.82	5.31	7.97
<b>Dendropanax arboreus</b>	18.34	23.51	27.17	-5.17	-8.83
<b>Bursera simaruba</b>	26.46	25.69	25.25	0.77	1.21
<b>Cochlospermum vitifolium</b>	16.84	17.63	18.10	-0.79	-1.26
<b>Piscidia communis</b>	17.17	24.34	29.83	-7.17	-12.66

La relación de diámetros es curvilínea y puede ser directa o inversamente proporcional al tiempo, dependiendo de la especie, situación que es semejante con lo encontrado por Weaver y Pool (1979), que detectaron especies en que la relación decrece de individuos dominantes a suprimidos y otras especies en que el comportamiento es contrario.

Asimismo, las especies en que el valor de su pendiente es igual o mayor a cero, su relación se encuentra entre 18 y 25; y las que su pendiente es menor que cero su valor se encuentran entre 31 y 36.

#### 5.2.3.3. Comportamiento de la Relación de superficies

En todas las especies incluidas se encontró un efecto significativo del modelo empleado para explicar el comportamiento de la relación de superficies con la edad de los árboles, con valores de R<sup>2</sup> entre 0.31 y 0.66 y CME pequeños (Cuadro 15), considerándose que los ajustes en todos los

casos son adecuados, como puede verse en la Figura 12, donde se representan los valores ajustados y las medias muestrales de la relación de superficies.

**Cuadro 15.** Resultados del ajuste al modelo  $RS = EXP(w/t)$ , que explica la relación de superficies ( $S_{min}/S_r$ ), de cinco especies de vegetación secundaria en selva mediana subperennifolia, en Escárcega, Campeche, México.

ESPECIE	NUMERO	R <sup>2</sup>	CME	MODELO	b
<i>Lysiloma bahamensis</i>	777	0.452	0.00243	**	-0.493**
<i>Dendropanax arboreus</i>	173	0.416	0.00203	**	-0.692**
<i>Bursera simaruba</i>	194	0.342	0.00239	**	-0.490**
<i>Vitex gaumeri</i>	42	0.663	0.00039	**	-0.369**
<i>Piscidia communis</i>	327	0.310	0.00167	**	-0.462**

CME = cuadrado medio del error, \*\*significativos al nivel de 99 %

El valor del parámetro (b) indica la pendiente o velocidad de cambio de la relación de superficies con respecto a la edad, por lo que mientras más grande es, implica que se alcanza más rápidamente (a menor edad) la eficiencia mínima aceptable (EMA) que corresponde al valor medio promedio (0.97) de los valores medios de la relación de superficies de las ocho especies que se incluyeron en el estudio longitudinal.

Con base a lo anterior, se estimó la edad en que se alcanza el EMA, para cada especie. En la figura 13, se muestra en el cruce de la línea paralela al eje de las equis, con las curvas correspondientes a cada especie; **Vitex gaumeri** es la especie que primero alcanza la EMA a los 12.1 años, seguida de **P. communis** a los 15.2 años, **B. simaruba** a 16.1 años, **L. bahamensis** a 16.2 años y por último **D. arboreus** a la edad de 22.7 años.

En el Cuadro 16, se presentan los valores medios de diámetro normal correspondientes a la edad en se alcanza el EMA, y los incrementos

RELACION DE SUPERFICIE

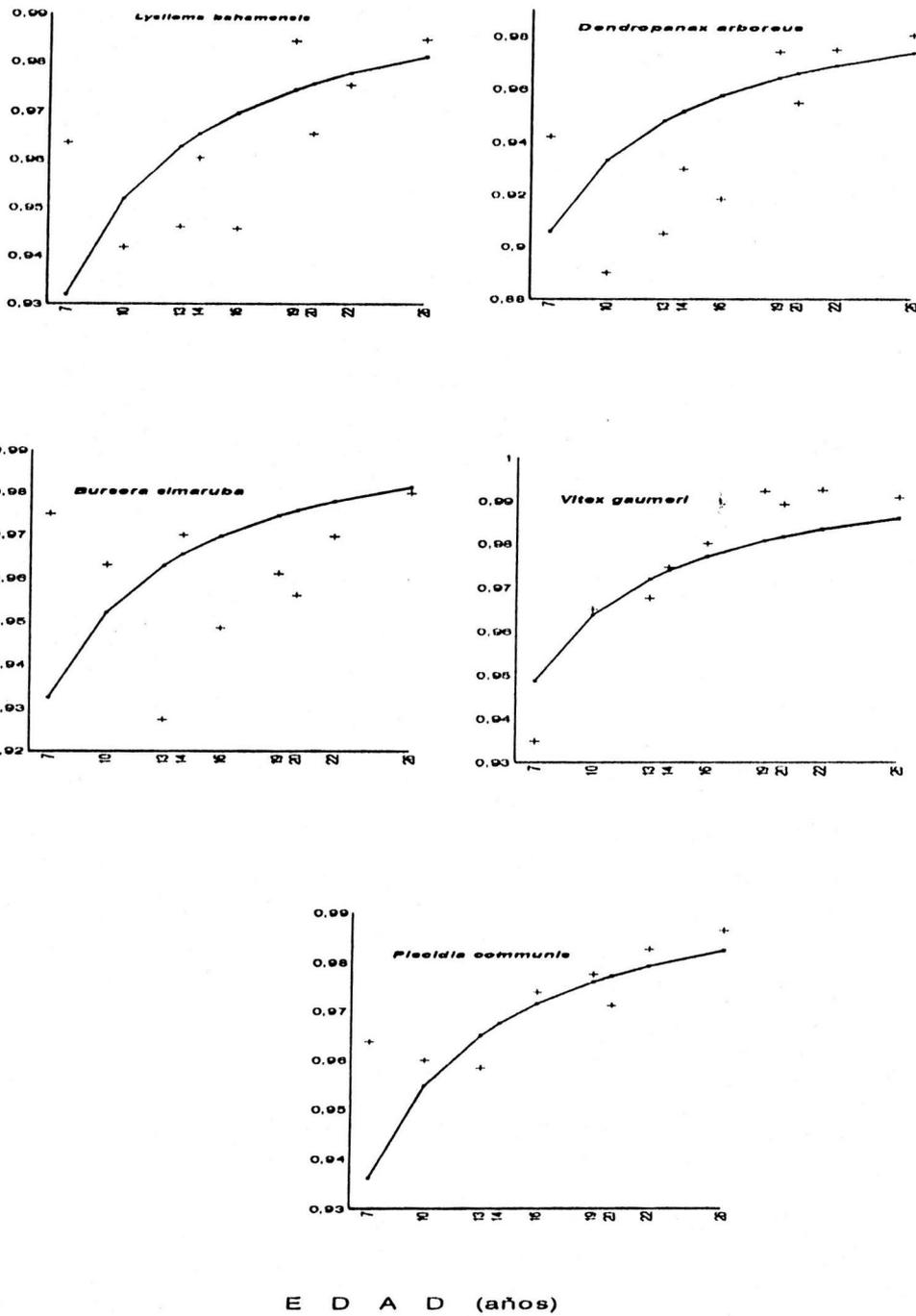


Figura 12. Comportamiento de los valores ajustados y las medias muestrales de la relación de superficie ( $S_{min}/S_r$ ) en 5 especies de vegetación secundaria, de una selva mediana subperennifolia

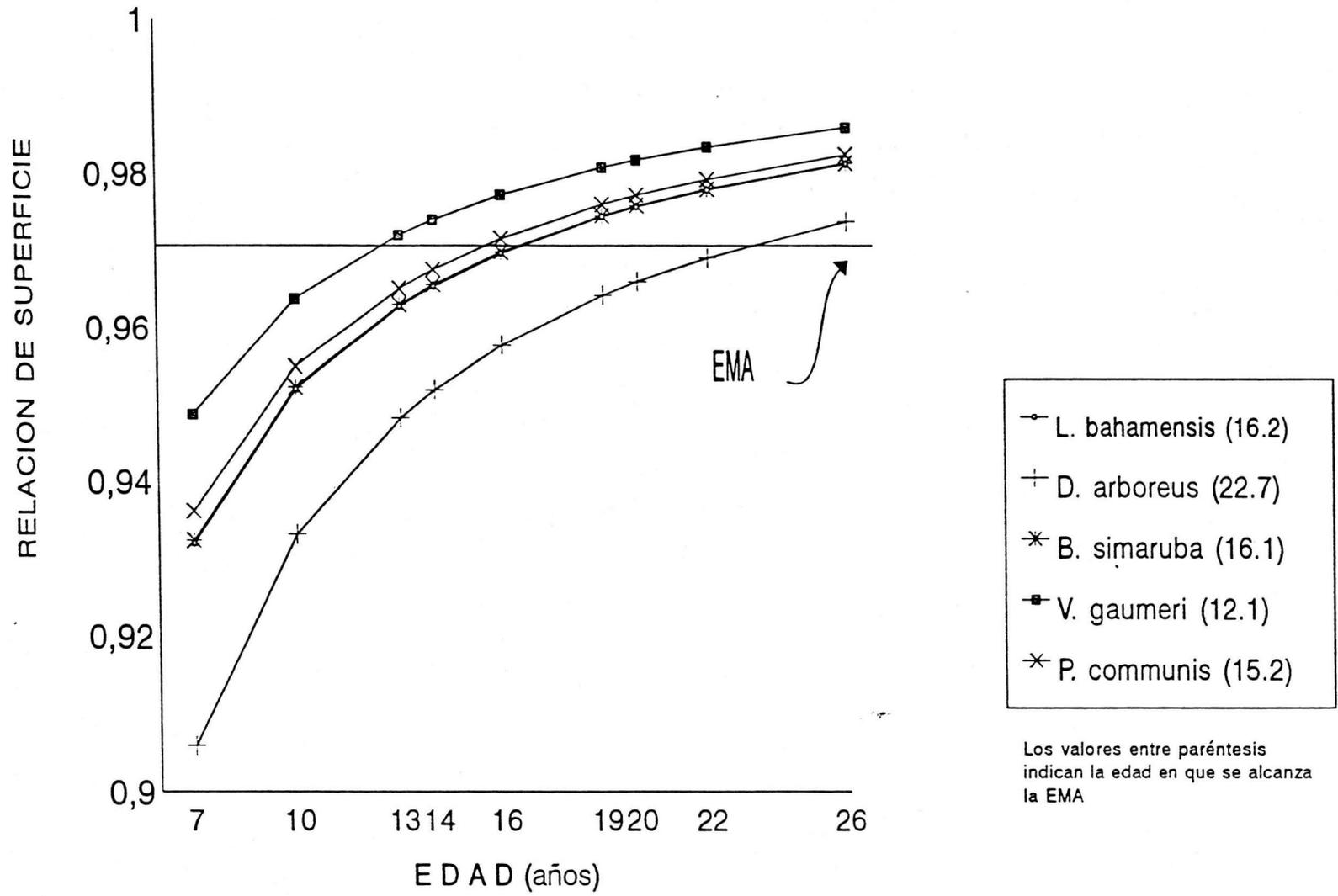


Figura 13. Curvas de eficiencia mínima aceptable (EMA), en cinco especies características de vegetación secundaria.

medios anuales en diámetro antes y después de la edad de eficiencia, en el horizonte de medición.

Puede verse que **L. bahamensis** hasta la edad de eficiencia registra un incremento promedio anual en diámetro de 0.94 cm y después de la edad de eficiencia su incremento es de 0.90 cm, es decir que pierde un 4.3% de su de crecimiento después de alcanzar el EMA.

**Cuadro 16.** Valores de diámetro e incremento medio anual antes y después de alcanzar la eficiencia mínima aceptable, en cinco especies de vegetación secundaria.

ESPECIE	EDAD DE EMA	DIAMETRO (cm) A:		INCREMENTO MEDIO ANUAL (cm) A:	
		EDAD DE EMA	26 AÑOS	ANTES DE EMA	DESPUÉS DE EMA
<b>Lysiloma bahamensis</b>	16.20	15.16	23.30	0.94	0.90
<b>Dendropanax arboreus</b>	22.72	16.46	17.79	0.72	0.68
<b>Bursera simaruba</b>	16.10	12.68	15.07	0.78	0.58
<b>Vitex gaumeri</b>	12.11	10.02	15.43	0.84	0.59
<b>Piscidia communis</b>	15.17	10.95	13.60	0.72	0.52

EMA = Eficiencia mínima aceptable

**Dendropanax arboreus** que tiene incremento medio anual de 0.72 cm antes de alcanzar la EMA, y posteriormente este se reduce a 0.68 cm; por lo que esta especie pierde el 5.5% de crecimiento, valor semejante al de la especie anterior. Sin embargo en este caso la baja de crecimiento se registra en 3 años y en la anterior es en 10 años.

De la misma manera, las especies **B. simaruba**, **V. gaumeri** y **P. communis** presentan incrementos medios anuales de 0.72, 0.78 y 0.72 cm antes de alcanzar el EMA y posteriormente sus incrementos bajan a 0.68, 0.58 y 0.52 cm respectivamente. Las especies presentan una reducción de 25.0, 29.8 y 27.0% en su tasa de crecimiento promedio anual en diámetro; en el caso de la primera y la tercera especie, la reducción sucede en el transcurso de 10 años y en la segunda en un período de 14 años.

Se puede pensar que las especies que disminuyen su crecimiento son las especies que son menos vigorosas, pero son también las que aseguran su presencia en las etapas avanzadas de sucesión, debido a que su característica de crecimiento las ubica como especies secundarias no pioneras (Vázquez-Yanes y Guevara, 1985).

Finalmente, la relación de superficies se comporta en forma curvilínea y es directamente proporcional a la edad, señalando diferentes velocidades de cambio de acuerdo con el temperamento de las especies.

## 6. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

De acuerdo con los resultados, se plantean las conclusiones más importantes, enfocándose principalmente el comportamiento de las relaciones a través del tiempo en las especies.

Se considera que la masa arbórea con que se trabajó es una población coetánea, por que las especies son intolerantes a la sombra, no se regeneran continuamente y además que no se incluyó en el análisis los individuos que se incorporaron.

Las especies, en el estudio longitudinal, mostraron cambios a través del tiempo cuando menos en una relación; solo **Lysiloma bahamensis**, **Bursera simaruba** y **Piscidia communis** presentaron variaciones en las tres relaciones analizadas. En el estudio transversal se encontraron diferencias significativas en todas las especies consideradas en el estudio de la relación de alturas y diámetros.

La relación de alturas se comportó en forma curvilínea e inversa a la edad, señalando que existe la tendencia en todas las especies a mejorar su proporción de fuste limpio conforme aumenta la edad. Alrededor de los 13

años, se alcanza entre el 66 y 75% de los cambios totales ocurridos en ésta relación. Existen especies que desde la medición inicial mostraron un porcentaje alto de fuste limpio, como es el caso de **Spondias mombin** y otras con bajo porcentaje como **Vitex gaumeri**.

La relación entre el diámetro de copa y el diámetro normal tuvo un comportamiento curvilíneo directo o inverso a el tiempo, dependiendo de la especie. Cuando la pendiente en el modelo fue mayor o igual a cero el valor de su relación varió de 18 a 25, y cuando la pendiente fue menor que cero su valor es entre 31 y 36 en las especies estudiadas. En todos los casos la mayor velocidad de cambio se registra cerca de los trece años.

La relación entre la superficie mínima y la superficie real de la copa se comportó en todas las especies en forma curvilínea, directamente proporcional a la edad. Lo anterior permitió identificar la edad en que las especies alcanzan el valor medio de la relación (EMA), que coincide con una disminución del incremento en diámetro, exceptuando a **Lysiloma bahamensis**. Asimismo la edad en que se alcanzó la EMA varía de acuerdo al temperamento de la especie, lo que permite agruparlas para su manejo silvícola, de acuerdo con el valor de su pendiente en el modelo.

Debido a que la variación registrada en las características de este estudio, que pueden ser enorme por múltiples factores; se sugiere realizar este tipo de mediciones y manejo de datos, en muestras más grandes y de ser posible en un mayor número de edades, aunque esto presenta una gran dificultad en las áreas tropicales, en especial debido a las clases de tamaño y bajas densidades de algunas especies.

Se sugiere que en acahuales de composición, densidad y edades semejantes a los sitios estudiados, las primeras intervenciones se apliquen alrededor de los 13 años de edad, que es cuando se ha alcanzado un porcentaje aceptable de la capacidad de formar fuste en las especies e inicia la disminución de crecimiento.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- ALDER, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, con referencia especial a los trópicos. Vol. 2 predicción del rendimiento. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 118 p.
- AMO, R.S. DEL 1985. Algunos aspectos de la influencia de la luz sobre el crecimiento de estados juveniles de especies primarias. In Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Ed. por Arturo Gómez-Pompa; Silvia del Amo R. Volumen II. Inst. Nal. de Inv. sobre Recs. Bióticos. p 79-91.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1950. Sociología vegetal: Estudios de las comunidades vegetales. Rev. ampliada. G. D. Fuller y H. S. Conar. Trad. al español por Antonio P. L. Digilio y Marta M. Graci. Buenos Aires, Arg. Acme Agency, 444 p.
- CABRERA, C.E.; SOUSA, S. M.; TÉLLEZ, V. O. 1992. Imágenes de la flora Quintanarroense. Centro de investigaciones de Quintana, Roo e Instituto de Biología de la UNAM. Puerto Morelos. Q. Roo. México. CIQRO. 199 p.
- CASTAÑEDA, F.; ALVARADO, C.; DIAZ, R.; ALVARADO, C. DE; VALDEZ, C. 1982. Relación diámetro de copa-diámetro altura de pecho para **Pinus oocarpa**, Schiede, en Siguatepeque, Honduras. Turrialba 32(2): 123-129.
- CASTAÑOS, C.M. s/f. Arborización para carreteras y zonas urbanas. SCT. México. 432 p.
- CEDEÑO, S.O. 1981. Campo Experimental "El Tormento", Campeche. Intituto Nacional de Investigaciones Forestales. 2da. Ed. Ciencia Forestal 1 (3): 75-82.
- CENTENO, E,L.R. 1989. Análisis estructural de cuatro etapas sucesionales de selva mediana subperennifolia en la región de Escárcega, Campeche. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 178 p.

- CHAVELAS, P.J. 1967-68. Estudio florístico y sinecológico del Campo Experimental Forestal "El Tormento", Escárcega, Camp. In: 5o Informe de la comisión de estudios sobre la ecología de dioscoreas. Tomo I Inst. Nal. Invest. For. S.A.G., México. p. 130-221.
- CUANALO C. H.E. 1981. Suelos del Campo Experimental Forestal "El Tormento", Campeche. Bol. Téc. No. 15 INIF. 2 ed. México, D.F. 25 p.
- ESPINOSA, B.A. 1987. Dinámica sinecológica de cuatro etapas sucesionales de una selva mediana subperennifolia en Escárcega, Campeche. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. Monterrey, N. L., México. 115 p.
- FINEGAN, B. 1992. El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. CATIE. Serie técnica/Inf. Tec. no 188. Turrialba, C.R. 29 p.
- FRANCIS, E.C. 1966. Crowns, Boles and Timber volumes from aerial photographs and field surveys. Commonwealth Forestry Review, 45: 32-66.
- FRANKLIN, F.J.; SHUGART, H.H.; HARMON, E.M. 1987. Tree death as an ecological process. BioScience 37(8) 550-556.
- GARCIA, E. 1973. Modificaciones a la clasificación climática de Köppen con adaptaciones a las condiciones de la República Mexicana. 2da. Ed. Instituto de Geografía. U.N.A.M. 246 p.
- GÓMEZ-POMPA, A; VÁZQUEZ-YANES, C. 1985. Estudios sobre la regeneración de selvas en regiones calido-húmedas de México. In Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Ed. por Arturo Gómez-Pompa; Silvia del Amo R. Volumen II. Inst. Nal. de Inv. sobre Recs. Bióticos. p 1-25.
- GÓMEZ-POMPA, A; VÁZQUEZ, S.J.; SARUKHÁN, K.J. 1964. Estudio ecológico de las zonas tropicales Cálido-húmedo de México. Ins. Nal. Inv. For., Pub. ES. INIF. México, DF. 3: p. 1-36.

- GOULD, S. J. 1966. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. *Biological Reviews* 4: 587-640.
- GRANADOS, S.D. Y ORTEGA, S.A. 1994. Sucesión Ecológica: Dinámica del Ecosistema. en preparación.
- JOHNSON, F.A.; WOODARD, M.P.; TITUS, J.S. 1988. Lodgepole pine and white spruce crown fuel weights predicted from height and crown width. *Can. J. For. Res.* 19: 527-530.
- JOHNSON JUNIOR, G.C.; CLUSNITZER, R.R.; MEHRINGER, J.P.; OLIVER, D.C. 1994. Biotic and abiotic processes of eastside ecosystems: The effects of management on plant and community ecology, and on stand and landscape vegetation dynamics. Ed. by Paul F. Hessburg y Richard L. Evrrett. U.S. Department of agriculture, Forest Service Pacific Northwest. General Technical Report PNW-GTR-322. 66 p.
- KITTREDGE, J. 1944. Estimation of the amount of foliage of trees and stand. *J. For.* , 42:905-912.
- LEECH, W.J. 1984. Estimating crown width from diameter at breast height for open-grow Radiata pine trees in South Australia. *Aust. For. Res.* 14: 33-337.
- LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. 1987. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). *Journal of Tropical Ecology (G.B.)*. 3(4):347-358.  
Citado por: FINEGAN, B. 1992. El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. CATIE. Serie técnica/Inf. Tec. no 188. Turrialba, C.R.
- MANZANILLA, B. H. 1980. Los sitios permanentes de investigación silvícola. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Departamento de Manejo de Bosques Naturales. Guadalajara, Jal. México. 97 p. (mimiografiado)

- MIRANDA, F. 1959a. Rasgos fisiográficos. In los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. Estudios particulares. Ed. Inst, Méx. Rec. Nat. México. Tomo II. p. 161-163.
- MIRANDA, F. 1959b. Estudios acerca de la vegetación. In Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. Estudios particulares. Ed. Inst, Méx. Rec. Nat. México. Tomo II. p. 215-271.
- MIRANDA, F.; HERNANDEZ, X. E. 1963. Los tipos de Vegetación de México y su Clasificación. Bol. Soc. Bot. México. 28: 29-179.
- MIRANDA, F.; GOMEZ-POMPA, A. Y HERNANDEZ, X, E. 1967. Un método para la investigación ecológica de las regiones tropicales. Instituto de Biología. UNAM. México. Ser. Bot. 3 (1): 101-110.
- PAIJMANS, K. 1951 Een voorbeeld van interpretatie van Luchtfoto's van oerwoud: Het Maliliccomplex op Celebes (interpretation of aerial photographs in a virgin forest complex: Malili, Celebes, Indonesia) *Tectona*, 41, p.111-135.  
Citado por: UNESCO-PNUMA-FAO 1980. Ecosistemas de los bosques tropicales. Parte I. Unesco/CIFCA. Madrid, España. 354 p.
- PENNINGTON, T.D.; SARUKHAN, K.J. 1968. Manual para la identificación de los principales Arboles Forestales Tropicales de México. INIF - FAO. México. 413 p.
- RAMOS, P. J.M.; DELGADO, R. M.; AMO, R. S. DEL; FERNANDEZ, E. 1982. Análisis estructural de un área de vegetación secundaria en Uxpanapa, Veracruz, México. *Biotica* 7 (1): 7-29.
- RICO, B. M.; GOMEZ-POMPA, A. 1979. Estudio de las primeras etapas sucesionales de una selva alta perennifolia en Veracruz, México. In Regeneración de Selvas. Ed. por Arturo Gómez-Pompa, Silvia del Amo R.; Carlos Vázquez-Yanes; Armando Butanda C.;, Xalapa, Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Continental. p. 112-202.

- RUIZ, Z.J.M. 1988. Dinámica de la composición y estructura de cuatro acahuales dominados por (**Lysiloma bahamensis** Benth). en la región de Escárcega, Campeche. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Saltillo, Coahuila, México. 145 p.
- SARUKHAN, K. J. 1964. Estudio sucesional de un área talada en Tuxtepec, Oaxaca. En: Contribuciones al estudio ecológico de las zonas cálido-húmedas de México. Pub. Esp. No, 3, INIF. México. 107-172.
- SINGH, D.K. 1980. Técnicas de inventario y métodos de medida para determinar la edad y la tasa de crecimiento de árboles tropicales. In Edad y tasa de crecimiento de los árboles tropicales. Ed. por F. H. Bormann y G. Berlyn; Tra. al español por Carmen Alicia de la Parra. INIREB. México, D.F. editorial continental. 143 p.
- SOUSA, S.M. 1964. Estudio de la vegetación secundaria en la región de Tuxtepec, Oaxaca. In Contribuciones al estudio ecológico de las zonas cálido-húmedas de México. Pub. Esp. No 3. INIF. México. p. 91-105.
- SPRENT, P. 1972. The mathematics of size and shape. Biometrics 28: 23-27.
- SPURR, H.S.; BARNES B.V. 1980. Ecología forestal. Tra. al español por Carlos Luis Raigorodosky Z., A.G.T. Ed.. México D.F. la impresora Azteca. 690 p.
- STEEL,R.G.; TORRIE,J.H. 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. Tra. al español por Ricardo Martínez B. Mcgraw-Hill. 622 p.
- STOGER, N. 1988. Waldinventur und nutzungsplan im plan piloto forestal de Quintana, Roo. México. GTZ/SARH. Chetumal.  
Citado por: Fischer,M. 1993. El tratamiento silvícola. Facultad de Ciencias Forestales Universidad Autonoma de Nuevo León. Linares. 89 p.
- TABBUSH, M.P., WHITE, S.M. 1988. Canopy closure in Sitka Spruce - the relationship between crown width and stem diameter for open grown trees. Forestry 61(1): 23-28 .

- TANNER, J.M. 1962. Growth at adolescence. 2 Ed. Blackwell, Oxford, Ch. 1.  
Citado por: SPRENT, P. 1972. The mathematics of size and shape.  
Biometrics 28: 23-27 p.
- TIWARI, K.P.; PARTHASARTHY, V. 1979. Tree and stand aerial volume  
tables for Sal (*Shorea robusta*). Indian Forester, (?): 458-470.
- UNESCO-PNUMA-FAO 1980. Ecosistemas de los bosques tropicales. Parte  
I. UNESCO/CIFCA. Madrid, España. 354 p.
- VAQUEZ-YANES, C.; GUEVARA, S. S. 1985. Caracterización de los grupos  
ecológicos de árboles de la selva húmeda. In Investigaciones sobre la  
regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Ed, por Arturo  
Gómez-Pompa; Silvia del Amo R. Volumen II. Inst. Nal. de Inv. sobre  
Recs. Bióticos. p. 67-78.
- WEAVER, P.L.; POOL, J.D. 1979. Correlation of crown feature to grohth  
rates in natutal forest of Puerto Rico. Turrialba 29(1): 53-58.

## 8. APENDICE

Listado Florístico, por familia con nombres botánicos y comunes de las especies encontradas en éste trabajo.

### Anacardiaceae

<b>Astronium graveolens</b> Jacq.	Jobillo
<b>Metopium brownei</b> (Jacq.) Urban	Chechén negro
<b>Spondias mombin</b> L.	Jobo

### Annonaceae

<b>Annona primigea</b> Stand. & Steyerm.	Anonilla
<b>Malmea depressa</b> (Baill) Fries.	Yaya

### Apocynaceae

<b>Tabernamontana af. alba</b> Mill.	Cojón de toro
--------------------------------------	---------------

### Araliaceae

<b>Dendropanax arboreus</b> (L.) Planch. & Decne.	Sakchaca
---------------------------------------------------	----------

### Bombacaceae

<b>Bombax ellipticum</b> (Kunth) Dungand.	Amapola
-------------------------------------------	---------

### Boraginaceae

<b>Cordia stilifera</b> I.M. Johnst.	Candelero
--------------------------------------	-----------

### Burseraceae

<b>Bursera simaruba</b> (L.) SArg.	Chaca colorado
<b>Protium copal</b> (Schlecht. & Cham) Engler.	Copal blanco

### Caesalpinaceae

<b>Swartzia cubensis</b> (Britt. & Wilson) Stand.	Katalox
---------------------------------------------------	---------

Cochlospermaceae

**Cochlospermum vitifolium** (Willd.) Spreng.

Pochote

Ebenacea

**Diospyros spectabilis** Lundell.

Shull negro

Euphorbiaceae

**Croton nitens** Sw.

Cascarillo blanco

**Phyllanthus nobilis** (L.) Muell. Arg.

Ciruelillo

Flaucortiaceae

**Zuelania guidonia** (Sw.) Britt. & Millsp.

Trementino

Lauracea

**Licaria campechiana** (Stand.) Kast.

Pimientillo

**Licaria peekii** (Johnst.) Kast.

delgado

**Nectandra coriacea** (Sw.) Griseb.

Laurelillo

Pimientillo grueso

Malvaceae

**Hampea trilobata** Stand.

Majahua blanca

**Malvaviscus arboreus** Cav.

Manzanilla

Meliaceae

**Cedrela odorata** L.

Cedro rojo

**Swietenia macrophylla** King.

Caoba

Mimosaceae

**Albizia tormentosa** (Mich.) Standl.

Caracolillo

**Acacia dolichostachya** Blake.

Subín

**Acacia gaumeri** Blake.

Katzin

**Lysiloma bahamensis** Benth.

Tzalam

Moracea

**Cecropia peltata** L.  
**Trophis racemosa** (L.) Urban.

Guarumo  
Ramón colorado

Palmae

**Sabal mayarun** Bertlett.  
**Sabal morrisiana** Bertlett.

Guano blanco  
Guano yucateco

Papilionaceae

**Lonchocarpus castilloi** Standl.  
**Lonchocarpus guatemalensis** Benth.  
**Platymiscium yucatanum** Standl.  
**Piscidia communis** (Blake) I.M. Johnst.

Machiche  
Palo gusano  
Granadillo  
Jabín

Rubiaceae

**Alseis yucatanensis** Standl.  
**Blepharidium mexicanum** Standl.  
  
**Exostema mexicana** Gray.  
**Sickingia salvadorensis** Standl.

Papelillo  
Popistle  
blanco  
Sabasche  
Chacahuante

Sapindaceae

**Matayba oppsitifolia** (A. Rich) Britton.

Tepezquite

Sapotaceae

**Chrysophyllum mexicanum** Brand.  
**Dipholis salicifolia** (L.) A. DC.  
**Manilkara sapota** (L.) Van Royen.  
**Pouteria campechiana** (HBK) Baehni.  
**Pouteria unilocularis** (Donn. Sm.) Baehni.

Caimitillo  
Zapote faizan  
Chico zapote  
Kaniste  
Zapotillo

Simaroubaceae

**Alvaradoa amorphoides** Liebm.  
**Simarouba glauca** DC.

Visinik  
Pasa'ak

Sterculaceae

**Guazuma ulmifolia** Lam.

Pixoy

Tiliaceae

**Luehea speciosa** Willd.

Guasimo de  
montaña

Vervenaceae

**Vitex gaumeri** Grenm.

Ya'axnik