

DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

PROGRAMA DE POSTGRADO

*Dinámica sucesional de grupos ecológicos de árboles en una selva
mediana subperennifolia secundaria*

TESIS
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS,
EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA:

ALEJANDRO LUIS COLLANTES CHÁVEZ-COSTA



MAYO, 2000
CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO

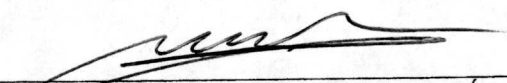
Bib 93642

**Dinámica sucesional de grupos ecológicos de árboles en una selva mediana
subperennifolia secundaria**

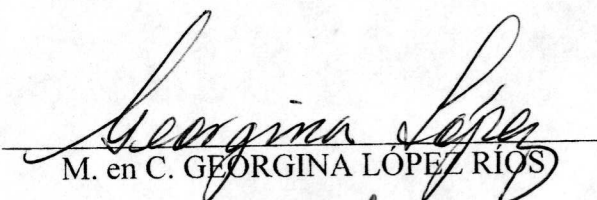
Esta tesis fue realizada bajo la dirección fue realizada por **Alejandro Luis Collantes
Chávez-Costa** bajo la dirección del comité indicado, aprobada por el mismo y aceptada
como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS, EN CIENCIAS FORESTALES

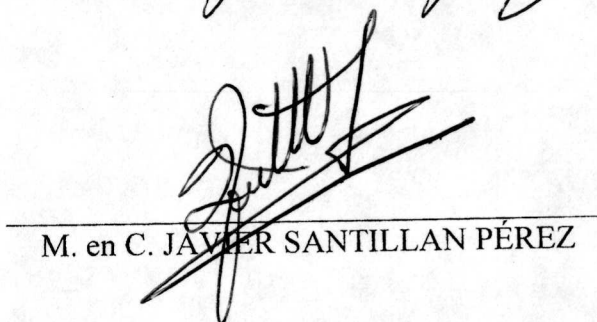
DIRECTOR:


Ph. D. DIÓDORO GRANADOS SÁNCHEZ

ASESOR:


M. en C. GEORGINA LÓPEZ RÍOS

ASESOR:


M. en C. JAVIER SANTILLAN PÉREZ

36627

**Dinámica sucesional de grupos ecológicos de árboles en una selva mediana
subperennifolia secundaria**

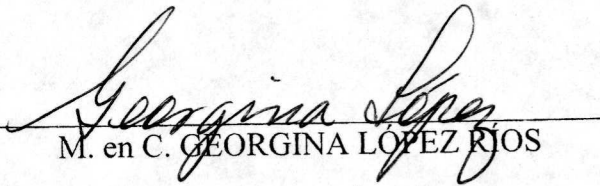
El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Alejandro Luis Collantes
Chávez-Costa** autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales
estuvo constituido por:

PRESIDENTE:



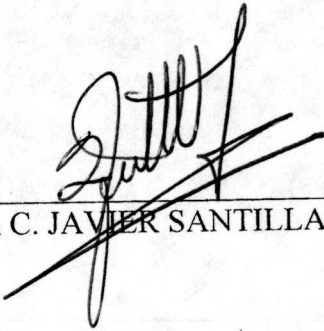
Ph. D. DIÓDORO GRANADOS SÁNCHEZ

ASESOR:



M. en C. GEORGINA LÓPEZ RÍOS

ASESOR:



M. en C. JAVIER SANTILLAN PÉREZ

Dedicatoria

A mi esposa con todo mi amor y aprecio

A mis padres y a mi abuelo

**A las dos máximas casas de estudio de México, la Universidad Autónoma Chapingo y la
Universidad Nacional Autónoma de México**

Agradecimientos

A la Dirección General académica de la Universidad Autónoma Chapingo, por la exoneración de colegiatura que a mi favor otorgó.

A la Coordinación General de postgrado y en especial a la Coordinación de Postgrado del Programa de Ciencias Forestales, por todo el apoyo recibido durante la realización de mis estudios de Maestría.

A la Universidad Autónoma Chapingo y en especial a la División de Ciencias Forestales, por haberme albergado en su seno durante la realización de mis estudios.

Al Ph. D. Diódoro Granados Sánchez, a la M. en C. Georgina López Ríos y al Ph. D. William E. Grant, por su **paciencia, confianza, enseñanza y amistad**.

Al M. en C. Javier Santillán Pérez por su valiosa ayuda y acertados comentarios.

Al Ph. D. José Luis Romo Lozano y al Ing. Eusebio Pedraza por su apoyo y amistad desinteresada.

A mis maestros por su dedicación y compromiso.

A Laura y Rocío, incansables y pacientes secretarias de la Coordinación de Postgrado del Programa de Ciencias Forestales y de la Coordinación General de Postgrado respectivamente.

A Lourdes del Carmen Núñez González, mi amada esposa, por su apoyo y confianza

Datos biográficos

Generales:

Nombre: Alejandro Luis Collantes Chávez-Costa
Nacionalidad: Peruana
Fecha de nacimiento: 30 de noviembre de 1970
Estado civil: Casado
Profesión: Biólogo
Cédula profesional: 2531014
Identificación oficial: FM3 No. 838044

Escolaridad:

Licenciatura: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México
1990-1994
Maestría: División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de México
1998-2000

Experiencia profesional:

1991-1993 Asistente técnico. Reserva ecológica "Pedregal", Ciudad Universitaria UNAM.
1992 Asistente técnico. Laboratorio de Ecología de Lepidoptera. Centro de ecología UNAM.
1993 Asistente técnico. Laboratorio de Ecología de Microartrópodos. Facultad de Ciencias UNAM.
1994-1997 Asistente técnico. Laboratorio de Análisis Ambientales. Instituto de Ecología UNAM.
1998-hasta la fecha Investigador Asociado. Instituto de Investigación, Conservación Ecológica y Promoción al Turismo, IICETUR. (Pucallpa-Perú)
1998-hasta la fecha Representante en los Estados Unidos Mexicanos. Instituto de Investigación, Conservación Ecológica y Promoción al Turismo, IICETUR. (Pucallpa-Perú)

Resumen

ALEJANDRO LUIS COLLANTES CHÁVEZ-COSTA

Dinámica sucesional de grupos ecológicos de árboles en una selva mediana
subperennifolia secundaria

Mayo, 2000

(Bajo la dirección de Diódoro Granados Sánchez).

Se describe el desarrollo de un modelo de simulación preliminar creado para explicar la dinámica y composición relativa de grupos ecológicos de árboles de una Selva Mediana Subperennifolia y, para evaluar su respuesta ante distintas intensidades de manejo. El modelo generado es un modelo de compartimentos basado en ecuaciones lógicas y de diferencia. Se corrió en intervalos de tiempo de tres meses durante 360 años. Se consideró tres años de incorporación de tres grupos ecológicos representados por, *Cecropia peltata* (prototipo 1), *Swietenia macrophylla* (prototipo 2) y *Manilkara zapota* (prototipo 3). Cada grupo fue representado por una variable de estado que caracterizó al número de individuos presentes por unidad de tiempo. La incorporación y la mortalidad estuvieron determinadas por la densidad. Esta influyó en la competencia y el comportamiento descrito en la literatura para de cada grupo ecológico.

La densidad estuvo sujeta al crecimiento en diámetro inferido en el modelo por medio de análisis de regresión.

Las simulaciones indicaron diferencias en la estructura y composición de la selva manejada y no manejada. El manejo destinado a favorecer a los prototipos 1 y 2 mostró compatibilidad, pero se caracterizó por la ausencia del prototipo 3. El orientado a beneficiar a los prototipos 2 y 3 mostró en algunas de sus etapas intermedias mayor similitud estructural con las selvas poco perturbadas. La búsqueda de incorporación sostenida y de mayores tasas de supervivencia para el prototipo 2 promovió nuevamente las diferencias, que fueron desfavorables para el prototipo 3.

Palabras clave: Grupos ecológicos; Dinámica sucesional; Estrategias de manejo; *Cecropia peltata*; *Swietenia macrophylla*; *Manilkara zapota*

Abstract

ALEJANDRO LUIS COLLANTES CHÁVEZ-COSTA

Successional dynamics from ecological groups of trees in a secondary tropical forest

May, 2000

(Under the direction of Diódoro Granados Sánchez).

We describe the development of a preliminary simulation model created to explain the dynamic and relative composition of ecological group from a tropical forest, and to evaluate its behavior under different management intensities. The model is a compartment model based on logical and difference equations. It runs with a time step of three months along a period of 360 years. We consider three years incorporation of three ecological group represented by *Cecropia peltata* (prototype 1), *Swietenia macrophylla* (prototype 2) y *Manilkara zapota* (prototype 3). Every group was represented by a state variable representing the individual number in a specific time. Ecological group densities determined incorporation and mortality, and influenced the competition and the behavior described in the literature. On the other hand density depended on tree DBH growth inferred by means of analysis regression.

Simulations enhanced differences in structure and composition between managed and no managed forest. The management of Prototype 1 and 2 was coherent but unfavorable to prototype 3, which resulted absent in this scenario. In some intermediate stages, the management of prototype 2 and 3 showed similarities with low perturbed tropical forests. The sustainable incorporation work and the survival likelihood promotion of prototype 2 returned the managed forest at the different structures, which were unfavorable to prototype 3.

Keywords: Ecological group; Succession dynamics; Management strategies; *Cecropia peltata*; *Swietenia macrophylla*; *Manilkara zapota*

Índice

Resumen		vii
<i>Abstract</i>		ix
Índice		xi
Lista de cuadros		xiii
Lista de figuras		xiv
Lista de apéndices		xv
Introducción		1
Objetivos	Objetivo general	3
	Objetivos particulares	3
Marco teórico	Las selvas bajo el enfoque de sistemas	4
	Grupos ecológicos de árboles de las selvas	5
	Dinámica sucesional de la selva: modelos conceptuales y modelos cuantitativos	6
Descripción del área de estudio	Geografía	10
	Clima	13
	Geología	15
	Relieve y morfología	15
	Suelos	18
	Hidrología	21
	Vegetación	25
	Vegetación primaria y vegetación secundaria	25
	Caracterización de la vegetación	28
	Selva Alta o Mediana Subperennifolia	28
	Selva Alta o Mediana Subcaducifolia	37
	Selva Baja Caducifolia	39
	Asociaciones Vegetales	40

Materiales y Métodos	Prototipo y eco-unidades	54
	Revisión del modelo	54
	Descripción del modelo	55
	Evaluación del modelo	66
	Evaluación de la dinámica de incorporación	67
	Evaluación de la supervivencia y mortalidad	67
	Evaluación de la dinámica del crecimiento y sucesión	68
	Análisis del sistema bajo manejo	68
Resultados	Evaluación del modelo	69
	Evaluación de la dinámica de incorporación	69
	Evaluación de la supervivencia y mortalidad	70
	Evaluación de la dinámica del crecimiento y sucesión	73
	Análisis del sistema bajo manejo	75
Conclusiones		83
Bibliografía		85

Lista de cuadros

1	Distribución del uso de suelo en el estado de Quintana Roo.	12
2	Clasificación de los vientos periódicos, diferentes a los “nortes”, que afectan al estado de Q. Roo.	14
3	Características complementarias de los suelos del estado de Quintana Roo	22
4	Principales lagunas y cenotes del estado de Quintana Roo	24
5	Características del medio físico donde se presentan las principales asociaciones de selva alta o mediana subperennifolia con elementos de <i>Manilkara zapota</i> y <i>Bucida buceras</i> .	33
6	DAP de los fustes de distintas edades de <i>Cecropia peltata</i> , <i>Swietenia macrophylla</i> y <i>Manilkara zapota</i> .	57
7	Número de árboles tolerables por m ² de acuerdo con el DAP.	62
8	Reglas básicas aplicadas en la supresión de la incorporación de <i>Cecropia peltata</i> , <i>Swietenia macrophylla</i> y <i>Manilkara zapota</i> .	63
9	Reglas básicas aplicadas en la supresión de árboles establecidos de <i>Cecropia peltata</i> , <i>Swietenia macrophylla</i> y <i>Manilkara zapota</i> .	65

Lista de figuras

1 Distribución de los tipos de vegetación del estado de Quintana Roo.	26
2 Perfil fisonómico y enclave de una selva alta o mediana subperennifolia.	30
3 Perfil fisonómico de una selva mediana subperennifolia afectada intensamente por el Huracán Gilberto e incendios forestales	31
4 Estructura de la vegetación de un acahual de selva mediana subperennifolia de tres diferentes edades	36
5 Perfil fisonómico y enclave de un manglar mixto.	42
6 Perfil fisonómico y enclave de un manglar enano.	43
7 Perfil fisonómico y enclave de un manglar ribereño.	44
8 Perfil fisonómico y enclave de un manglar de franja.	45
9 Enclave de un manglar de isla.	45
10 Perfil fisonómico y enclave de un petén.	46
11 Perfil fisonómico y enclave de una sabana.	48
12 Perfil fisonómico y enclave de un tintal.	49
13 Perfil fisonómico y enclave de un chechenal.	50
14 Enclave de un popal.	52
15 Estructura básica del modelo de simulación de la dinámica de grupos ecológicos de árboles de una selva mediana subperennifolia (DIGRECASS).	56
16 Tendencia del incremento anual del DAP (cm) de <i>Cecropia peltata</i> .	59
17 Tendencia del incremento anual del DAP (cm) de <i>Swietenia macrophylla</i> .	60
18 Tendencia del incremento anual del DAP (cm) de <i>Manilkara zapota</i> .	61
19 Establecimiento de individuos del prototipo 3 bajo el dosel protector.	72
20 Modelo conceptual de la dinámica general de crecimiento y regeneración.	74
21 Incorporación de individuos del prototipo 1 de la eco-unidad 2 y 3 encaminada a cerrar el claro (cicatrización).	77
22 Dinámica de la sucesión bajo un manejo con disturbio intensivo.	78
23 Respuesta en número de los prototipos 1 al aclareo temprano.	81
24 Respuesta en DAP de los prototipos 1 al aclareo temprano	82

Lista de apéndices

1	Relación de especies descritas para la vegetación de Quintana Roo por Sousa <i>et al.</i> (1982)	91
1.1	Selva Alta Subperennifolia	91
1.2	Selva Mediana Subperennifolia	93
1.3	Selva Mediana Subcaducifolia	96
1.4	Selva Baja Caducifolia	98
1.5	Manglar	99
1.6	Sabana	100
1.7	Tintal	100
1.8	Chechenal	101
1.9	Dunas Costeras	102
1.10	Asociaciones secundarias	102
2	Relación de especies descritas para la vegetación de Quintana Roo por Granados <i>et al.</i> (1998)	105
	Transecto fisonómico Región Norte	
2.1	Selva mediana subperennifolia	105
2.2	Selva baja subcaducifolia	105
2.3	Vegetación de dunas con matorral costero	106
	Transecto fisonómico de la Zona Central	
2.4	Selva mediana subperennifolia	106
2.5	Selva baja subcaducifolia	106
2.6	Manglar	106
2.7	Sabana	106
2.8	Tasistal	106
2.9	Vegetación de dunas	107
3	Relación de especies del estrato arbóreo de una selva mediana subperennifolia descrita por Granados <i>et al.</i> 1997	108
4	Relación de especies del estrato arbóreo y arbustivo de dos sitios de una selva mediana subcaducifolia descrita por Duran (1986)	109
4.1	Estrato arbóreo y arbustivo, sitio Ramonal	109
4.2	Estrato arbóreo y arbustivo, sitio Xel-ha	110

1 Introducción

La Selva Mediana Subperennifolia es considerada como el tipo de vegetación más extendido de la zona cálido - húmeda de México. Es también el tipo de vegetación más exuberante que se distribuye desde la frontera con Belice hasta casi los límites del trópico de Cáncer. Se encuentra mejor representada en la península de Yucatán, donde cubre la mayor parte del estado de Quintana Roo. En esta zona están presentes especies de interés para la industria forestal, tales como *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Manilkara zapota*, *Bursera simaruba* y *Bucida buceras*.

La superficie forestal del estado de Quintana Roo ha estado sujeta a distintos modelos de aprovechamiento. Desde antes de la época colonial, los mayas hicieron un uso múltiple de los bosques y sus suelos. En la Colonia, se aplicaron aprovechamientos selectivos no regulados. De 1952 a 1983, se otorgó el permiso a empresas concesionarias para realizar aprovechamientos selectivos controlados. A partir de 1983, el Gobierno del Estado y el Gobierno Federal empezaron a fomentar el aprovechamiento diversificado y planificado por medio del Plan Piloto Forestal.

Debido al intenso aprovechamiento forestal selectivo realizado y, a causa de la colonización y expansión de la frontera agrícola promovida entre los años de 1960 y 1970, la Selva Mediana Subperennifolia se ha visto sujeta a disturbios de distinta magnitud y duración que, en muchos casos, han modificado su estructura y composición primaria. Esta situación se hace patente en el análisis realizado por Santos (1997),

donde concluye que el deterioro actual de la selva es tal, que los productos forestales no alcanzan para pagar la elaboración y ejecución de los planes de manejo forestal que ayuden a revertir el proceso de degradación. A pesar de los nuevos conocimientos generados en el campo de la ecología y silvicultura, no se tiene la certeza de cuál será el resultado de las labores de manejo que en la actualidad se están llevando a cabo.

A la luz de la teoría de claros las actividades forestales vigentes parecen ser las correctas. Sin embargo es necesario lograr un mejor entendimiento de los procesos ecofisiológicos de la dinámica de las selvas para comprender los impactos futuros de las actividades de manejo.

En México, pocos esfuerzos se han centrado en el desarrollo de modelos de simulación que integren la información teórica y empírica de la Selva Mediana Subperennifolia.

Estos son necesarios para analizar el comportamiento de la dinámica y la estructura de la selva ante las distintas intensidades y tipos de manejo, de forma previa a su ejecución.

De esta manera se podrían realizar los aprovechamientos con mayor certeza en nuestra ya escasa y perturbada selva.

El presente trabajo describe el desarrollo de un modelo de simulación preliminar denominado DIGRECASS. Fue desarrollado para explicar la dinámica y composición relativa de grupos ecológicos de árboles de una Selva Mediana Subperennifolia y, para evaluar su respuesta ante distintas intensidades y tipos de manejo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar la dinámica y composición relativa de tres grupos ecológicos de árboles sometidos a distintos regímenes de disturbio.

2.2 Objetivos particulares

- Por medio de la simulación del crecimiento en diámetro, explicar la dinámica sucesional de una Selva Mediana Subperennifolia secundaria compuesta por poblaciones de tres grupos ecológicos de árboles.
- Estimar el impacto de los factores denso-dependientes en la sucesión.
- Determinar los efectos de distintos grados de disturbio sobre la dinámica y estructura de la selva.

3 Marco teórico

3.1 Las selvas bajo el enfoque de sistemas

El estudio de la dinámica de los bosques bajo la teoría de claros se remonta a la década de los setenta. Los primeros estudios realizados bajo este enfoque en las selvas fueron realizados por Hartshorn (1978), Oldeman (1978) y Whitmore (1978). Bajo esta teoría muchos investigadores (*i.e.* Martínez-Ramos, 1985a,b; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1985; Hartshorn, 1989; Swaine, 1989; y Whitmore, 1990) postulan que la formación de claros en las selvas, sin importar el origen de estos, promueven la disponibilidad de recursos. Esto estimula la regeneración y fomenta el establecimiento de una gran diversidad de especies. Con base en esta teoría y bajo la perspectiva de sistemas, Oldeman (1983a) define a la selva como un sistema o hipersistema, al que denomina *Silvatic-mosaic*. El hipersistema en cuestión se encuentra conformado por subsistemas conocidos como *eco-unidades* (Oldeman, 1983b), los cuales presentan una dinámica similar en condiciones de sitio equivalentes. Dichas *eco-unidades* son delimitadas temporal y espacialmente por los claros que se forman de manera natural o artificial dentro de la selva. Las *eco-unidades* se definen como: “la unidad de vegetación que inicia y culmina su desarrollo en un mismo tiempo y en una misma superficie”. Su unidad fundamental son los árboles, debido a que su muerte o eliminación del dosel determina la dinámica y la formación de una nueva *eco-unidad*.

La unidad ecológica está compuesta por árboles (y otros seres vivos), que son considerados subsistemas ubicados en compartimentos de escala jerárquica inferior. De ellos dependen no sólo el desarrollo de la unidad, sino también su dinámica.

Funcionalmente las *eco-unidades* no son consideradas como organismos, sin embargo comparten muchas características propias de los sistemas vivos. Entre estas, Oldeman (1986) señala como una de las cinco más importantes la capacidad de reproducirse. En ella recalca la existencia de un programa de crecimiento bien definido que se combina con elementos aleatorios que determinan la apertura de claros y la composición de especies. De esta manera, Oldeman (1989) señala que la reacción de la selva como sistema no es aleatoria, sino que responde a un programa de desarrollo determinado dependiente de la apertura del claro y del tamaño de este.

3.2 Grupos ecológicos de árboles de las selvas

El proceso de regeneración de la selva está caracterizado por un periodo de sucesión de especies que concluye con el restablecimiento de la vegetación primaria. La formación de grupos ecológicos de árboles es una estrategia a la cual recurren los investigadores para poder comprender, describir y explicar este proceso.

Las agrupaciones tomadas por Whitmore (1975), Vázquez-Yanes y Guevara (1985), Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes (1985), Oldeman (1987) y Lamprecht (1990) reflejan de manera general una misma clasificación con diferentes grados de fineza. Todos ellos reconocen la existencia de por lo menos tres grandes grupos de acuerdo con su aparición en el proceso de regeneración: (1) árboles pioneros, (2) árboles pioneros tardíos y (3) árboles sucesores. De manera similar, autores como Neil (1981) y Lamprecht (1990)

recurren también a clasificaciones relacionadas con los requerimientos de luz de las distintas especies que intervienen en la sucesión. De esta manera citan tres grandes grupos: (1) heliófitas (demandantes de luz), (2) esciófitas (tolerantes a la sombra) y (3) hemisciófitas (tolerantes facultativas). Vázquez-Yanes y Guevara (1985) caracterizan al grupo ecológico de las especies heliófitas (pioneras) a través de un prototipo representado por el género *Cecropia*, como un intento preliminar de explicar las primeras etapas de la dinámica sucesional de la selva. Autores como Brown (1995) y Thompson (1998) concuerdan con las clasificaciones anteriormente expuestas, de acuerdo con los experimentos que realizaron en Malaysia y la isla de Maracá respectivamente. Sin embargo sus observaciones contradicen el hecho de que existan especies especializadas para distintos tamaños de claros.

Las clasificaciones antes mencionadas agrupan a árboles que comparten características ecofisiológicas y adaptativas similares como ciclos de vida y estrategias de vida. Esta situación ha permitido que estos autores ubiquen a los grupos anteriormente definidos en tiempos y etapas determinadas durante el proceso de regeneración.

3.3 Dinámica sucesional de la selva: modelos conceptuales y modelos cuantitativos.

Con base en las agrupaciones anteriormente citadas, Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes (1985) distinguen la participación de estos grupos en cinco etapas dentro del proceso regenerativo de la selva: (1) etapa dominada por especies herbáceas así como especies arbustivas y arbóreas pioneras en su fase de plántulas; (2) etapa dominada por especies secundarias arbustivas y arbóreas pioneras en el estrato superior y, pioneras tardías en el

estrato inferior; (3) etapa dominada por especies secundarias pioneras y pioneras tardías en el estrato superior, así como especies pioneras sucesoras y pioneras tardías en los estratos inferiores; (4) etapa dominada por especies pioneras tardías y sucesoras; y (5) etapa dominada por especies sucesoras y pioneras tardías. De manera similar, Lamprecht (1990) reconoce cuatro fases generales dentro de la dinámica sucesional de la selva: (1) Fase de regeneración, que inicia con la apertura de un claro y donde pueden estar incluidos elementos arbóreos juveniles esciófitos y/o hemisciófitos (regeneración en etapa de espera), o especies heliófitas; (2) fase de surgimiento o de estructuración, compuesta por una combinación de las especies existentes dentro de la regeneración en desarrollo (predominantemente heliófitas y hemisciófitas, o hemisciófitas y esciófitas, dependiendo del tamaño y estructura inicial del claro); (3) fase de madurez u óptima, donde las especies sobresalientes codominan o dominan los estratos superiores (donde participan especies heliófitas, esciófitas y hemisciófitas dependiendo de la estructura inicial del claro y de la edad de la regeneración). La fase de madurez es relativamente estacionaria; y (4) fase de degradación, donde se desintegra la estructura vertical alcanzada (formación de claros que darán inicio nuevamente a la fase de regeneración). Las investigaciones realizadas por Riswan y Abdulhadi (1992) y, Schmitt (1992) coinciden con las ideas anteriormente señaladas. Además sugieren que tanto la estructura y composición florística de las selvas, como los patrones generales de su dinámica sucesional, se pueden ver severamente alterados con la intensidad y persistencia de los disturbios que les dieron origen. Estos modelos conceptuales son reforzados por las observaciones revisadas y postuladas por Martínez-Ramos (1995), donde además realza la importancia de la regeneración natural, representada en el interior de la selva por la regeneración de avanzada, en el proceso de mantenimiento de

la diversidad. Tuomela *et al.* (1996), con un estudio realizado en la selva lluviosa de South Kalimantan Indonesia, refuerza la idea de Martínez-Ramos (1995) al añadir el carácter de efímero a los componentes esciófitos de la regeneración de avanzada y, de aleatorio a su recomposición.

El intento por conocer y evaluar la dinámica de sucesión y crecimiento de los bosques ha llevado a muchos científicos a generar modelos de simulación. Con esta pretensión, Shugart *et al.* (1981), bajo la teoría de claros, generó un modelo de simulación donde representó la dinámica sucesional de 125 especies de árboles tropicales. Schäfer *et al.* (1992) propuso un modelo basado en los procesos fisiológicos que intervienen en el crecimiento temporal de los árboles en los claros. Sus resultados indican la presencia de un ciclo de crecimiento dentro de la regeneración del bosque. A partir de las intervenciones realizadas al bosque simulado por Schäfer *et al.* (1992), él observó la sensibilidad de este ciclo a las distintas intensidades de corta. Quizás uno de las investigaciones más interesantes fue la realizada por Batista y Maguire (1998), donde determinan que si bien la densidad es uno de los factores más importantes en el reclutamiento de especies, este factor no trabaja sólo. También sugieren que la competencia no es el único factor que interviene en el proceso de mortalidad (pero si el más importante en el dosel), si no que también está determinada por otras condiciones como el ciclo de vida. Se reconocen también los esfuerzos realizados por distintos investigadores como García (1998) encaminados a conocer los rendimientos y curvas de crecimiento de árboles de interés comercial. Liu y Ashton (1995) plantean la existencia de distintos tipos de modelos de acuerdo con el objeto y proceso a simular. Presentan los modelos de crecimiento y los modelos de dinámica de claros, o los modelos de árboles individuales y los modelos de rodal. A pesar de la diferencia en los requerimientos de

datos de cada uno de estos modelos, ellos comparten características que los hacen compatibles, como los procesos generales de crecimiento, establecimiento y muerte.

Liu y Ashton (1995) plantean la necesidad de relacionar los distintos tipos de modelos para lograr uno que plantee una respuesta a los problemas de conservación de la biodiversidad y producción de madera.

4 Descripción del área de estudio

4.1 Geografía

El estado de Quintana Roo (Q. Roo) tiene una extensión de 50,843 km² (5'084,300 ha), de los cuales 50,350 corresponden a la superficie continental y 493 a la superficie insular.

Se encuentra ubicado al este sur este de la República Mexicana, en la porción este de la Península de Yucatán. La región más septentrional del Estado se encuentra en el Cabo de Catoche, a 21°37' de latitud norte, mientras que su posición más meridional se ubica sobre los 17°49' de latitud norte (frontera con Guatemala). El punto más oriental se encuentra sobre el meridiano 86°24'55''.

Q. Roo colinda al norte con el Golfo de México; al este con el mar Caribe; al sur con Belice; al sudoeste con Guatemala; y al noroeste con el estado de Yucatán.

Además, cuenta con 7 municipios: Benito Juárez (1,664km²), Cozumel (4,893 km²), Felipe Carrillo Puerto (13,806 km²), Isla Mujeres (1,100 km²), José María Morelos (6,739 km²), Lázaro Cárdenas (3,881km²) y Othón Pompeyo Blanco (18,760km²).

Región Norte

Está constituida por los municipios de Benito Juárez, Cozumel, Isla Mujeres, Lázaro Cárdenas y Solidaridad. Su población es de 248,301 habitantes, de los cuáles 167,730 se encuentran en la ciudad de Cancún y 33,884 en la ciudad de Cozumel (INEGI, 1990). Hasta 1993 existían 55 ejidos, 32 localizados en Lázaro Cárdenas, 18 en Cozumel y Solidaridad, cuatro en Benito Juárez y uno en Isla Mujeres. La principal actividad económica es el turismo.

La Región está caracterizada por bosques tropicales en la parte central y pastizales en zonas septentrionales y costeras (al igual que las zonas insulares).

Región Centro

También conocida como zona Maya, está constituida por los municipios de Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos. Tiene una población aproximada de 72,413 habitantes. Su principal centro urbano es Felipe Carrillo Puerto, cabecera del Municipio del mismo nombre.

Hasta 1993 existían 117 ejidos, 55 en Felipe Carrillo Puerto y 62 en José María Morelos. Las principales actividades económicas son originadas en el medio rural y están relacionadas con la agricultura de subsistencia (cuyo excedente es dirigido al mercado), extracción de productos maderables y no maderables (madera y chicle) y huertos de cítricos.

Hacia el este de la Región podemos encontrar grandes pantanos, lagunas y cenotes. Su costa está caracterizada por la presencia de bahías como la de Ascensión y Espíritu Santo. A todo lo largo de la Región Centro encontramos grandes extensiones de bosque tropical.

Región Sur

Formada por el municipio de Othón Pompeyo Blanco. Tiene una población aproximada de 172,563 habitantes, de los cuales 94,148 vive en la ciudad de Chetumal, capital del Estado. Hasta 1993 habían 95 ejidos en el Municipio.

Las principales actividades económicas de la Región son las comerciales, agrícolas (en valle del río Hondo, Nicolás Bravo y Bacalar), ganaderas y forestales. En la península de X-Calak se realizan actividades pesqueras artesanales de poca relevancia económica.

Con relación al uso de suelo en Q. Roo, podemos mencionar que aproximadamente un 8.3% de su superficie se dedica a la agricultura, la ganadería y el uso urbano, un 9.8% tiene un uso de suelo forestal permanente con fines comerciales y, el 50.9% de la extensión del Estado tiene un uso de suelo no definido (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución del uso de suelo en el estado de Quintana Roo

Uso del suelo	Definición	Superficie (ha)	Porcentaje
Reserva forestal estratégica o comercial	Superficie forestal con fines comerciales con extracción de producto maderables y no maderables	500,000	9.8%
Areas de amortiguamiento	Zonas alrededor de las áreas de explotación forestal permanente. Son zonas potenciales para incrementar la reserva forestal productiva	803,000	15.8%
Areas de uso no definido	Areas de descanso agrícola o forestal, reservas, zonas chicleras o sin uso	2'586,995	50.9%
Areas protegidas	Reservas de conservación y protección al ambiente	773,045	15.2%
Agricultura, ganadería y uso urbano	También se consideran dentro a los cuerpos de agua	421,260	8.3%
TOTAL		5'084,300	100.0%

Fuente: Trujillo, 1994.

4.2 Clima

Por su ubicación geográfica entre los 18 y 20° de latitud al norte del ecuador, su relieve prácticamente plano y la influencia húmeda del mar Caribe, el estado de Q. Roo presenta un clima de tipo tropical (cálido húmedo) con lluvias en verano. Tiene una temperatura media anual de 26°C con ligeras oscilaciones a lo largo del año. La época más fría se presenta en el mes de enero mientras que la época más calurosa entre abril y mayo.

De forma general para todo el Estado, la precipitación media es de 1,200 mm. La zona de mayor precipitación pluvial se localiza frente a la isla de Cozumel, que se encuentra bajo la influencia monzónica, con una precipitación media de 1,500 mm. Conforme nos dirigimos al noroeste, los niveles de precipitación disminuyen hasta alcanzar la isoyeta de 1,000 mm.

Con base en la clasificación de Köppen, podemos reconocer en la Región cinco climas cálidos sub-húmedos distintos ubicados dentro de los grupos *Am* y *Aw* (Escobar, 1986):.

[*Aw(x')*i] El Cálido sub-húmedo con precipitación en verano y parte de invierno

Con una oscilación térmica de 5°C. Este clima se localiza al sudeste de Q. Roo, como regiones del río Hondo, Bacalar y Xcalac.

[*Amw''(i)*] El Cálido sub-húmedo abundante precipitación en verano y escasas en invierno Con una oscilación térmica entre 5 y 7°C. Este clima se localiza en la isla de Cozumel.

[*Aw,(x')(i)*] El Cálido sub-húmedo con mediana precipitación en verano y en invierno Con una oscilación térmica de 5 y 7°C. Este clima se localiza en la franja costera norte de Q. Roo.

[Aw₁(x)g] El Cálido sub-húmedo con mediana precipitación en verano y escasa en invierno Con una oscilación térmica de 7 °C. Este clima se localiza en la región Centro nordeste.

[Aw₂(i)] El Cálido sub-húmedo con abundante precipitación en verano Con una oscilación térmica de 5 y 7°C. Este clima se localiza en la mayor parte del Estado.

Los vientos regulares son los alisios, que dominan durante el verano y el principio del otoño. Su dirección es de este al sudeste y su intensidad disminuye a finales del otoño y durante todo el invierno (Escobar, 1986).

Los vientos periódicos son los “nortes”, que dominan a finales del otoño y durante todo el invierno (Escobar, 1986). Su dirección es de norte a sudeste y su centro de origen se localiza en Canadá. Ocasionalmente ocasionan perturbaciones meteorológicas en el norte del Estado con fuertes vientos y marejadas. Debido a las características del relieve los “nortes” logran penetrar hasta el sur de Q. Roo, donde llegan con menor intensidad. Otros tipos de viento periódico son los huracanes, también conocidos como ciclones tropicales (Cuadro 2). Se originan mar adentro, hacia el oriente de los continentes, en el lado sur del Trópico de Cáncer. Son dos las principales matrices o centros de origen de los huracanes que afectan al Estado: la matriz del Caribe oriental (activa a principios de julio) y, la más frecuente, la matriz de la región atlántica (activa a finales de julio).

Cuadro 2. Clasificación de los vientos periódicos, diferentes a los “nortes”, que afectan al estado de Q. Roo.

<u>Tipo de viento periódico</u>	<u>Velocidad (nudos // km/h)</u>
Depresión tropical	33 // 61.116
Tormenta tropical	34-63 // 62.968-116.676
Huracán o ciclón tropical	Mayor a 64 // 116.676

Fuente: Escobar, 1986

4.3 Geología

En general Q. Roo, así como toda la península de Yucatán, tiene un origen sedimentario marino. Se inicia a partir de la Era Terciaria o Cenozoico sobre un basamento de rocas de la Era Secundaria o Mesozoico. Esta loza sedimentaria caliza fue aflorando lentamente hasta finales del Cenozoico. Actualmente este proceso continúa por lo que, en puerto Progreso en los últimos 88 años se puede apreciar un retroceso de 200 m de la línea del mar. De acuerdo con las revisiones hechas por Merino y Otero (1983), la geología del Estado presenta el mismo gradiente de antigüedad que toda la península. Encontramos los afloramientos más antiguos (Eoceno – Paleoceno) al sur del Estado, mientras que aquellos más recientes (Mioceno – Pleistoceno) al norte de esta entidad. Esta distribución se encuentra íntimamente relacionada con la evolución geológica de la península.

Esta entidad, así como todas las que se encuentran en la Península, no se presenta manifestaciones sísmicas ni volcánicas. Los escasos temblores de tierra que se presentan son de muy baja intensidad y de corta duración y, son ocasionados por derrumbes subterráneos producidos por los abundantes sismos de origen volcánico y/o tectónico del norte de Guatemala (Escobar, 1986).

4.4 Relieve y morfología

Q. Roo tiene una superficie relativamente plana cuya altura promedio es de 10 msnm (Escobar, 1986; Trujillo, 1996). Su terreno se caracteriza por carecer de cordilleras y fracturas y, poseer pequeñas colinas, hondonadas y bajos con suaves declives de norte a sur (Merino y Otero, 1983; Escobar, 1986). Los bajos, también conocidos como

ak'alches (Merino y Otero, 1983), son depresiones planas en donde se acumula el agua debido a la impermeabilidad del suelo. Según Miranda (1978), estas depresiones han derivado de una etapa de largo somero, formado a partir de cenotes poco profundos que se han ido rellenando paulatinamente con los sedimentos procedentes de las tierras altas que los definen. De esta manera, podemos encontrar ak'alches en distintas etapas de transición: aquellos en donde aún existe alguna laguna; otros donde esta laguna es ya muy pequeña y recibe el nombre de aguada; y otros que se inundan permanentemente y constituyen zonas pantanosas. Las joyas (de hoyas) se forman con el hundimiento ocasional de la bóveda de las cavernas, sin que este alcance el nivel de circulación del agua subterránea. Característicamente profundas y rellenas de suelo con buen drenaje, las joyas pueden llenarse con agua y formar aguadas.

En la zona costera encontramos también depresiones que forman pantanos, además de marismas y lagunas costeras.

La península de Yucatán es una región bastante homogénea por lo que no existen regiones fisiográficas bien delimitadas. Sin embargo, podemos reconocer algunas subdivisiones fisiográficas definidas por características diferenciales en el terreno. De esta manera, reconocemos las siguientes subregiones:

Macizo de Campeche y zonas anexas (1)

Planicies del Caribe y nordeste (2)

Planicies del norte y noroeste (3)

Franja costera del Canal de Yucatán y del nordeste (4)

Franja de transición del centro del Petén (5)

El estado de Q. Roo está dentro de las subregiones fisiográficas 1 y 2, cuyas características mencionaremos a continuación (Miranda, 1978).

Macizo de Campeche y zonas anexas (1)

En ésta subregión se incluye el oeste del Estado. En ella se encuentran las zonas más altas de la península como la meseta de Zohlaguna. Esta subregión está caracterizada por la presencia de ondulaciones, cerros pequeños y aplanados y, entre ellos, extensos bajos cuyos declives oscilan entre los 20 y 40 m, mismos que presentan suelos profundos de Gley.

El Macizo de Campeche y zonas anexas está formado por calizas grises o blanquecinas miocénicas de aspecto subcárstico, con capas de yeso y margas más desarrolladas al sur de Zohlaguna. Las calizas se encuentran constituyendo gruesos mantos de sahkab (material calizo granuloso mal cementado) endurecidos por efectos del intemperismo. Las calizas grises se pueden observar en las salientes, parcialmente cubiertas por suelo negruzco con aspecto de Rendzina.

Planicies del Caribe y nordeste (2)

Aquí encontramos representado al norte, este y sur del estado de Q. Roo. La parte norte y este se encuentran formadas por calizas pliocénicas y postpliocénicas ligeramente compactas con poco sahkab. Conforme nos acercamos al este, podemos encontrar la presencia de calizas de origen coralífero caracterizadas por la presencia de madréporas fósiles. Estos terrenos bajos y extensos están cubiertos por suelo negruzco y somero (30 a 50 cm de profundidad) que por sus características parecen ser intermedios entre Rendzina y Gley.

La parte sur se caracteriza por la presencia de calizas eocénicas, oligocénicas y postpliocénicas. La superficie subcárstica de estas calizas es parcialmente plana. En ella se puede encontrar ligeros salientes de roca caliza cubiertos ligeramente por suelo oscuro y somero con aspecto de Rendzina. De la misma manera podemos hallar hondonadas con desniveles que oscilan entre los dos y tres metros, mismas que están cubiertas por suelo plano y profundo de color rojo y textura granulosa, que cubre toda la roca caliza.

4.5 Suelos

Los suelos característicos del estado de Q. Roo son resultado del intemperismo al que están expuestas las rocas calizas.

La placa calcárea, por acción del calor y las abundantes precipitaciones, ha generado suelos de Rendzina en la mayor parte del Estado. En general, estos suelos tienen poca profundidad y evolución debido a la ausencia de corrientes superficiales de agua que acarreen y depositen los sedimentos necesarios. Poseen una baja fertilidad producto de su gran alteración. Estas características, así como la presencia de salientes propios del basamento rocoso calcáreo, los hacen no aptos para la agricultura y su mecanización.

Steggerda en 1941, citado por Merino y Otero (1983) y Escobar (1986), propone una clasificación de los suelos de la Región mediante la utilización de términos mayas.

Reuter *et al.* (s/f) proponen una clasificación similar donde no considera como tal a la serie Tzekel – Kankab, pero propone una categoría equivalente para esta transición a la que llama Kaakab. De la misma manera presenta una nueva categoría llamada Yaaxhom, que representa la transición del Kankab al Ak'alche.

En general, las series resultantes toman en cuenta el color, cantidad de materia orgánica, presencia de óxido de hierro, drenaje, presencia de material basal y fertilidad.

De las clasificaciones de Steggerda (Steggerda, 1941, citado por Merino y Otero, 1983 y Escobar, 1986) y Reuter *et al.* (s/f), las series de suelos dominantes en Q. Roo son las siguientes:

Serie Tzekel

Suelos que se originan *in situ* a partir de la roca caliza. Son extremadamente delgados y cubren la roca que aflora de forma continua (como lajas). Se localizan en zonas rocosas de deslave (partes altas de los lomeríos) y se encuentran formados por Rendzinas o Litosoles. Poseen coloración variada que va del color café claro al rojo oscuro o negro. Presentan un drenaje superficial e interno excesivo. En ausencia de vegetación, estos suelos son los más propensos a la erosión. Tienen baja fertilidad (Cuadro 3).

Serie Tzekel – Kankab o Kaakab

Suelos originados *in situ* que constituyen una transición entre los suelos Tzekel y Kankab. Esta serie incluye a los suelos de tipo Kaakab, Chich-luum y Pus-luum. El Kaakab es el más profundo de la serie y presenta similitudes con la serie Yaaxhom. El Chich-luum es menos profundo pero más pedregoso que el Pus-luum. Los suelos de esta serie están presentes en las laderas de los lomeríos y áreas con pendientes que oscilan entre tres y siete por ciento. Se encuentran formados por Rendzina o Cambisol. Poseen coloración que va del gris - café al rojo oscuro o negro. Presentan un drenaje superficial e interno excesivo. Sin embargo, debido a la cantidad de piedras, conservan bien la humedad, no se agrietan ni compactan. En general son suelos fértiles, aunque

esta característica es diferencial, pues en laderas con poco declive se localizan suelos con una capa más gruesa de materia orgánica sobre suelo mineral (Cuadro 3).

Serie Kankab

Suelos que pueden tener origen *in situ* o coluvial. Esta serie incluye a los suelos de tipo Chac-luum y Kankab. El Kankab es más profundo pero menos pedregoso que el Chac-luum. Se localizan en pequeños manchones alternados con suelo de tipo Tzekel y Tzekel – Kankab, en áreas pedregosas dispersas de planadas y, áreas adyacentes a lomeríos y cerros pequeños. Se encuentran formados por Cambisol crómico o Luvisol. Poseen coloración que va del rojo claro (con humedad) al rojo, por la presencia de óxido férrico (Fe_2O_3) y otros compuestos de hierro. Presentan un drenaje superficial e interno eficiente con cierta capacidad de retención de agua. En ausencia de vegetación, estos suelos se secan, agrietan y endurecen rápidamente. Su fertilidad es considerada aceptable por tener una cantidad satisfactoria de nutrimentos y un contenido mediano de materia orgánica (Cuadro 3).

Serie Yaaxhom

Suelos que pueden tener origen *in situ* o coluvial a partir de sedimentos arcillosos. Esta serie incluye a los suelos de tipo Yaaxhom rojo, Yaaxhom amarillo y Yaaxhom café. Se localizan en las planadas de los valles (con pendientes cercanas al uno por ciento) y constituyen la zona de transición hacia los bajos. Se encuentran formadas por Vertisol Gleyco, Vertisol Rúbico o Gleyic Cambisol. Pueden ser de color amarillo, café o rojo. Presentan un drenaje superficial bueno con una permeabilidad baja. Son considerados

los suelos más fértiles debido a su alto contenido de materia orgánica y su alta capacidad de retención de agua (Cuadro 3).

Serie Ak'alche

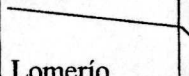
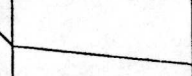
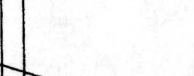
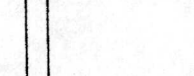
Suelos de origen coluvial formados a partir de sedimentos arcillosos. Esta serie incluye los suelos Ak'alches gris y Ak'alches amarillo. Son los suelos más profundos del Estado. Están presentes en los bajos, amplias llanuras al pie de los lomeríos y, en general, en las partes más bajas del relieve. Descansan sobre un horizonte arcilloso de color amarillo. Se encuentran formados por Gleysol. Poseen coloración gris – negro en varias tonalidades. Presentan un drenaje superficial e interno muy bajo o nulo, por lo que sufre de largos periodos de inundación y agrietamiento. Son considerados suelos muy fértiles con alto contenido de materia orgánica en el horizonte superior (Cuadro 3).

4.6 Hidrología

En la Entidad no se presentan corrientes superficiales de agua. Esto se debe a que el escurrimiento de líquido es nulo por la alta tasa de evaporación (ocasionada por las altas temperaturas) y por la alta permeabilidad del suelo. El agua filtrada promueve el desgaste de la roca calcárea y la formación de importantes corrientes subterráneas que vierten sus aguas por debajo del nivel del mar, más allá de las costas. También promueve la formación de importantes depósitos subterráneos de agua. Aquellos depósitos cuyos techos tienen menor resistencia se derrumban y forman los llamados

Cuadro 3. Características complementarias de los suelos del estado de Quintana Roo.

[C] = Capacidad de intercambio cationiónico

Serie	Tzekel	Kaakab (Chich-luum, Pus-luum y Kaakab)	Kankab (Chac-luum y Kankab)	Yaaxhom (Y. Café, Y. amarillo y Y. rojo)	Ak'alche (A. gris y A. amarillo)
Profundidad	Menor de 15 cm	Entre 20 – 50 cm	Menor de un metro	Uno a dos metros	Mayor a dos metros
Textura	Pedregoso y rocoso	Arcillosa con fragmentos irregulares de rocas caliza. Subsuelo de material calizo pulverulento (Sahcab)	Arcillosa (70 – 90 % de arcilla) con pocos fragmentos de roca	Arcillosa (50 – 80 % de arcilla) con partes de arena y limo	Arcillosa (90 % de arcilla)
Materia orgánica	Alto pero somero	Alto	Mediano	Alto. Mayor al 10 %	Alto
PH	Neutro (7.0)	Ligeramente ácido a neutro (6.0 – 7.0)	Ligeramente ácido (5.0 – 6.5)	Ligeramente ácido a neutro (5.0 – 7.0)	Ligeramente ácido a neutro (5.5 – 7.0)
CIC¹	Alto	Alto	Mediano - alto	Alto	Alto
Comportamien to de la flora	Crecimiento deficiente de la vegetación	Buen crecimiento de la vegetación	El crecimiento de la vegetación es continuo	Buen desarrollo de la selva	No hay desarrollo continuo de la vegetación
Vegetación dominante	Selva o mediana	Selva mediana, rara vez alta	Selva mediana, rara vez alta	Selva mediana, rara vez alta	Selva baja subperenni- folia o subcaduci- folia
Especies representativas	Cedro	No se reporta	Caoba y Chicozapote	Caoba, Granadillo Chechén y Siricote	Pukté, palo de tinte y Chechén
Representación esquemática de la ubicación topográfica de las series de suelo características de Q. Roo					

Fuente: modificado de Reuter, s/f

cenotes (Cuadro 4). Existe una relación inversa entre el nivel superficial de sus aguas y la profundidad que estos presenten. Los cenotes parecen estar relacionados con la presencia de estratos calizos más compactos, alternados con otros más compactos y escurridizos (Miranda, 1978).

Otros tipos de depósitos acuíferos naturales son los ak'alches, las aguadas, las pozas (consideradas como las desembocaduras de ríos subterráneos), las lagunas (Cuadro 4), los pantanos y, cerca del mar, las ciénagas o lagunas saladas.

Existen algunos arroyos temporales frente a las costas del Estado y frente a la laguna de Bacalar. Estos últimos llevan el agua de la laguna hacia el río Hondo que demarca el límite fronterizo entre México y Belice. El Hondo es el único río de importancia en el Estado por su relativamente abundante caudal y rápido curso. Una de las características más relevantes de este río es la escasez o ausencia total de depósitos aluviales en sus orillas debido a que él mismo ha labrado su cauce en las calizas. Por ello carece de zonas anegadizas y se mantiene relativamente fijo. La existencia de su lecho está relacionada con una falla geológica.

La parte sur del estado de Q. Roo puede ser dividida en nueve cuencas con sus respectivas sub-cuencas:

Isla de Cozumel

Isla Mujeres

Varias Regiones – Laguna de Chunyaxché

Bahía de la Ascensión

Bahía del Espíritu Santo

Varias regiones – Costas de la Península de X-Calak

Río Hondo – Laguna de Bacalar

Cuencas cerradas – Centro, occidente y sur oeste

Sin nombre. Sur del Estado

Cuadro 4. Principales lagunas y cenotes del estado de Quintana Roo

Lagunas		Cenotes
Alvaro Obregón	Milagros	Alamo
Bacalar	Número Uno	Cenote Azul
Calderón	Número Dos	Galeana
Can-bec	Número Tres	Kanah
Caobas	NoH-bec	Número Uno
Chacambacab	Ocom	Número Dos
Champucté	Petcacab	San Isidro
Chun yaxché	Pichol	San Juan
Cobá	Pucté	
Dziuché	Reforma	
Guerrero	Sacakal	
José Aguilar	San Felipe	
Kanah	San José de la montaña	
Kopechén	Tulum	
Macanxoc	Unión	
Manglar	Valle Hermoso	
Marrufo		

Fuente: Escobar, 1986

Hacia la zona norte del Estado, en el parteaguas que van de Santa Rosa a Tulum, no se aprecia cuencas por la ausencia de relieve. Las características geológicas de la península hacen que sus aguas tengan dureza elevada y, en varios casos, una alta salinidad. En la gran parte del Estado, tanto las aguas superficiales (si su escurrimiento a durado cierto tiempo) como las aguas subterráneas, tienen un grado elevado de dureza (21 a 76) y un nivel de salinidad bajo. Las aguas de cenotes y pozos de la región Norte poseen una concentración de carbonato cálcico que oscila entre los 0.15 y 0.25 gr/l (aunque la concentración de calcio es generalmente mayor pues el calcio se puede encontrar en otras combinaciones).

Tanto en aguas subterráneas como superficiales de la zona Este, Sudeste y Central del Estado pueden tener un nivel de salinidad mayor (sirva como ejemplo la Laguna de Bacalar). Esto se debe a las fuertes concentraciones de sales cálcicas (sulfato de calcio), magnésicas (sulfato y cloruro de magnesio) y potásicas (sulfuro y cloruro potasio). Otros cuerpos salobres lo conforman las penilagunas que corren paralelamente a costa y que reciben por filtración agua proveniente del mar (Miranda, 1978).

4.7 Vegetación

4.7.1 Vegetación primaria y vegetación secundaria

La vegetación del estado de Quintana Roo está formada por asociaciones vegetales de clima cálido húmedo. Su distribución y fisonomía están determinadas por características edáficas, climáticas y topográficas (Figura 1).

La vegetación primaria es aquella que no presenta en la actualidad ningún tipo de alteración. Miranda (1978) cataloga a su vez a la vegetación primaria como:

Óptima, si alcanza las mayores alturas y densidades en un área dada. Corresponde al clímax y fases más próximas a él en las etapas sucesionales priseriales.

No óptima, frecuentemente con menores densidades y alturas. Corresponde a las etapas sucesionales más alejadas del clímax en las etapas sucesionales priseriales.

Miranda (1978), Sousa *et al.* (1982), Escobar (1986) y, Pennington y Sarukhán (1998) reconocen para el estado de Quintana Roo tres tipos de vegetación primaria óptima (clasificación en la que, en parte, se basa la presente publicación): (1) Selva alta o mediana subperennifolia, (2) Selva alta o mediana subcaducifolia (o subdecidua) y (3) Selva baja caducifolia (o decidua). Existen discrepancias en cuanto a la presencia o no

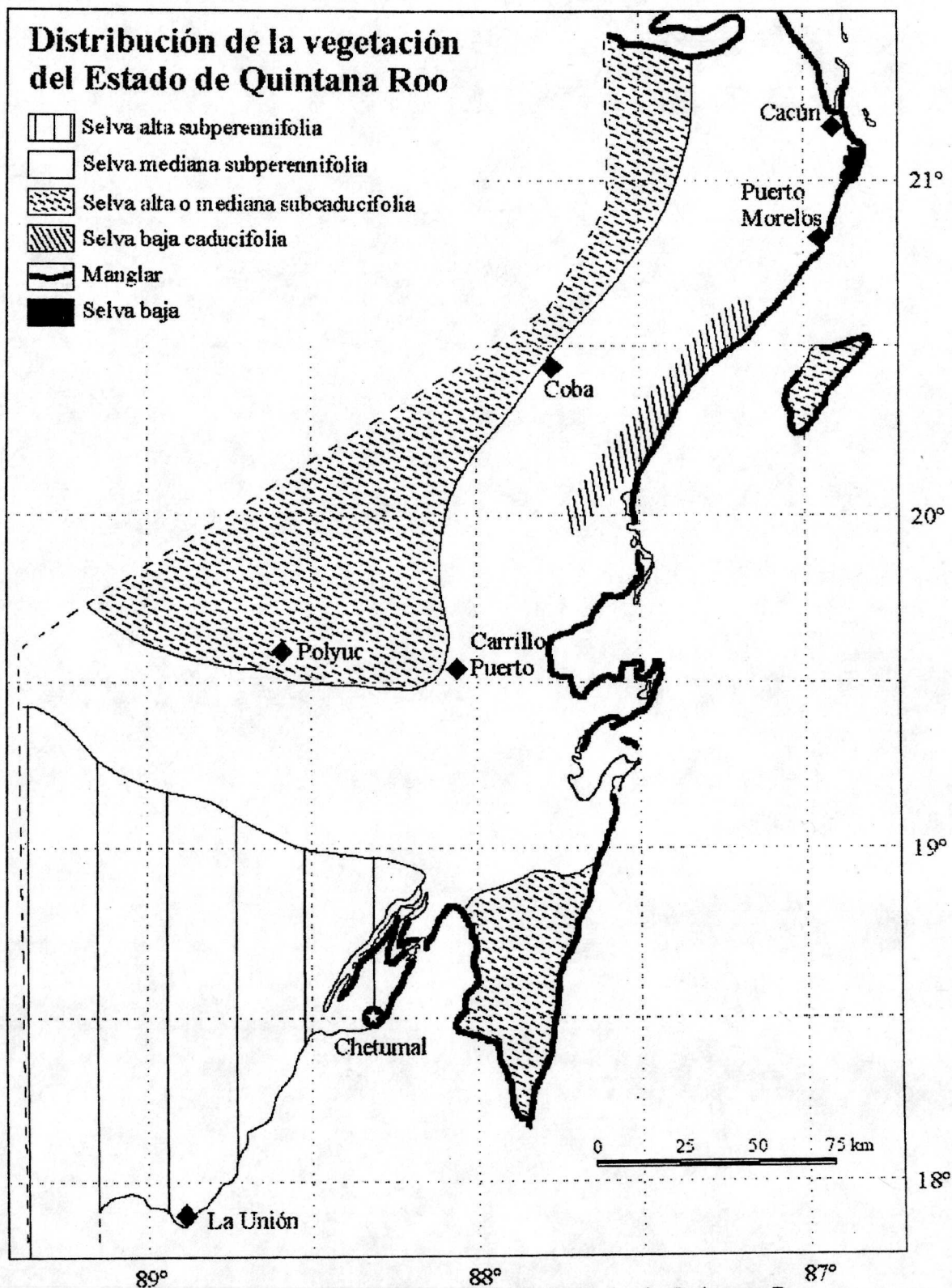


Figura 1. Distribución de los tipos de vegetación del estado de Quintana Roo (Modificado de Sousa, 1982).

de Selva alta perennifolia. Rzedowski (1978) y, Merino y Otero (1983) reconocen en el Estado la presencia de selva alta perennifolia, misma que denominan como bosque tropical perennifolio. Sánchez *et al.* (1991) consideran también la existencia de dicha vegetación, misma que es descrita en una localidad tipo al norte de la laguna de Guerrero. La discrepancia en la existencia o no en Q. Roo de la selva alta perennifolia se debe a que estos autores incluyen en este tipo de vegetación a la selva alta o mediana subperennifolia. En realidad la selva alta perennifolia, con las características que la definen, actualmente ya no existe en esta entidad.

Es importante señalar que debido a las frecuentes alteraciones antropogénicas que sufren los ecosistemas del Estado, en nuestros días ya no encontramos grandes extensiones de vegetación primaria. Esta se encuentra alternada con vastas zonas de asociaciones secundarias.

La vegetación secundaria es aquella que se desarrolla al ser eliminada total o parcialmente la vegetación primaria. La vegetación secundaria presenta rasgos fisonómicos, florísticos y ecológicos distintos a los de la vegetación primaria y, de manera característica, después de varios años de su establecimiento, tiende a volver a su estado primario cuando las causas que indujeron a la alteración dejan de actuar. En general, el tiempo de restitución de la vegetación primaria depende del grado de afectación del suelo y de la presencia de fuentes semilleras de las especies primarias. Los incendios, los ciclones y los factores intrínsecos al bosque (como senectud y enfermedad) pueden ser generadores de alteraciones en la vegetación primaria. Sin embargo, las principales fuentes de disturbios son las derivadas de la actividad humana como la agricultura y la extracción forestal.

La vegetación secundaria está compuesta por distintas asociaciones de plantas caracterizadas por una rápida invasión, un rápido crecimiento y una gran tolerancia a la insolación (Apéndice 1.10). Tanto su composición como su distribución están determinadas primeramente por el factor edáfico.

4.7.2 Caracterización de la vegetación

4.7.2.1 *Selva alta o mediana subperennifolia*

Este tipo de vegetación se encuentra distribuida en la mayor parte del Estado (Figura 1), en zonas con clima de tipo *Am* (cálido con época seca corta). La temperatura en estas zonas oscila entre los 20 y 25 °C; así mismo, la precipitación pluvial fluctúa entre los 1100 y 1500 mm anuales y, estas son más abundantes en el periodo comprendido entre mayo y octubre.

La selva alta o mediana subperennifolia se desarrolla en terrenos calizos con suelos someros que van del color café oscuro al rojizo. Estos poseen abundante materia orgánica y un pH cercano a siete. En ocasiones llegan a presentar hasta un 80% de pedregosidad. De acuerdo a la clasificación maya, los suelos donde generalmente se establece este tipo de vegetación corresponden a los grupos Tzekel, Kaakab, Kankab (Cuadro 3). El drenaje de estas series de suelo es eficiente y, en algunos casos excesivo. Esta característica, junto con la presencia de una temporada seca corta, parece estar relacionada con la pérdida de follaje de aproximadamente el 25% de las especies que conforman a esta comunidad vegetal.

La selva alta o mediana subperennifolia presenta un estrato herbáceo, un estrato arbustivo y de uno a tres estratos arbóreos (a los que se asocian especies epífitas y lianas). El estrato herbáceo y el arbustivo están compuestos principalmente por

individuos jóvenes de las especies arbóreas residentes e inmigrantes. Sousa *et al.* (1982) encuentran elementos netamente herbáceos tales como *Bletia purpurea*, *Goldmanella sarmentosa*, *Panicum laxum* y *Stachytarpheta miniacea*; y, en el estrato arbustivo, individuos como *Acacia cornigera*, *Bourreria huanita*, *Hyperbaena winzerlingii* y *Piper yucatanense* (Apéndices 1.1, 1.2, 2.1, 2.4 y 3). Sánchez *et al.* (1991) señalan para una localidad tipo de selva alta subperennifolia la abundante presencia de *Brosimum alicastrum* en el estrato herbáceo y, aunque reporta que prácticamente no existe el estrato arbustivo, este estaría representado principalmente por *Malvaviscus arboreus*. Para una localidad tipo de selva mediana subperennifolia, estos últimos autores caracterizan el estrato arbustivo con *Malvaviscus arboreus*, *Piper amalago*, *Hirea ovobata* y *Psychotria nervosa*. En otra localidad tipo de selva mediana subperennifolia con 23 m de altura (sitio 1 zona Central Vallarta), Navarro y Granados (1997) caracterizan el estrato herbáceo y arbustivo con la presencia de elementos de *Nectandra salicifolia*, *Hamelia patens*, *Psidium sartorianum*, *Thrinax radiata* y *Manilkara zapota*, entre otros.

El o los estratos arbóreos se ubican entre los seis y 35 m de altura. Debido a la poca profundidad de los suelos, así como a las limitaciones climáticas, estos estratos rara vez alcanzan alturas superiores a los 35m.

La presencia de afloramientos de roca caliza, que en algunos casos se reporta alcanzan a estar en el orden del 20 y 80% (Sánchez *et al.*, 1991), restringe también el crecimiento en altura y, además, evita alcanzar densidades arbóreas similares a las que se observan en la selva alta perennifolia. Los principales elementos de este estrato son *Manilkara zapota* y *Brosimum alicastrum* (Apéndices 1.1, 1.2, 2.1, 2.4 y 3).

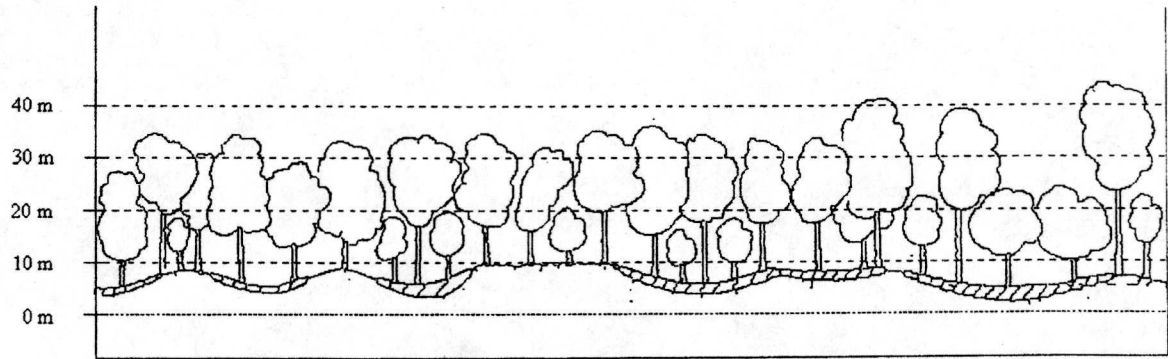


Figura 2. Perfil fisonómico y enclave de una selva alta o mediana subperennifolia (modificado de Miranda 1978). La región rayada diagonalmente señala la presencia de suelo y/o las zonas de acumulación del mismo sobre la roca caliza.

Para la localidad tipo de selva alta subperennifolia descrita por Sánchez *et al.* (1991), se resalta en el estrato arbóreo la presencia de *Alseis yucatanensis* y *Orbygnia cohune*.

Mientras que, para la localidad tipo de selva mediana subperennifolia, estos autores señalan también la presencia de *Paullinia clavigera*. Para la zona de San Felipe Bacalar, Sánchez (1993) señala además elementos de *Spondias mombin*, *Pouteria campechiana* y *Bourreria oxyphyllaria*. Granados *et al.* (1997), en otra localidad tipo de selva mediana subperennifolia de 25 m, denotan también la existencia de individuos de *Sckingia salvadorensis*, *Pouteria unilocularis*, *Sabal japa*, *Exostema mexicana*, *Lysiloma bahamensis* y *Krugiodendron ferreum*, entre otras. Navarro y Granados (1997), en la descripción realizada para los sitios estudiados en la zona de Pozos, señalan además la presencia de *Thevetia gaumeri* en el estrato dominante de una selva mediana subperennifolia de 22 m de altura, afectada intensamente por el Huracán Gilberto e incendios forestales (Figura 3).

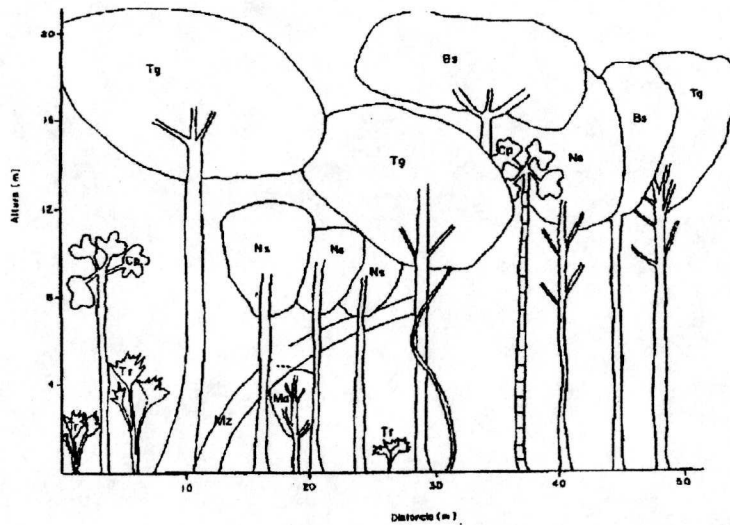


Figura 3. Perfil fisonómico de una selva mediana subperennifolia afectada intensamente por el Huracán Gilberto e incendios forestales (Zona de Pozos, tomado de Navarro y Granados, 1997). Tr- *Thrinax radiata*, Cp- *Cecropia peltata*, Tg- *Thevetia gaumeri*, Ns- *Nectandra salicifolia*, Mz- *Manilkara zapota*, Ma- *Malvaviscus arboreus*, Bs- *Bursera simaruba*.

De acuerdo con la presencia y abundancia relativa de estas y otras especies, Miranda (1978) clasifica en tres a las principales variantes de selva alta o mediana subperennifolia :

Selva alta o mediana subperennifolia con elementos de *Manilkara zapota*, *Bucida buceras* y *Cryosophylla argentea*. Se encuentra distribuida principalmente en la región Sur del Estado, donde, durante la época seca, se presenta una precipitación pluvial que alcanza un rango entre el 16y 35% del promedio de precipitación anual (Figura 1). Esta situación parece favorecer el establecimiento de *Bucida buceras* y *Cryosophylla argentea*, especies características de esta Región. Debido a la diversidad de condiciones edáficas, podemos encontrar un sinnúmero de variaciones de este tipo de selva. Salvo en algunas excepciones, en todas ellas, la especie más abundante es *Manilkara zapota*

(zapote), la cuál también domina el dosel. Entre las variaciones más frecuentes podemos mencionar a la asociación de *Manilkara zapota* con *Brosimum alicastrum* (ramón), que ante la disminución del número de individuos de zapote cambia a un tipo de vegetación denominado ramonal.

Otras asociaciones importantes son establecidas por *Manilkara zapota* con *Talisia olivaeformis* (guaya); *Manilkara zapota* con *Metopium brownei* (chechem negro); y *Bucida buceras* (pukté) con *Metopium brownei* (Cuadro 5), misma que puede ser considerada como selva en transición a chechenal o a tintal. Es importante resaltar que las asociaciones de *Manilkara zapota* con *Bucida buceras* y *Swietenia macrophylla* (caoba) y, de *Manilkara zapota* con *Swietenia macrophylla* (Cuadro 5), tuvieron también una distribución importante. Sin embargo, debido a la fuerte presión ejercida sobre la caoba, en la actualidad estas dos últimas asociaciones se han tornado raras. La asociación de zapote y caoba, cuando se presenta, puede encontrarse incluso en hondonadas con cierto carácter anegadizo. En estos casos los individuos de dichas especies se ven en la necesidad de extender sus raíces para encontrar un suelo apto para su desarrollo.

Selva alta o mediana subperennifolia con elementos de *Manilkara zapota*, pero sin *Bucida buceras* ni *Thrinax parviflora*. Ocupa gran parte del estado de Q. Roo. Se encuentra bien representada en el municipio de José María y Morelos; a partir de este se extiende en una franja longitudinal que atraviesa centralmente a la región Centro y Norte del Estado, hasta aproximadamente los 21° 15'' de Latitud norte (Figura 1). Toda esta zona presenta una época seca bien marcada. Durante la época de lluvia (entre junio y septiembre) la precipitación oscila entre los 1100 y 1300 mm. La Selva alta o mediana

Cuadro 5. Características del medio físico donde se presentan las principales asociaciones de selva alta o mediana subperennifolia con elementos de *Manilkara zapota* y *Bucida buceras*.

Tipo de asociación	Drenaje del suelo	Características del terreno	Características del suelo
<i>Manilkara zapota</i> y <i>Brosimum alicastrum</i>	Muy bueno	Cumbres aplanadas o irregulares de caliza compacta con afloramientos rocosos	Suelo escaso de color negro, generalmente de la serie Tzekel
<i>Manilkara zapota</i> y <i>Talisia olivaeformis</i>	Bueno	Laderas y cumbres aplanadas de colinas y cerros pequeños, con afloramientos de roca caliza granulosa (Sahkab)	Suelo delgado de color oscuro, generalmente de la serie Tzekel (cumbres) o de la serie Kaakab del tipo Chich-luum o Pus-luum (laderas)
<i>Manilkara zapota</i> y <i>Swietenia macrophylla</i>	Bueno	Salientes, base de las laderas y/o terrenos con ligera pendiente en las pequeñas hondonadas	Somero y oscuro, generalmente de la serie Tzekel (salientes). Rojizo y ligeramente profundo, generalmente de la serie Kaakab, Kankab o Yaaxhom (base de las laderas y terrenos con ligera pendiente)
<i>Manilkara zapota</i> , <i>Bucida buceras</i> y <i>Swietenia macrophylla</i>	Deficiente	Base de las laderas o terrenos con ligera pendiente	Suelos algo profundos de color café, generalmente de la serie Yaaxhom café
<i>Manilkara zapota</i> y <i>Metopium brownei</i>	Deficiente	Terrenos planos que sufren ligera inundación	Suelos someros de coloración oscura, generalmente Kaakab
<i>Bucida buceras</i> y <i>Metopium brownei</i>	Muy deficiente	Planadas o llanuras	Suelos profundos de coloración gris – negro, generalmente Ak'alches o una transición a este

Fuente: Miranda, 1978; Reuter, s/f

subperennifolia con elementos de *Manilkara zapota*, pero sin *Bucida buceras* ni *Thrinax parviflora* se desarrolla en terrenos planos, compuestos por estratos calizos compactos generalmente carentes de sahkab. Su superficie subcárstica posee un escaso suelo rojo generalmente presente en las grietas (probablemente de la serie Kankab). Como su nombre lo indica, esta variante de la selva alta o mediana subperennifolia carece de *Bucida buceras* y *Thrinax parviflora*, pudiendo encontrar rara vez a individuos del género *Thrinax*. La especie más característica de esta variante es *Caesalpinia gaumeri* (kitamche) que, en algunos lugares, llega a ser más abundante que el zapote. En otras zonas también se puede encontrar algunos individuos de caoba asociados al zapote y al ramón junto con abundantes elementos de *Vitex gaumeri* (ya'axnik).

Selva alta o mediana subperennifolia con elementos de *Manilkara zapota* y *Thrinax parviflora* pero sin *Bucida buceras*. Se encuentra distribuida de manera restringida al área acotada en la costa por Puerto Juárez y Puerto Morelos y, se extiende aproximadamente 60 km. hacia la zona continental, cerca de Leona Vicario (Figura 1). Esta zona presenta una precipitación escasa durante la época seca, la cual oscila entre el 5 y 10% del promedio de precipitación anual. Se desarrolla en terrenos calcáreos compactos de origen coralífero. El suelo es escaso y de color rojizo (probablemente de la serie Kankab) y se encuentra en las grietas e imperfecciones del terreno. En esta asociación el zapote es el elemento dominante del dosel, mientras que *Thrinax parviflora* (chit) domina el estrato ubicado entre los ocho y 10 metros.

La vegetación secundaria característica de la selva alta o mediana subperennifolia está compuesta por una primera fase dominante de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*

(koochle). Dicha fase se alterna más adelante con especies arbóreas de rápido crecimiento como *Lysiloma latisiliqua* (dzalam), *Spondias mombin* (jobo), *Lonchocarpus rugosus*, *Bursera simaruba*, *Annona reticulata* y *Alvaradoa amorphoides* (belsisiche). Cuando la alteración es persistente y ha modificado las condiciones característica del suelo, podemos encontrar individuos de *Trema micrantha* que forman una fase dominante, o incluso agrupaciones secundarias maduras y estables de *Lonchocarpus castilloi* y *Alvaradoa amorphoides*, o únicamente de *Luehea speciosa*. Sin embargo estas generalidades no siempre son constantes. Navarro (1995) caracteriza tres acahuals de dos, tres y cinco años de edad, con la evidente ausencia de individuos del género *Cecropia* y, la presencia de otras especies tolerantes a la insolación como *Jatropha gaumeri*, *Crysophyllum mexicanum*, *Byrsonima bucidaefolia*, *Ficus cotinifolia*, *Chiococca alba*, *Hampea trilobata*, *Lysiloma bahamensis*, *Dipholis salicifolia*, *Vitex gaumeri*, *Metopium brownei*, *Ficus glaucescens* y *Piscidia communis* (Figuras 4a, 4b y 4c).

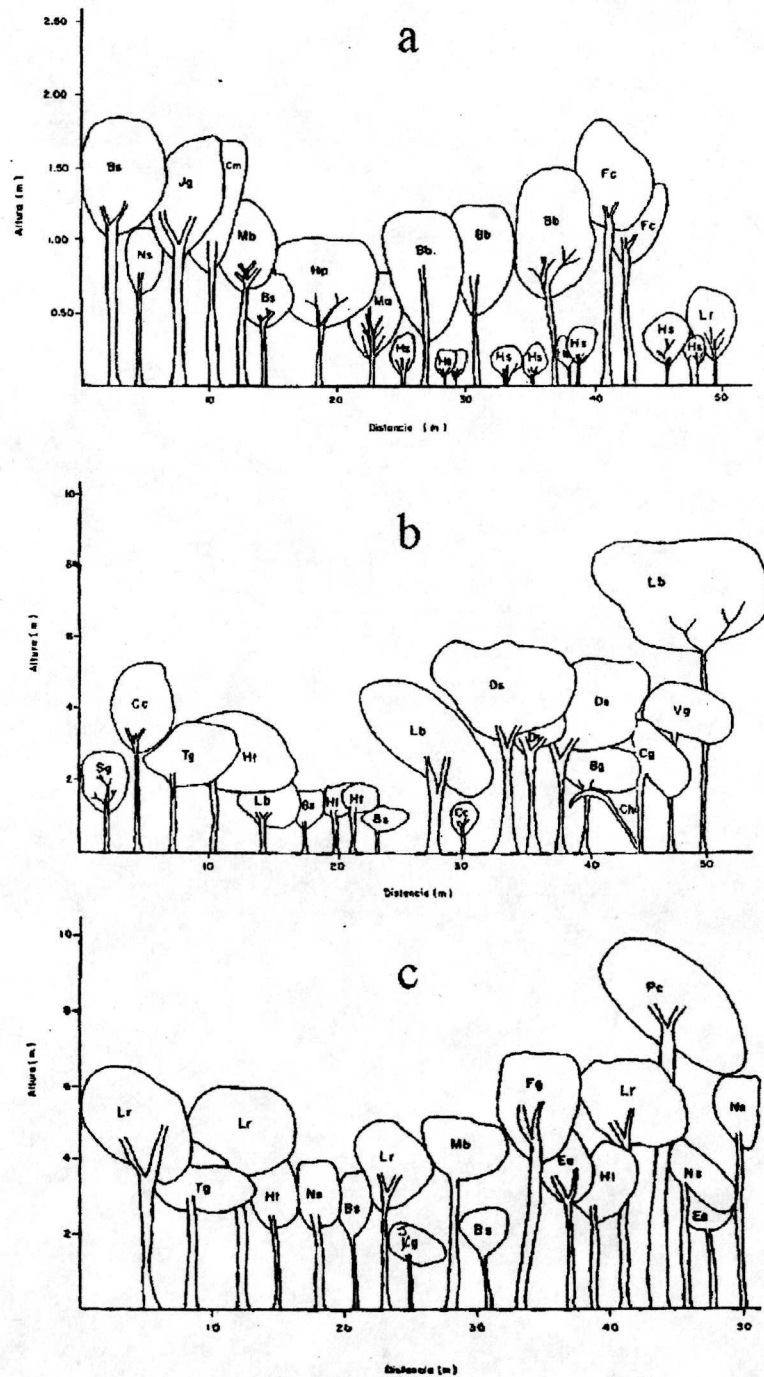


Figura 4. Estructura de la vegetación de un acahual de selva mediana subperennifolia de tres diferentes edades: a) un año de edad, b) dos años de edad y, tres años de edad. Br- *Bursera simaruba*, Ns- *Nectandra salicifolia*, Jg- *Jatropha gaumeri*, Cm *Crysophyllum mexicanum*, Mb- *Metopium brownei*, Hp- *Hamelia patens*, Ma- *Malvaviscus arboreus*, Bb- *Byrsonima bucidaefolia*, Hs- *Heliantus* sp., Fc- *Ficus cotinifolia*, Sg- *Simarouba glauca*, Cc- *Coccoloba cozumelensis*, Tg- *Thevetia gaumeri*, Ht- *Hampea trilobata*, Lb- *Lysiloma bahamensis*, Ds- *Dipholis salicifolia*, Bg- *Bunchosia glandulosa*, Cg- *Caesalpinia gaumeri*, Cha- *Chiccoca alba*, Vg- *Vites gaumeri* Lr- *Lonchocarpus rugosus*, Ea- *Eupatorium albicaule*, Pc- *Piscidia communis*. (Tomado de Navarro y Granados, 1997).

4.7.2.2 Selva alta o mediana subcaducifolia

La distribución de este tipo de selva es menos amplia que la de la selva alta o mediana subperennifolia. Se extiende a lo largo de la frontera con el estado de Yucatán, en una franja paralela y adyacente a la formada por la selva alta o mediana subperennifolia característica de la región Centro y Norte (Figura 1). El clima donde se desarrolla es similar, sin embargo el promedio de precipitación anual es menor (entre 900 y 1100 mm) y la temporada seca es más larga (de noviembre a abril aproximadamente).

La selva alta o mediana subcaducifolia se desarrolla generalmente en las planadas así como en las laderas de colinas y cerros pequeños. Estos terrenos calcáreos poseen afloramientos de roca caliza en el orden del cinco al 30 % y no presentan estratos de sahkab. Los suelos son escasos y someros (hasta 12 cm de profundidad) y llegan a presentar del 20 al 90% de pedregosidad (generalmente son de la serie Kaakab del tipo Pus-luum). El excesivo drenaje que presentan produce un efecto de sequía edáfica que, junto con las características de precipitación y temporada seca larga, promueve la pérdida del follaje a aproximadamente el 75% de las especies de esta selva.

La selva alta o mediana subcaducifolia también presenta numerosas variantes dependiendo de las condiciones del suelo y vegetación vecina. Miranda (1978) describe como la asociación más representativa del estrato arbóreo la formada por *Vitex gaumeri* y *Brosimum alicastrum*. Especies como *Bursera simaruba*, *Caesalpinia gaumeri*, *Ficus cotinifolia*, *Lonchocarpus longistylus* y *Lysiloma bahamense* son también mencionados por su presencia y abundancia (Apéndices 1.3, 2.2 y 2.5). Sin embargo Duran (1986) atribuye este tipo de composición a la gran influencia que esta puede tener cuando se encuentra en vecindad con la selva alta o mediana subperennifolia. Dicho autor cita

entre los elementos típicos más importantes a *Pseudophoenix sargentii*, *Sebastiania adenophora*, *Coccoloba cozumelensis*, *Manilkara zapota*, *Parathesis cubana*, *Beaucarnea ameliae*, *Drypetes lateriflora*, *Gymnanthes lucida*, *Diospyros* spp, *Coccothrinax readii* y *Thevetia gaumeri*. Sánchez *et al.* (1991), en la descripción de una comunidad tipo en la ladera norte de la Laguna de Bacalar, advierte también la presencia de *Erithroxylum confusum*, *Exothea diphylla*, *Bauhinia divaricata*, *Bursera simaruba* y *Dalbergia glabra*. Estos mismos autores, en otra localidad al oeste de la Laguna de Bacalar, describen también la presencia de *Lysiloma latisiliqua*, *Saphranthus campechianus*, *Pseudobombax ellipticum*, *Alseis yucatanensis*, *Sabal japa*, *Annona primigenia* y *Byrsonima bucidaefolia*.

Además del estrato arbóreo, la selva alta o mediana subcaducifolia también presenta un estrato arbustivo compuesto por plántulas de los árboles residentes e inmigrantes. Duran (1986) señala ente otras a *Sebastiania adenophora*, *Gymnopodium floribundum*, *Coccoloba cozumelensis*, *Randia aculeata*, *Bravaisia tubiflora* y *Asemnanthe pubescens*. Existen también una gran cantidad de especies herbáceas, trepadoras y epífitas. Entre estas últimas, las más representativas son *Schomburgia tibicinis*, *Tillandia* sp., *Brassavola nodosa*, *Acanthocereus pentagonus* y *Selenicewreus testudo*.

La agrupación secundaria en la selva alta o mediana subcaducifolia se caracteriza por la presencia de una primera fase dominante muy diversa. Entre las especies que en ella podemos encontrar están *Cecropia peltata*, *Cecropia obtusifolia*, *Bursera simaruba*, *Luehea speciosa*, *Lysiloma latisiliqua* y *Gymnopodium floribundum* var. *antigonoides*.

4.7.2.3 Selva baja caducifolia

La selva baja caducifolia se distribuye de manera restringida al nordeste de Q. Roo, cerca de Puerto Juárez. Sousa *et al.* (1982) señala también su existencia en una franja que corre de sudoeste a nordeste desde la zona arqueológica de Chunyaxche hasta la zona de Xcaret (Figura 1). En esta área la precipitación fluctúa entre 700 y 800 mm y presenta una temporada seca que dura entre siete y ocho meses. Se desarrolla en terrenos de ladera casi planos y pedregosos, con efecto de sequedad edáfica y con drenaje superficial excesivo.

El estrés hídrico al que están sujetos los individuos que radican en él, así como las condiciones climáticas y edáficas, ocasiona que casi todos los individuos que conforman su estrato arbóreo pierdan su follaje durante la temporada seca. Además del estrato arbóreo caracterizado principalmente por *Pseudopheonix sargentii*, *Plumeria obtusa* y *Guaiaacum sanctum*, la selva baja caducifolia presenta un estrato arbustivo y uno herbáceo bastante reducido (Apéndices 1.4 y 3).

Agrupación secundaria en la selva baja caducifolia

Esta agrupación carece de individuos del género *Cecropia*. Su primera fase está generalmente caracterizada por *Acacia gaumeri*, *Gymnopodium floribundum* var. *antigonoides* y *Mimosa bahamensis*. La presencia de *Piscidia piscipula* y *Bursera simaruba* es característica de la vegetación secundaria madura, e indica la transición hacia la vegetación primaria. Su aspecto fisonómico se asemeja al de un matorral alto.

4.7.3 Asociaciones vegetales

Miranda (1978) identificó también otros tipos de asociaciones vegetales primarias no óptimas como el corozal, el botanal, la sabana, los chechenales, el tintal, el carrizal, el sibal o saibal, el tular, el popal, el manglar, el tasistal, el petén y otras asociaciones de halofitas e hidrofitas (Figura 1).

Algunas de estas agrupaciones también fueron reconocidas y descritas por Sousa *et al.* (1982), Escobar (1986) y Sánchez (1991). Una asociación no descrita para el estado de Q. Roo, que en el presente trabajo sí describiremos, es la agrupación compuesta por *Pinus caribea* var. *Hondurensis*. Si bien esta agrupación no es importante desde el punto de vista de su extensión, su importancia radica en ser el único registro de esta especie para México.

Manglar

El manglar se distribuye a lo largo del litoral de Quintana Roo, a partir de las costas de Chetumal hacia el norte. También está presente en zonas insulares como Isla Mujeres, Cozumel, Isla Blanca, Isla Contoy, Isla Holbox y el Banco de Chinchorro (Figura 1). El clima correspondiente a estas zonas es de tipo $Aw(x')i$, donde la temperatura no es menor a los 23°C y la oscilación térmica es inferior a los 5°C. Es importante señalar que el clima es un factor secundario en la distribución de este tipo de comunidad, mientras que el suelo tiene la mayor influencia.

El manglar se desarrolla en costas planas protegidas, donde se presenta una transición gradual entre tierra firme y mar. También se puede desarrollar en las orillas de lagunas salinas (Laguna de Bacalar), desembocaduras de ríos (Río Hondo) y escurrimientos donde es regular la inundación ocasionada por la marea alta.

El manglar puede ser clasificado en dos grandes grupos de acuerdo con el substrato que puede colonizar: (1) manglar de arrecife, cuando el manglar ocupa restos o escollos de coral (desde Majahual hasta Punta Herrero); y (2) manglar de aluvión, cuando el manglar ocupa suelos arenosos, arcillosos y limosos (tipo Ak'alche) o incluso lodos marinos. También puede ser clasificado con base en criterios fisonómicos, florísticos y geográficos. De esta última clasificación resultan los siguiente tipos de manglar presentes también en Quintana Roo (Granados *et al.*, 1998):

a) Manglar mixto. Esta asociación se presenta al interior del continente, generalmente rodeando las lagunas costeras (Figura 5). Así mismo se desarrolla en cayos y corrientes ribereñas que drenan el agua de las marismas. Presenta un estrato arbóreo que alcanza entre los seis y ocho metros. Este se encuentra formado por *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco). En las zonas más secas se encuentra a *Conocarpus erectus* (botoncillo) y, de manera asociada tierra adentro, podemos ver a *Manilkara zapota* y *Thrinax radiata* en grados de salinidad y anegación que van de mayor a menor respectivamente (Granados *et al.*, 199X). El manglar mixto posee un estrato arbustivo poco desarrollado ubicado en zonas con terreno más elevado, libres de inundación y de sales (Pennington y Sarukhán, 1998). Se encuentra compuesto por el helecho *Acrostichum daneaefolium* (considerado como un indicador de la edad del manglar), así como por la especie *Bravaisia tubiflora*. El estrato herbáceo está formado por especies halofitas como *Ambrosia cumanaensis*, *Solanum rugosum*, *Sorghum halapense* y *Cladium jamaicense* (Apéndices 1.5 y 2.6). De acuerdo con el tipo de suelo y clima, en las periferias del manglar mixto se puede encontrar vegetación de duna, palmares, tulares y distintos tipos de selva.

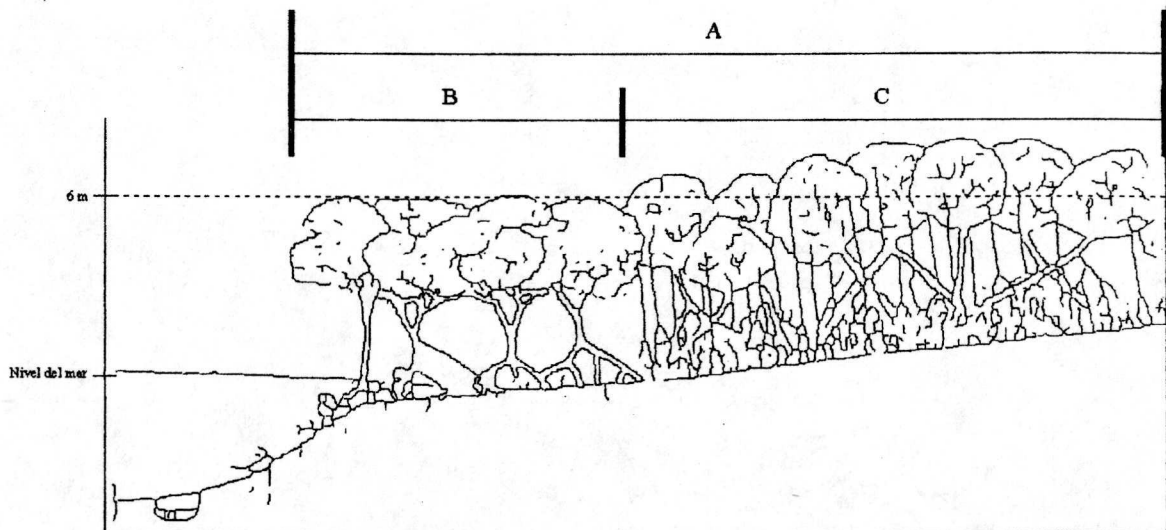


Figura 5. Perfil fisonómico y enclave de un manglar mixto (Modificado de Granados *et al.* 1998). A: Manglar mixto con elementos de (B) *Rhizophora mangle* y, (C) *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*.

b) Manglar enano. Este tipo de manglar se distribuye en la línea del Cafetal al Majahual, sur de Vigia Chico, sur de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an y, en forma dispersa, en el centro y sur del Estado donde existen zacates de agua dulce. Estas zonas presentan distintas características climáticas, pero poseen la misma característica edáfica: suelos de la serie Ak'alche. Las áreas de establecimiento de esta comunidad sufren inundaciones en la época de lluvia, mismas que alcanzan hasta 40 cm de anegación (Figuras 6 y 10). El manglar enano presenta un estrato que no rebasa los dos metros. Se encuentra constituido por *Rhizophora mangle* que, debido factores físico químicos ocasionados por las sales de carbonato de calcio (CaCO_3) presentes en el suelo, presenta problemas de absorción de nutrimentos, lo que impide a su vez que desarrolle las alturas observadas en el manglar mixto. Frecuentemente el manglar enano se encuentra asociado con *Cladium jamaicense* y especies epífitas de la familia Bromeliaceae.

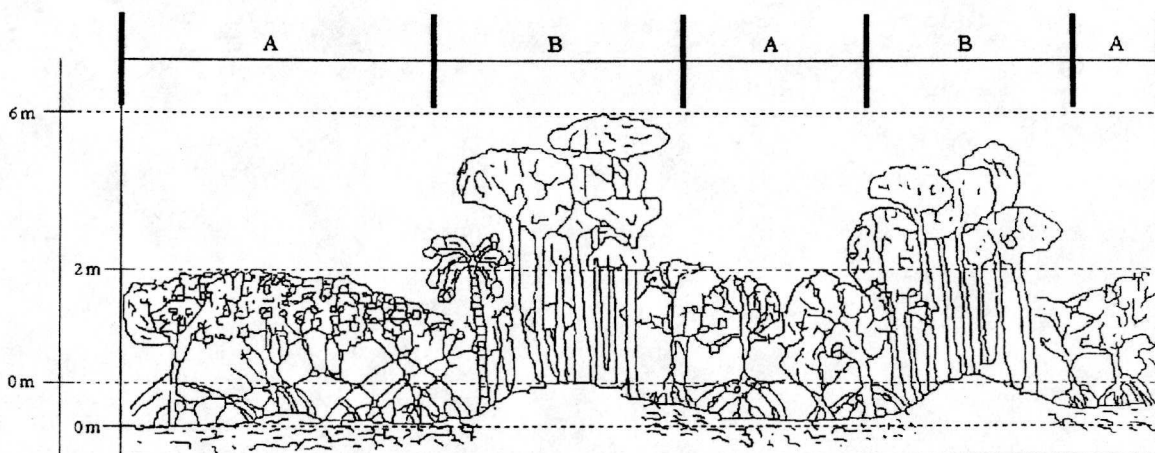


Figura 6. Perfil fisonómico y enclave de un manglar enano (Modificado de Granados *et al.* 1998). A: Manglar enano (*Rhizophora mangle*). B: Petén.

c) Manglar ribereño. Se encuentra de manera exclusiva en la ribera del Río Hondo.

Abarca 20 km. a lo largo de su cauce, a partir de su desembocadura hacia el interior del continente (Figura 7). Está compuesto por un estrato superior que regularmente alcanza los ocho metros, formado por *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*. Presenta un estrato inferior de aproximadamente seis metros, constituido por *Conocarpus erectus* y *Cladium jamaicense*. El mangle, permanentemente inundado, se acompaña con frecuencia de vegetación que tolera distintos gradientes de humedad y anegación del suelo, como los tasistales. También se encuentran asociaciones tales como sibales, carrizales y, hacia la parte del río, especies hidrófilas como *Saittaria lancifolia* y *Nynphaea ampla*. La vegetación vecina puede estar compuesta por selva baja y/o selva alta o mediana, dependiendo del substrato donde éstas se establezcan.

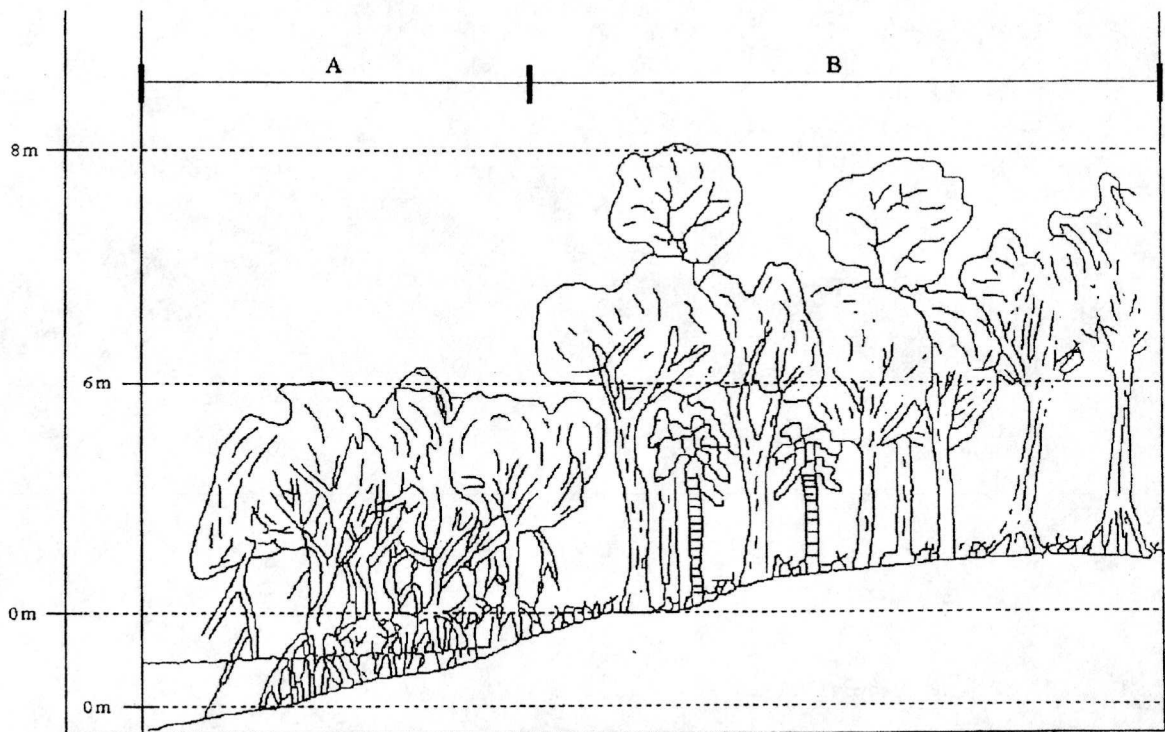


Figura 7. Perfil fisonómico y enclave de un manglar ribereño (Modificado de Granados *et al.* 1998). A: Manglar ribereño (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y/o *Conocarpus erectus*) B: Selva mediana subperennifolia.

d) Manglar de franja. Es también conocido como “manglar con influencia costera”. Se encuentra formando una franja a lo largo de la línea de costa, en suelos fangosos permanentemente inundados con agua salobre (Figura 8). El manglar de franja se presenta como comunidades densas y puras de *Rhizophora mangle* o de *Avicennia germinans*. Ocasionalmente se llega a presentar en agrupaciones mixtas de ambas especies, donde también se asocian elementos de *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*, dependiendo del grado de salinidad que tolera cada especie.

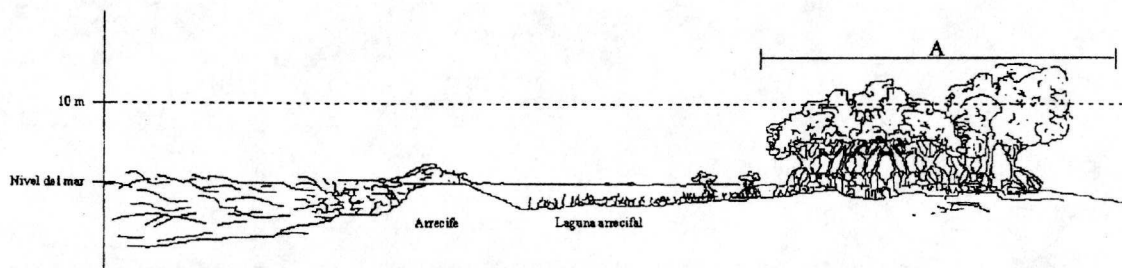


Figura 8. Perfil fisonómico y enclave de un manglar de franja (*Rhizophora mangle* y/o *Avicennia germinans*) (Modificado de Granados *et al.* 1998).

e) Manglar de isla. Este tipo de comunidad es semejante al manglar de franja que se presenta en la zona litoral del continente (Figura 9).

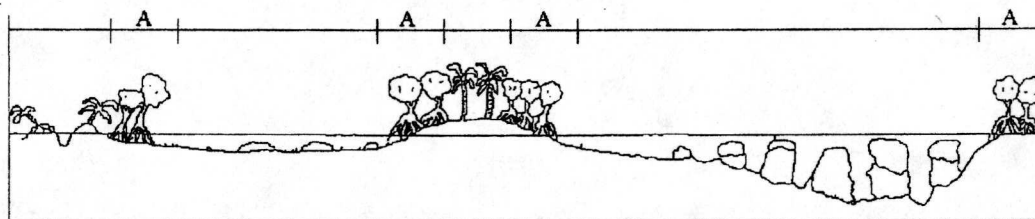


Figura 9. Enclave de un manglar de isla (*Rhizophora mangle*) (Modificado de Granados *et al.* 1998).

Petén

Se distribuye en estrecha relación con el manglar enano. Se establece en los terrenos elevados y secos del interior de las marismas (islotas) (Figuras 6 y 10). Se desarrolla en suelos con profundidad mayor a los 70 cm y ocupa distintos tipos de suelo. Su vegetación interna alcanza alturas que oscilan entre los 5 y 10 m.

El petén está compuesto por diferentes asociaciones vegetales dispuestas de manera concéntrica de acuerdo con los distintos grados de salinidad y nivel de inundación. Así, en el exterior del petén encontramos asociaciones de *Cladium jamaicense* o de manglar

enano compuesto por *Rhizophora mangle*, *Conocarpus erecta* y *Acoelorrhaphe wrightii*; y un poco más al interior, elementos de selva baja inundable como *Metopium brownei* y *Bravaisia tubiflora*. Al interior del petén encontramos especies características de la selva alta o mediana subperennifolia tales como *Nectandra coriacea* y *Simarouba glauca*.

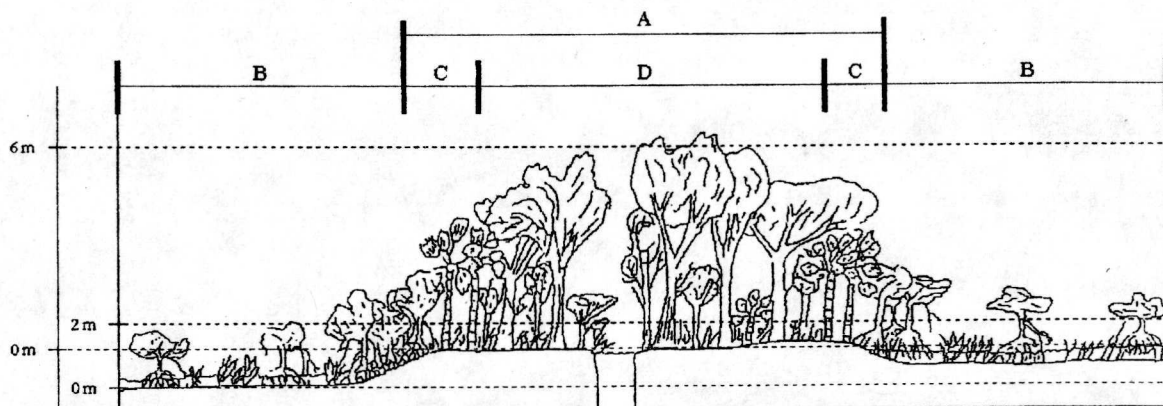


Figura 10. Perfil fisonómico y enclave de un de un petén (Modificado de Granados *et al.* 1998). A: Petén rodeado de B: manglar enano y compuesto por C: tasistal en los límites con el manglar y, hacia el interior, D: selva mediana subperennifolia.

Corozal

Su distribución está relacionada con la selva alta o mediana subperennifolia. Se desarrolla en las orillas de los ríos, ocasionalmente en las laderas de los cerros pequeños, en suelos profundos y bien drenados. También se les puede encontrar en suelos periódicamente inundados de la serie Ak'alche.

El corozal está formado por palmas de la especie *Orbygnia cohune* (corozo), que por lo general se alternan con individuos representativos de la selva alta o mediana subperennifolia. Está constituido por un estrato arbóreo de aproximadamente ocho o 15 m de altura, donde se pueden observar individuos de *Cedrela odorata*, *Manilkara*

zapota, *Brosimum alicastrum* *Swartzia cubensis* y *Sabal mauritiiformis*. También se les puede hallar aisladamente formando manchones puros de corozo.

Botanal

Se distribuye al sur del Estado en estrecha relación con la selva alta o mediana subperennifolia. Crece en las orillas de los bajos, lagos y aguadas. Es considerado como una vegetación de transición entre la vegetación de bajo y la selva alta o mediana subperennifolia. El botanal se establece en zonas con drenaje deficiente y áreas sometidas a inundaciones periódicas, por lo que el suelo que lo acoge está saturado de humedad la gran parte del año. La especie representativa es el *Sabal mauritiiformis* (botán), el cual domina el estrato ubicado entre los 15 y 25 m. En ocasiones se le considera un componente normal de la fase zapote - caoba.

Sabana

Se distribuye en estrecha relación con la selva alta o mediana subperennifolia, con la que en ocasiones se alterna. Se considera que la sabana de la península tiene un origen primario de tipo seral que, en el proceso de evolución paleoecológica, representa la última etapa de una hidroserie originada por el afloramiento eustático de un suelo pantanoso o lacustre (Miranda, 1958) (Figura 11). A pesar de esto, encontramos también en el Estado sabanas inducidas por la actividad humana, mismas que generalmente se encuentran relacionadas con las áreas agrícolas. La sabana se desarrolla en climas que poseen una temporada seca bien marcada. Se establece en terrenos planos o de pendiente ligera con suelos del tipo Ak'alche. Aunque estos se mantienen fangosos y cenagosos durante la época de lluvias, nunca suelen inundarse. Debido a sus características físicas,

los suelos de las sabanas forman grandes grietas durante la temporada no lluviosa, las cuales se abren entre la hierba seca.

Las sabanas están compuestas por extensas praderas de gramíneas, donde generalmente se presentan árboles bajos dispersos y comúnmente encorvados. El estrato herbáceo, conocido como graminal, se encuentra constituido por diferentes especies, entre las que podemos mencionar a *Andropogon glomeratus* y *Paspalum paniculatum*. El estrato arbóreo, cuando se presenta, está caracterizado por *Byrsonima crassifolia* (nanze o nanche), *Curatella americana* (yaha', saha' o tachicón) y *Crescencia cujete* (güiro o jícaro). El estrato arbustivo es pobre y se encuentra representado por *Erythroxylon areolatum*, *Thrinax radiata*, *Myrica cerifera* y *Malpighia punicifolia* (Apéndices 1.6 y 2.7).

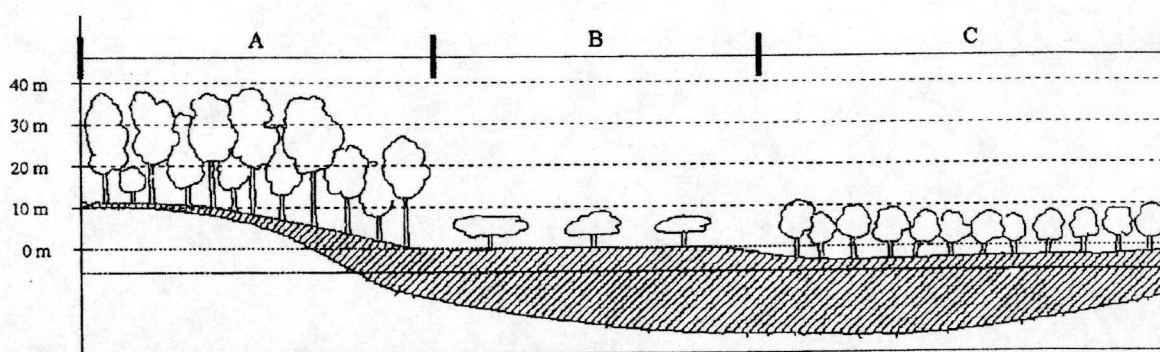


Figura 11. Perfil fisonómico y enclave de una sabana (Modificado de Miranda 1978). A: Selva alta o mediana subperennifolia, B: Sabana y C: Tintal La región rayada diagonalmente señala la presencia de suelo y/o las zonas de acumulación del mismo sobre la roca caliza (región no achurada).

Tintal

También es conocido como vegetación de bajos y es considerado por algunos autores como una selva baja subcaducifolia (en ocasiones mediana). El tintal se distribuye en prácticamente todo el Estado y es la vegetación característica de los suelos de tipo

Ak'alche. Se establece en substratos con afloramientos rocosos de hasta el 75% y, se encuentra principalmente relacionado con la selva alta o mediana subperennifolia (Figuras 11, 12 y 13). El elemento más frecuente y, en muchos casos dominante del estrato arbóreo (de ocho a 12 m.), es *Haematoxylon campechianum* (palo de tinte). Sin embargo, la altura y el aspecto del tintal y de sus especies asociadas son determinados por su ubicación relativa al fondo del bajo, por las condiciones edáficas del terreno y por la extensión del bajo ocupado. Así tenemos que, al Este del Estado, donde el tintal ocupa bajos no extensos, el palo de tinte se mezcla con otras especies que tienden a dominar y, de esta manera, formar zonas de transición a selva alta o mediana subperennifolia o a sabana. En otros casos, cuando el tintal se ubica en penilagunas costeras, se forman fases de transición a manglar por medio de *Avicennia nitida*. El tintal posee gran cantidad de especies trepadoras y epífitas. También se encuentra formado por especies arbóreas como *Bucida buceras* y *Eugenia hundertlii*, especies arbustivas como *Bumelia celastrina* e *Hyperbaena winzerlingii* y, especies herbáceas como *Eleocharis caribea* (Apéndice 1.7).

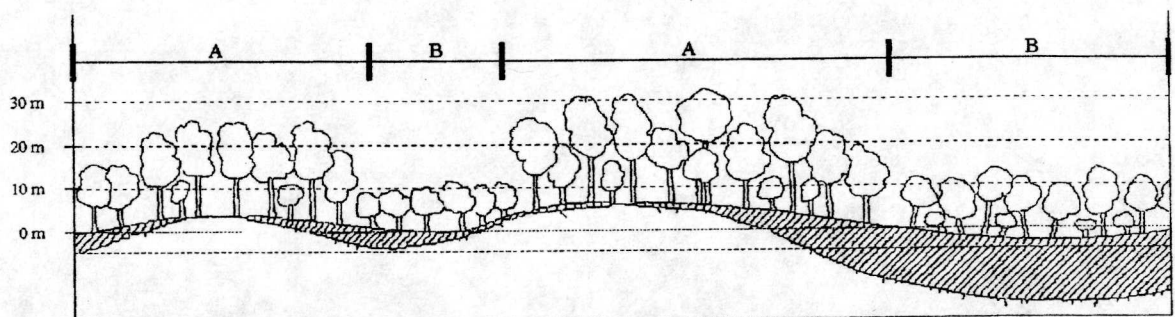


Figura 12. Perfil fisonómico y enclave de un tintal. (Modificado de Miranda 1978). A: selva alta o mediana subperennifolia y B: Tintal. La región rayada diagonalmente señala la presencia de suelo y/o las zonas de acumulación del mismo sobre la roca caliza (región no achurada).

Chechenal

Se encuentra en estrecha relación con la sabana y el tintal. En ocasiones también se le puede encontrar asociado a la selva alta o mediana subperennifolia, con la que, en esos casos, se entremezcla. Se establece en una gran variedad de terrenos y condiciones edáficas (Figura 13). Esto promueve diferentes manifestaciones de su fenotipo. Está representado por *Metopium brownei*, que alcanza su mejor desarrollo en terrenos planos con suelos profundos de buen drenaje. En estas condiciones llega a dominar el dosel con alturas de 35 hasta 40 m de altura. En suelos someros y anegables se le encuentra asociado con *Manilkara zapota*. En terrenos planos con mal drenaje alcanza alturas entre los 15 y 25 m y se le encuentra en asociación con *Bucida buceras*. El chechenal también se encuentra constituido por un estrato arbustivo, un estrato herbáceo y abundantes trepadoras y epífitas (Apéndice 1.8).

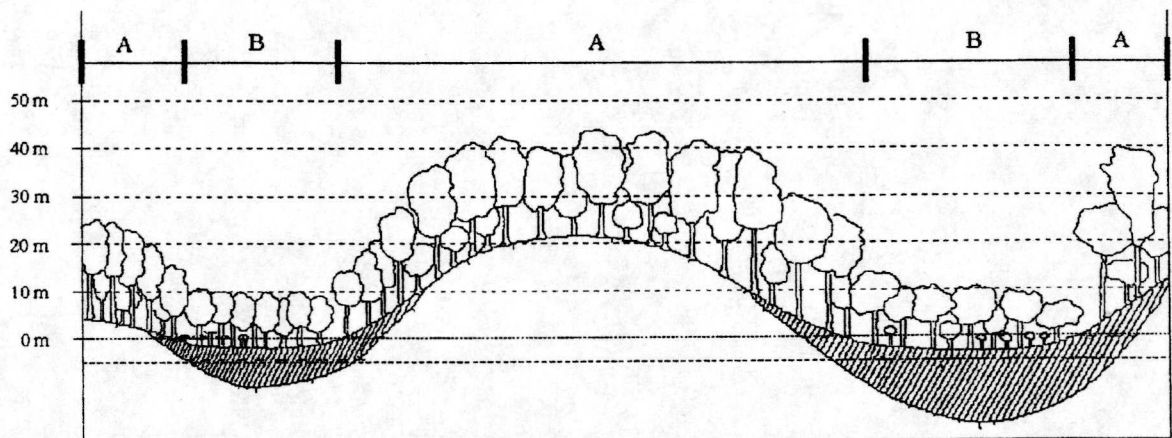


Figura 13. Perfil fisonómico y enclave de un chechenal (Modificado de Miranda 1978). A: Selva alta o mediana subperennifolia y B: Chechenal. La región rayada diagonalmente señala la presencia de suelo y/o las zonas de acumulación del mismo sobre la roca caliza (región no achurada).

Carrizal, sibal o saibal y Tular

Se distribuyen en prácticamente todo el Estado, siempre y cuando se cumplan las condiciones ambientales que estos tipos de vegetación requieren. Se desarrollan en ambientes similares caracterizados por suelos lodosos algo firmes, permanente o casi permanentemente anegados y con una cubierta de agua no mayor de 1.5 m de profundidad. Cubren grandes extensiones de pantanos, aguadas, esteros y penilagunas costeras. Suelen formar asociaciones puras o mezclas de *Phragmites australis* (carrizo), *Cladium jamaicense* (siba) y *Typha domingensis* (tule). Pueden presentar también un estrato arbustivo poco desarrollado constituido por *Thrinax radiata* y *Acoelorrhaphe wrightii*.

Popal

El popal crece en los fondos fangosos de los pantanos permanentemente anegados, cuya profundidad oscila entre los 0.5 y dos metros. Debido a sus requerimientos de humedad, la distribución del popal parece estar determinada por las condiciones climáticas (Figura 14). Por este motivo se le encuentra en las zonas más meridionales del Estado.

El popal está compuesto por especies como *Calathea insignis* (quequexte de puerco), *Calathea lutea* (hoja de chombo u hoja blanca), *Heliconia latispatha* (platanillo) y *Thalia geniculata* (kento'). Esta última forma ocasionalmente manchones puros. En las zonas circunvecinas, podemos encontrar elementos de *Bactris baculifera*. Dicha especie se puede desarrollar en las orillas de manera intercalada con el popal, o formando franjas.

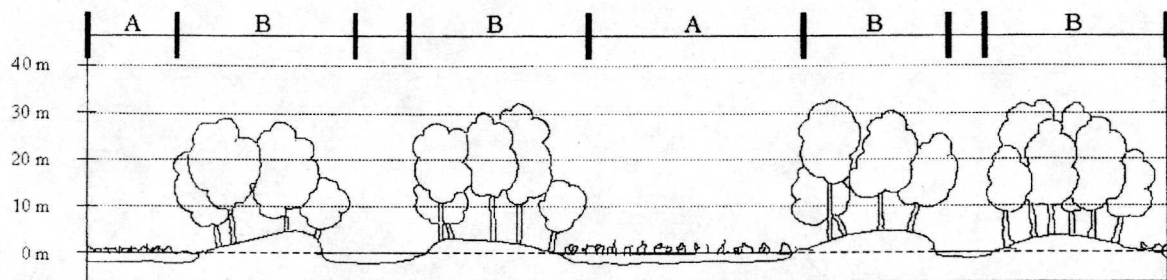


Figura 14. Enclave de un popal (Modificado de Miranda 1978). A: Popal ubicado en un pantano cerca de una zona ocupada por B: Selva mediana subperennifolia. La región rayada diagonalmente señala la presencia de suelo y/o las zonas de acumulación del mismo sobre la roca caliza (región no achurada).

Tasistal

El tasistal se distribuye por casi todo el Estado, donde se encuentren las condiciones ambientales para su desarrollo. Se establece en los bordes o islotes de pantanos permanentes, lagunas y corrientes superficiales de agua con flujo lento y constante (Figura 10). Ordinariamente, estas zonas presentan una cubierta de agua (dulce o salobre) que oscila entre los 0.5 y 1.5 m de profundidad. Crecen en los fondos de las hondonadas regularmente anegadas, incluso en áreas con temporadas secas muy cortas. El crecimiento del tasistal se produce en suelos de tipo Ak' alche. El tasistal está caracterizado por la especie *Acoelorrhaphe wrightii* (tasiste), palma que alcanza regularmente una altura entre los dos y ocho metros. También puede encontrarse asociado a *Bactris balanoidea* y, cuando el tasiste se presenta en la vecindad del manglar mixto, alterna generalmente con *Conocarpus erecta*. El estrato herbáceo está compuesto por especies como *Typha domingensis* y *Cladium jamaicense* (Apéndice 2.8).

Comunidad de *Pinus caribea* var. *hondurensis*

Se encuentra localizado en una única localidad ubicada al sudeste del Estado, muy próximo a la frontera con Belice. Según parece, esta comunidad tiene su origen en las comunidades de *Pinus caribea* var. *hondurensis* de este vecino país. Se desarrolla en terrenos bajos y que se tornan fangosos en época de lluvias (no se inundan). Sousa *et al.* (1982) lo relaciona con la vegetación de sabana.

5 Materiales y Métodos

5.1 Prototipos y eco-unidades

Con base en la disponibilidad de datos empíricos de crecimiento en diámetro y, de acuerdo con las descripciones botánicas y ecológicas de la Selva Mediana

Subperennifolia primaria y secundaria, se determinaron los tres prototipos (*Cecropia peltata*, *Swietenia macrophylla* y *Manilkara zapota*) que representaron a los grupos ecológicos correspondientes a heliófitas, hemisciófitas y esciófitas respectivamente.

Debido a la complejidad de las relaciones lógicas, se decidió darle seguimiento sólo a tres eco-unidades completas o incompletas, las cuales se establecieron una después de otra de manera anual, de acuerdo con el tiempo de incorporación.

5.2 Revisión del modelo

Se generó un modelo de compartimentos basado en ecuaciones de diferencia y ecuaciones lógicas, con un intervalo de iteración de tres meses, dentro de un rango de simulación de 360 años. Dicho modelo fue creado en el programa STELLA Research 5.1.1 para computadoras personales (High Performance System, 1998). La población de cada grupo ecológico fue simbolizada por una variable de estado ($N_{i,j,t}$) (Figura 15) que

representó el número de individuos dentro una misma clase de edad. El número de individuos almacenados en este compartimento es el resultado del proceso de supervivencia y mortalidad denotado por:

$$N_{i,j,t} = N_{i,j,t-1} + (INC_{i,j,t} - M_{i,j,t})\Delta t \quad (1)$$

Donde $N_{i,j,t}$ es el número de individuos del prototipo j en la eco-unidad i en el tiempo t , $INC_{i,j,t}$ es el número de árboles reclutados en el tiempo t y $M_{i,j,t}$ representa la mortalidad de prototipo j en la eco-unidad i en el intervalo de tiempo $t-1$ a t .

5.3 Descripción del modelo

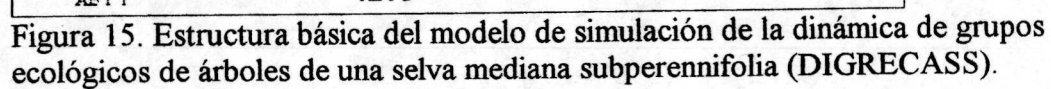
Tiempo corriente de la eco-unidad(t_{ij})

El tiempo corriente de la eco-unidad i del prototipo j es una variable externa que correspondió al tiempo vigente de la eco-unidad en años.

Esta variable fue disparada por un "gatillo", el cuál dependió de la presencia o ausencia del factor de supresión de árboles en incorporación $sINC_{i,j,t}$ y del tiempo de simulación (t), el cuál fue determinado bibliográficamente por la edad en la que el prototipo más longevo alcanza la senectud.

Tiempo de incorporación ($tINC_{i,j,t}$)

Variable binaria que indica la presencia o ausencia del evento de incorporación de árboles a la eco-unidad i .



Diámetro a la altura del pecho ($DAP_{ij,t}$)

El $DAP_{ij,t}$ es una variable dependiente del tiempo. Como su nombre lo indica, esta variable representó el diámetro del fuste (cm) que alcanzó el prototipo j en la eco-unidad i en el tiempo t , a 1.5 metros del suelo. Se obtuvo a partir de datos encontrados en la literatura para cada uno de los prototipos en condiciones de plantación y de selva alterada (Cuadro 6)

Cuadro 6. DAP de los fustes de distintas edades de *Cecropia peltata*, *Swietenia macrophylla* y *Manilkara zapota*.

Edad (años)	DAP del fuste (cm)
<i>Cecropia peltata</i> (Prototipo 1)	
2.00	7.5
4.75	10.9
7.70	14.5
13.75	16.6
17.5	17.7
<i>Swietenia macrophylla</i> (Prototipo 2)	
1	2.5
2	4.5
4	9.0
6	16.0
10	24.0
15	35.0
20	47.0
25	65.0
<i>Manilkara zapota</i> (Prototipo 3)	
1	1
15	12
37	15
58	25
75	30
124	45

Fuente: Caballero, 1947; Tejeda, 1966; Juárez, 1988; Lamprecht, 1990; Sosa, 1997; García, 1998.

Para cada grupo de datos se realizó un análisis de regresión con el fin de aproximar el valor del $DAP_{ij,t}$ de forma anual (Figuras 16, 17 y 18). Para esto se definió el tipo de crecimiento de acuerdo con la tendencia de los datos (Drapper y Smith, 1981), así como con la estrategia de vida y con el temperamento de cada prototipo. El $DAP_{ij,t}$ máximo que pudo alcanzar cada prototipo se estableció al tomar como referencia la información encontrada en la bibliografía.

Según la teoría de claros, el incremento en diámetro o en altura depende de la disponibilidad de recursos ofrecida por los claros (especialmente luz). Según Martínez-Ramos (1985) y Brokaw (1990) la presencia de claros pequeños en el dosel ocasionados por la caída de ramas es frecuente. En el modelo se asumió la generación frecuente de este tipo de claros que permitieron el crecimiento constante de los árboles. También se asumió que, independientemente del prototipo, para el mismo $DAP_{ij,t}$ se presentan las mismas alturas (posición social). Así mismo, se dio por hecho que el aumento en $DAP_{ij,t}$ implicó un aumento previo de la altura (Del Amo y Nieto, 1985). Esto se fundamentó con la respuesta ecofisiológica que presentan brinzales y juveniles de heliófitas, esciófitas y de hemisciófitas. Las pioneras mantienen ganancias de altura y diámetro troncal elevadas (Bazzaz y Pickett, 1980), mientras que las esciófitas y hemisciófitas, luego de estar sometidas a condiciones desfavorables de luz, aseguran el crecimiento en altura antes que en diámetro (Richards y Williamson, 1975). La decisión de tomar el $DAP_{ij,t}$ como variable indicadora del crecimiento en altura, se fundamentó en el hecho que el $DAP_{ij,t}$ está determinado por la actividad cambial, la cual es a su vez considerada como el mejor parámetro indicador de la vitalidad y actividad del árbol. Así mismo el incremento en diámetro no sólo es influenciado por las condiciones ambientales, sino también por la posición social del árbol (Oldeman, 1987).

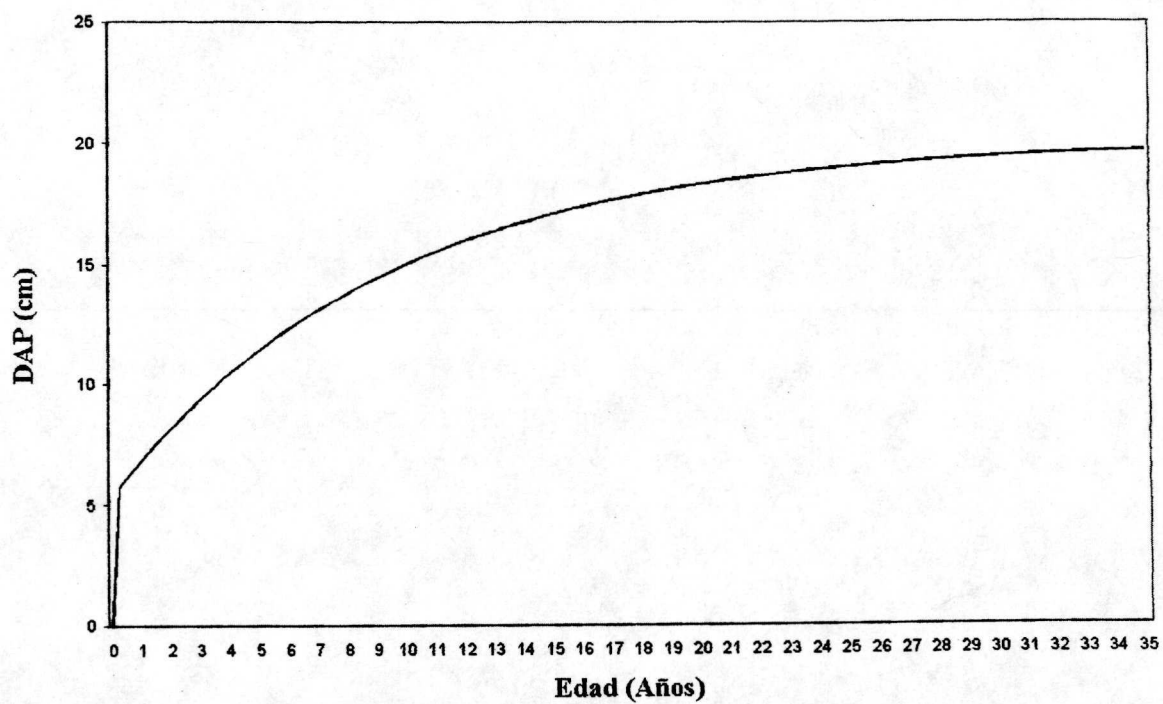


Figura 16. Tendencia del incremento anual del DAP (cm) de *Cecropia peltata*.

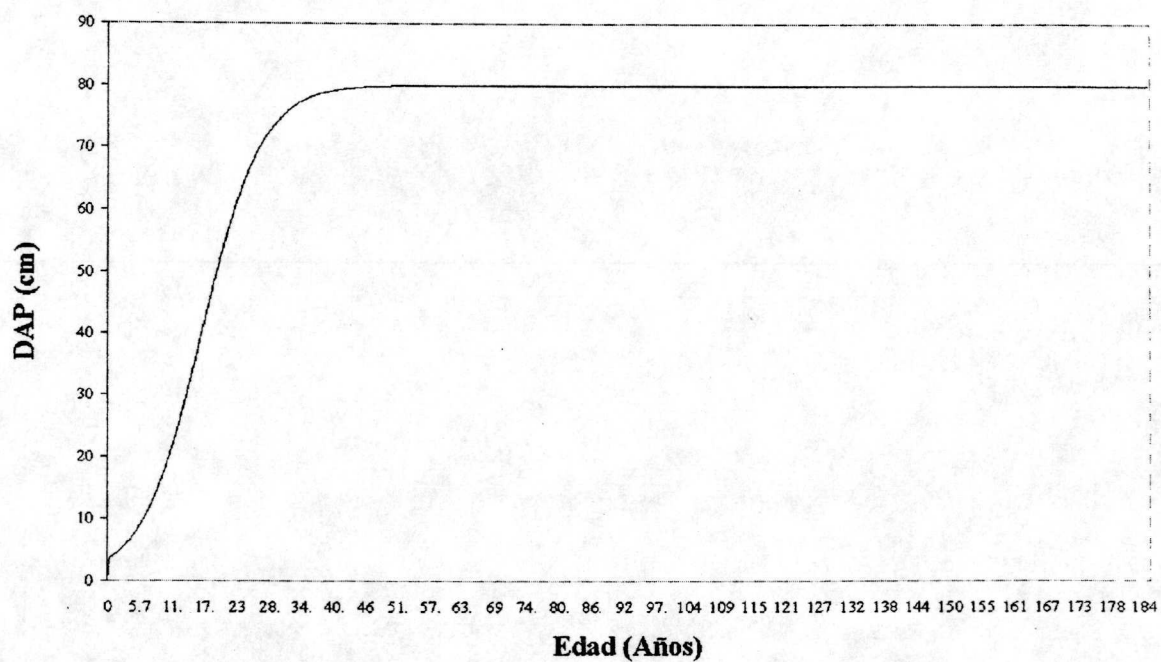


Figura 17. Tendencia del incremento anual del DAP (cm) de *Swietenia macrophylla*.

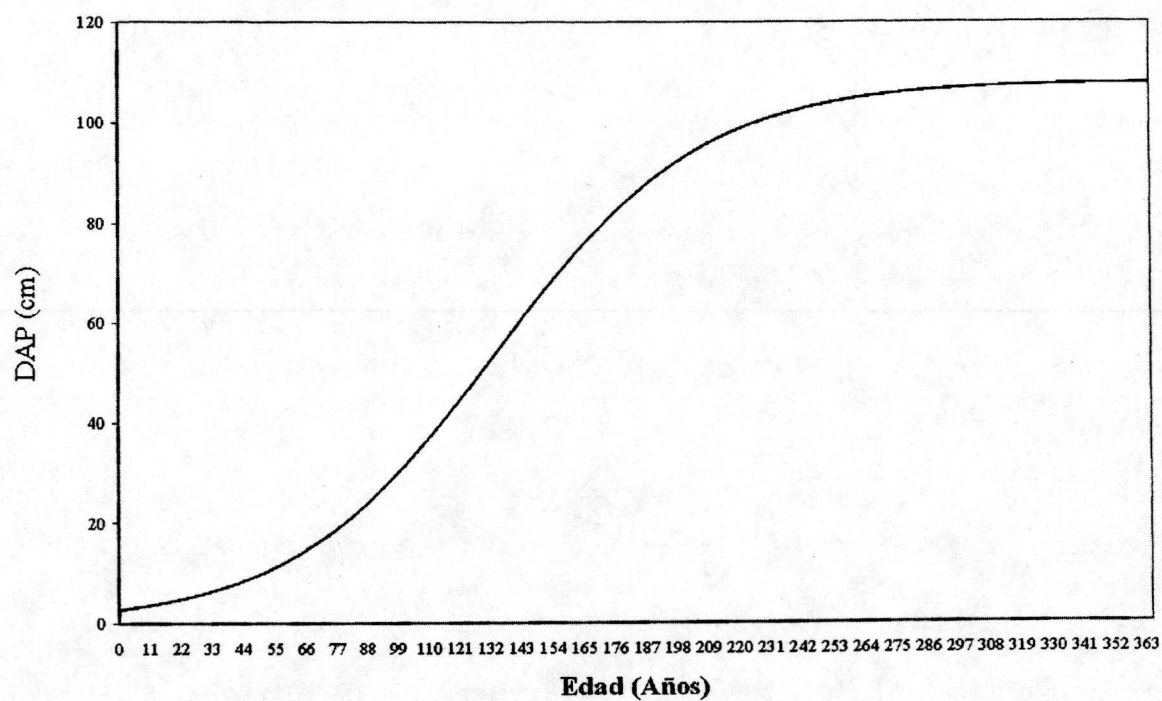


Figura 18. Tendencia del incremento anual del DAP (cm) de *Manilkara zapota*.

Factor de eliminación ($E_{ij,t}$)

El factor de eliminación ($E_{ij,t}$) es una variable dependiente del tiempo e independiente del prototipo. Se definió como el número de árboles tolerables por m^2 (Demadze, 1988).

Si la distancia entre un árbol y su competidor era más pequeña que la tolerable (Cuadro 7), se eliminó el competidor. Este cálculo se realizó asumiendo que los individuos de un mismo prototipo tuvieron la misma tasa de crecimiento, por lo que todos los $DAP_{ij,t}$ del prototipo j en el tiempo t_{ij} son iguales.

Cuadro 7. Número de árboles tolerables por m^2 de acuerdo con el DAP.

DAP (cm)	Número de árboles tolerables por m^2
2.25	2.25
7.25	0.56
12.25	0.25
17.25	0.14
22.25	0.09
27.25	0.06
32.25	0.04
37.25	0.03

Fuente: Modificado de Demadze, 1988

Arboles tolerables ($TO_{ij,t}$)

El número de árboles tolerables del prototipo j ($TO_{ij,t}$) es una variable auxiliar. Permitió el ajuste del número de árboles determinados en el factor de eliminación ($E_{ij,t}$) de acuerdo con la superficie ocupada por cada prototipo.

Factor de supresión de árboles en incorporación ($sINC_{ij,t}$)

El factor de supresión de árboles en incorporación ($sINC_{ij,t}$) es una variable binaria dependiente de t_{ij} , $N_{ij,t}$, $TO_{ij,t}$ y $DAP_{ij,t}$. Se definió como la presencia o ausencia de factores que determinaron la incorporación de la población del prototipo j en el tiempo

t_{ij} (Cuadro 8). En el modelo estos factores fueron fijados por la presencia o ausencia de un estrato superior cerrado al que ocupó el prototipo j en el tiempo t_{ij} .

La presencia de un estrato superior cerrado se estableció a dos niveles. El primero, con la determinación de la existencia de un estrato superior por medio de la comparación de los $DAP_{i,j,t}$ y los $DAP_{i+1,j+1,t}$ (Figura 15).

Cuadro 8. Reglas básicas aplicadas en la supresión de la incorporación de *Cecropia peltata*, *Swietenia macrophylla* y *Manilkara zapota*.

Prototipo	Condición para la supresión
<i>Cecropia peltata</i>	Existencia de prototipos en estrato superior con dosel cerrado
<i>Swietenia macrophylla</i>	Ninguna
<i>Manilkara zapota</i>	Existencia de prototipos en estrato superior con dosel abierto
	Ausencia total de estratos superiores

El segundo nivel con la determinación de estado de apertura del dosel. Para esto se realizó la comparación de los $N_{i,j,t}$ y los $TO_{i,j,t}$. Por medio de su comparación se determinó la presencia o ausencia de competencia en el estrato superior al que presenta el prototipo j en el tiempo t_{ij} . La presencia de un mayor número de árboles $N_{i,j,t}$ con respecto al número de árboles tolerables $TO_{i,j,t}$, implicó la presencia de competencia en el dosel, lo que a su vez denotó el cierre del estrato en cuestión.

Superficie de análisis ($Su_{i,j,t}$)

Es la variable que indica la superficie en m^2 en la que se estableció el prototipo j de la eco-unidad i en el tiempo t . El valor establecido para $Su_{1,1,t}$, es constante ($10,000 m^2$) y a

partir de él se calculó el área disponible para el establecimiento de todos los prototipos en las eco-unidades consecutivas. A partir del valor de $Su_{i,j,t}$ se calculó para cada prototipo la parte proporcional ($ppINC_{i,j,t}$) de individuos que se incorporaron en las eco-unidades siguientes.

Número de árboles potenciales para incorporarse (PRT_j)

Es una constante. En ella se establece la cantidad de individuos potencialmente incorporables.

Incorporación ($INC_{i,j,t}$)

Variable dependiente del tiempo ($t_{i,j}$), del número de árboles potenciales para incorporarse (PRT_j) y de la proporción de árboles en incorporación ($ppINC_{i,j,t}$). Se definió como el número de árboles en incorporación del prototipo j de la eco-unidad i en el tiempo t en la superficie $Su_{i,j}$.

Factor de supresión de arboles establecidos($sEST_{i,j,t}$)

El factor de supresión de árboles establecidos ($sEST_{i,j,t}$) es una variable binaria dependiente de $t_{i,j}$, $N_{i,j,t}$, $TO_{i,j,t}$ y $DAP_{i,j,t}$. Se definió como la presencia o ausencia de factores que determinaron la eliminación de la población del prototipo j en el tiempo $t_{i,j}$. A diferencia de $sINC_{i,j,t}$, estos factores no sólo fueron fijados por la presencia o ausencia de un estrato superior cerrado al que presenta el prototipo j en el tiempo $t_{i,j}$, sino también por el tiempo que persistió esta condición (Cuadro 9).

Cuadro 9. Reglas básicas aplicadas en la supresión de árboles establecidos de *Cecropia peltata*, *Swietenia macrophylla* y *Manilkara zapota*.

Prototipo	Condición para la supresión
<i>Cecropia peltata</i>	Existencia de prototipos en estrato superior con dosel cerrado
<i>Swietenia macrophylla</i>	Existencia de prototipos en estrato superior con dosel cerrado por más de diez años
<i>Manilkara zapota</i>	Existencia de prototipos en estrato superior con dosel abierto antes de los diez años Ausencia total de estratos superiores antes de los diez años

Debido a la carencia de información empírica sobre el tiempo de tolerancia mínimo o máximo bajo la presencia de uno de estos factores de supresión, se tomó uno equivalente a diez años (Cuadro 9).

Aclareo ($TAC_{ij,t}$, $PAC_{ij,t}$, $QAC_{ij,t}$ y $AC_{ij,t}$)

Denotado por $AC_{ij,t}$, es la variable que representó la estrategia de aclareo aplicada sobre el prototipo j en el tiempo t para la eco-unidad i . Dependió de manera directa de la presencia del evento $PAC_{ij,t}$ (variable binaria), del tiempo (en años) en el que se aplique este tratamiento $TAC_{ij,t}$ y de la cantidad (%) de árboles afectados.

Mortalidad ($M_{ij,t}$)

Se representó con la transferencia de material a un sumidero. La mortalidad ($M_{i,t}$) es la pérdida de organismos del prototipo j de la eco-unidad i en el tiempo t . La variable $M_{ij,t}$ es dependiente del número de individuos $N_{ij,t}$, del factor de supresión $S_{ij,t}$, del número de árboles tolerables ($TO_{ij,t}$), de la presencia o ausencia de aclareo ($AC_{i,t}$), así como de la

edad máxima que pudo alcanzar el prototipo j . Estos eventos determinaron la pérdida parcial de organismos (eliminación ocasionada por competencia), o la pérdida total de organismos (eliminación ocasionada por su ciclo de vida, tolerancia y/o tratamiento silvícola). $M_{i,j,t}$ se encuentra definida por la siguiente ecuación lógica general:

$$M_{i,j,t} = \text{if } (sEST_{i,j,t} = 1 \text{ or } t_{i,j,t} = e_{\max}) \text{ then } N_{i,j,t} \text{ else } (\text{if not } (AC_{i,j,t} = 0) \text{ then } (AC_{i,j,t} \times N_{i,j,t}) \text{ else } (N_{i,j,t} - TO_{i,j,t})) \quad (2)$$

Donde $e_{\max}$ representa la edad máxima que puede alcanzar el prototipo i .

La edad máxima que puede alcanzar un prototipo se relacionó con el tiempo de vida promedio de los individuos pertenecientes a uno u otro prototipo. La asignación de dicha edad fue arbitraria y se tomaron como referencias diferentes de fuentes bibliográficas (Caballero, 1947; Tejeda, 1966; Lamprecht, 1990; Pennington y Sarukán 1998; Glogiewicz, 1998). Es importante señalar que, en el presente modelo, se asumió la ausencia de depredación, parasitismo, enfermedad y eventos distintos a la competencia que pudieron afectar la supervivencia.

5.4 Evaluación del modelo

La evaluación del modelo consistió en la realización de una serie de simulaciones destinadas a valorar el comportamiento general del modelo. La evaluación se dividió en cuatro etapas.

5.4.1 Evaluación de la dinámica de incorporación

Debido a que la incorporación de individuos del prototipo 1 y 3 debe verse afectada por la alta o baja densidad del dosel, se procedió a realizar dos grupos de una y dos simulaciones diferentes en las que se establecieron densidades que aseguraron la apertura y el cierre del dosel de las eco-unidades 1 y 2. La primera simulación bajo condiciones de dosel cerrado (primer grupo) se realizó con una densidad de 10,000 ind./ha para prototipo 1. Junto a esta condición se decretaron densidades de 1,000 ind./ha para los prototipos 2 y 3. En la segunda simulación de este grupo se estableció una densidad arriba de los 15,000 ind./ha para el prototipo 2. Además se fijaron densidades de 1,000 ind./ha para los prototipos 1 y 3. La simulación bajo condiciones de dosel abierto (segundo grupo) se corrió con una densidad de 1,000 ind./ha para los prototipos 1, 2 y 3.

5.4.2 Evaluación de la supervivencia y mortalidad

Para esta etapa se establecieron cuatro simulaciones representativas orientadas a verificar el comportamiento general de la mortalidad en el sistema ante los factores denso-dependientes y el tiempo. En la primera simulación de esta etapa se fijó una densidad de 10,000 ind./ha del prototipo 1. Así mismo se eligió una densidad de cero ind./ha para los prototipos 2 y 3. La segunda simulación se realizó con una densidad de 10,000 ind./ha para el prototipo 2, junto con la ausencia de elementos de los tipos 1 y 3. La tercera simulación se efectuó con una densidad de 10,000 ind./ha para el tipo 1 y 5,000 ind./ha para los prototipos 2 y 3. Se llevó a cabo la cuarta simulación con densidades de 1,500 ind./ha del prototipo 1 y 500 ind./ha de los prototipos 2 y 3.

5.4.3 Evaluación de la dinámica del crecimiento y sucesión

En esta parte del trabajo se analizó el comportamiento de la sucesión establecida en todas las simulaciones anteriores. En la única simulación realizada en esta etapa se estableció una densidad de 10,000 ind./ha del tipo 1, 7,000 ind./ha del prototipo 2 y 2,000 ind./ha del prototipo 3.

5.5 Análisis del sistema bajo manejo

Para ésta etapa se fijó arbitrariamente una densidad inicial de 10,000 ind./ha del prototipo 1, junto con la presencia de 7,000 ind./ha del tipo 2 y 2,000 ind./ha del tipo 3. Con esta composición de grupos ecológicos se procedió a realizar una serie de simulaciones orientadas a analizar la tolerancia de los distintos prototipos al manejo multi-objetivo. Así mismo se evaluaron alternativas a esta propuesta de manejo.

6 Resultados

6.1 Evaluación del modelo

6.1.1 Evaluación de la dinámica de incorporación

Los resultados de las simulaciones indican que, bajo condiciones de dosel cerrado, el prototipo 1 es incapaz de establecerse en alguna de las eco-unidades. Esto concuerda con las observaciones de Lamprecht (1990) con relación a los altos requerimientos de luz para el establecimiento de especies heliófitas. La gran capacidad de incorporación mostrada por los individuos del prototipo 1 bajo condiciones de dosel abierto tiene concordancia con las condiciones favorables de luz referidas por Vázquez-Yanes (1980a,b) y Martínez-Ramos (1985a). A su vez, estas se relacionan con las características fotoblásticas presentes en las semillas de las especies heliófitas (Vázquez-Yanes y Smith, 1982; y Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1985).

Las simulaciones demuestran que el prototipo 3, durante los tres años, tuvo gran capacidad de establecimiento bajo condiciones de dosel cerrado, mientras que esta capacidad es nula en condiciones de apertura del dosel. Este comportamiento se ajusta a las características descritas por Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes (1985) y Lamprecht (1990) para las especies esciófitas. Ambos autores señalan la necesidad de sombra en las etapas tempranas de su crecimiento.

La sensibilidad del modelo ante condiciones que limitan la incorporación quedó establecida en la primera simulación del primer grupo. Los resultados indican que con una densidad de 10,000 ind./ha del prototipo 1, el establecimiento de individuos del prototipo 3 se retrasó hasta el segundo trimestre de establecido el primero (Figura 19). Esto se debió a que, luego del establecimiento de los árboles pioneros, se generaron las condiciones necesarias para el establecimiento de las plantas características de etapas serales tardías (prototipo 3) (Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes, 1985; y Vázquez-Yanes y Guevara, 1985).

El establecimiento de individuos del prototipo 2 no se vio afectado por la densidad de los prototipos 1 y 3. Este comportamiento fue el esperado pues las especies que conformaron este grupo son hemisciófitas. Este tipo, de acuerdo con las características establecidas por Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes (1985), Vázquez-Yanes y Guevara (1985), Oldeman (1986), Lamprecht (1990) y Pennington y Sarukhán (1998), responde con un crecimiento agresivo a dosel abierto, o con cierta tolerancia a la sombra en sus primeros años de vida.

6.1.2 Evaluación de la supervivencia y mortalidad

Los resultados de la primera y segunda simulación concordaron con las observaciones realizadas por Tejeda (1966), Lamprecht (1990) y Pennington y Sarukhán (1998), en cuanto a la edad máxima de vida estimada para los tipos 1, 2 y 3.

La tercera simulación puso en evidencia sensibilidad del modelo para representar la mortalidad ante condiciones de competencia por luz en el dosel. Bajo las condiciones de densidad establecidas en ésta simulación, el prototipo 1 establecido en la eco-unidad 1

no logró alcanzar su edad máxima de vida, ya que el prototipo 2 de la misma eco-unidad ganó el dosel a los ocho años nueve meses, por lo que se produjo la muerte de la población del prototipo 1. Un comportamiento similar se observó a los 173 años con tres meses, cuando se produce la muerte del prototipo 2 debido a que fue superado en altura (sombreado) por el prototipo 3. Estos comportamientos se ajustaron a las observaciones teóricas establecidas por Vázquez-Yanes y Guevara (1985).

Durante el desarrollo de estas simulaciones también se reconoció la sensibilidad del modelo para evaluar el efecto adverso de la permanencia prolongada (más de 10 años) del prototipo 2 bajo el dosel. Con las condiciones de densidad citadas para la tercera simulación, los prototipos 2 que crecieron en las eco-unidades 2 y 3 perdieron el total de sus poblaciones a los 10 años con tres meses de establecidos (equivalente a los 11 años con tres meses y 12 años con tres meses de generado el claro). Al variar la densidad del prototipo 1 de 10,000 ind./ha a 1,500 ind./ha y disminuir la densidad del tipo 2 hasta 500 ind./ha (cuarta simulación), se pudo observar que las poblaciones del prototipo 2 de las eco-unidades 2 y 3 son capaces de permanecer con vida hasta los 14 años nueve meses de edad (13 años nueve meses y 12 años nueve meses de generado el claro). Este temperamento es descrito por Lamprecht (1990) para los prototipos 2. En él se establece que las especies hemisciófitas toleran la sombra sólo durante los primeros años de vida, luego de los cuales, se tornan demandantes de luz. También se observó que la dinámica general de la mortalidad se ajusta a lo observado por autores como Uhl y Murphy (1981), Ng (1983), Córdova (1985), Del Amo (1985), Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes (1985), Oldeman (1986), Hubbell y Foster (1987) y Putz y Milton (1990). En dichas observaciones se establece que la mayor proporción de individuos muertos entran en las primeras categorías de vida.

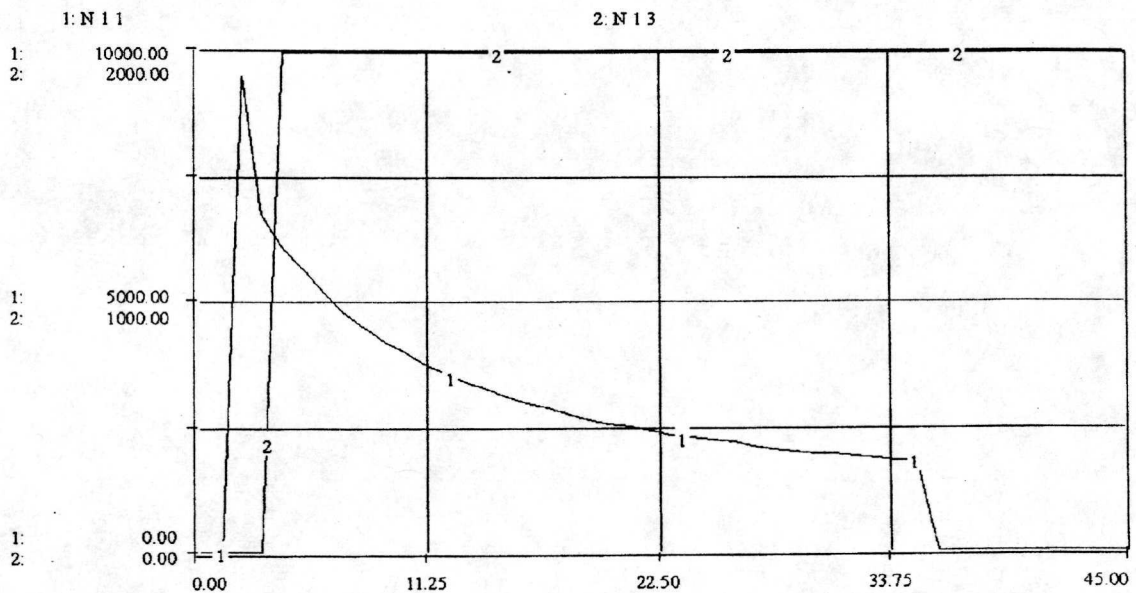


Figura 19. Establecimiento de individuos del prototipo 3 bajo el dosel protector.

A pesar de que autores como Piñero y Sarukán (1982) y Núñez-Farfán y Dirzo (1985) atribuyen este comportamiento a factores de depredación, lesiones físicas y herbivoría, en el caso del presente modelo comprobamos el mismo comportamiento únicamente bajo condiciones de competencia interespecífica por espacio y luz (factores denso dependientes cuyo comportamiento también fue revisado por Liu y Ashton, 1995). Se pudo reconocer el efecto de estabilidad aparente, determinado por la presencia de árboles de gran talla (Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes, 1985). Esta estabilidad aparente y transitoria es ocasionada por la menor tasa de crecimiento y de mortalidad presente en los individuos de avanzadas categorías de edad.

6.1.3 Evaluación de la dinámica de crecimiento y sucesión

A partir de los resultados obtenidos de la simulación correspondiente a esta etapa y a las etapas anteriores, se pudo observar en el modelo una velocidad de crecimiento constante. Dicho crecimiento fue el esperado desde que se asumió la ocurrencia frecuente de pequeñas aperturas en el dosel que permitieron correr el mecanismo de crecimiento. Como consecuencia de lo anterior el modelo no permitió evaluar la dinámica sucesional a la luz de la teoría de la suspensión del crecimiento (Richards, citado por Miranda, 1978). A la vez esto restó sensibilidad en el modelo bajo condiciones de dosel cerrado y ocasionó una regeneración acelerada. No obstante, la dinámica de crecimiento y regeneración de los prototipos se ajustó a los modelos conceptuales propuestos por Gómez-pompa y Vázquez-Yanes (1985), Lamprecht (1990) y Finegan (1992) (Figura 20).

De los resultados obtenidos en la simulación se pudo observar que, de manera general, el modelo tendió a poseer un gran número de individuos en las etapas juveniles, lo cuál concuerda con las observaciones realizadas por Swaine (1989) y Felfili (1997). Estos individuos pertenecieron a los tipos 1 y 2 en condiciones de baja densidad y/o en los primeros meses de la regeneración. Bajo el dosel y, en condición de alta densidad, estuvieron formados por los tipos 2 y 3 y constituyeron la regeneración de avanzada (Martínez-Ramos, 1995). Los prototipos 2 que se encontraron en esta regeneración fueron reemplazados en ciclos de 10 años después de su establecimiento, lo que indica el gran dinamismo de este tipo dentro de la regeneración. En el modelo, el comportamiento de esta dinámica bajo el dosel impidió que los árboles del tipo 2 alcanzaran diámetros

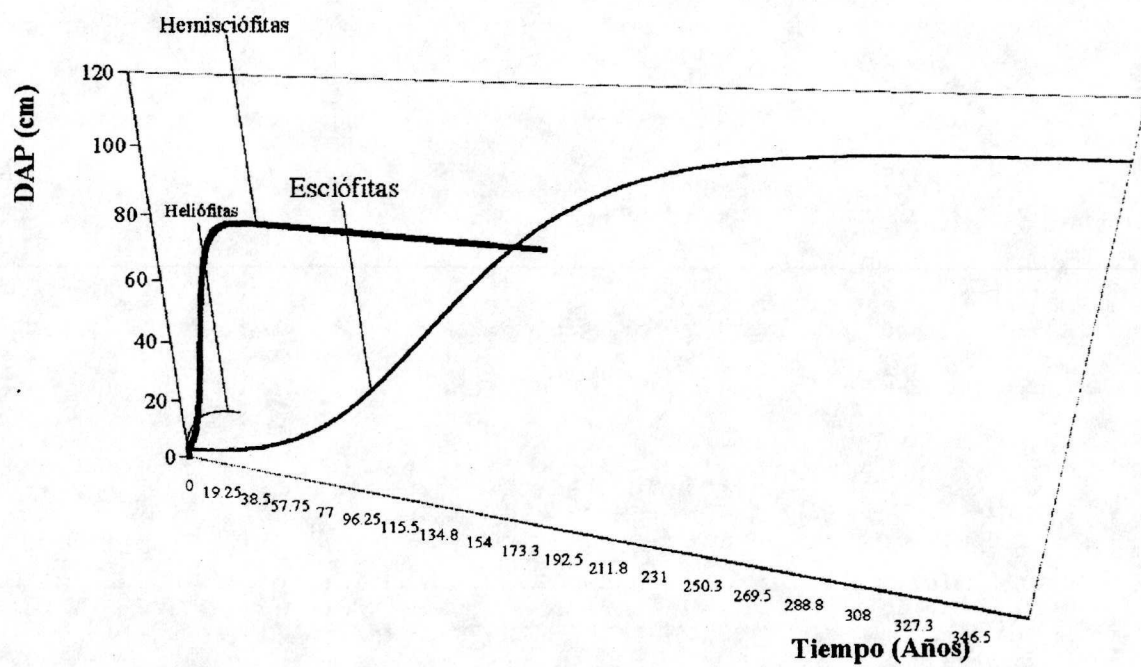


Figura 20. Modelo conceptual de la dinámica general de crecimiento y regeneración.

mayores a los 17.85 cm. A su vez, esto reflejó un posible estancamiento de la altura equivalente. Dicha situación generó a largo plazo un rezago en el crecimiento del grupo de las hemisciófitas frente al de las esciófitas establecidas en años anteriores. Los elementos del prototipo 3 (esciófitas), debido a su alta tolerancia en condiciones de dosel cerrado, permanecieron presentes a lo largo de la simulación. De acuerdo con esta propensión, una vez que la primera generación alcance el dosel, será sucedida por la siguiente generación de prototipos 3. Así se formarán estratos consecutivos de elementos del grupo de las esciófitas. Siguiendo esta dinámica, para que el prototipo 2 alcance nuevamente el dosel necesitará claros que ocasionen la eliminación de los estratos superiores al tipo 3. Esta observación apoya la teoría de claros revisada por autores como Hartshorn (1978), Oldeman (1978) y Witmore (1978).

Otro de los procesos reconocidos en el modelo fue el de cicatrización (Gómez-pompa y Vázquez-Yanes, 1985; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1985; Oldeman, 1987; Brokaw, 1990; y Finegan, 1992). En condiciones de baja densidad, como la establecida para la cuarta simulación del capítulo anterior, las especies pioneras (prototipo 1) y las hemisciófitas (prototipo 2) mostraron un gran dinamismo encaminado a cerrar el claro (Figura 21).

6.2 Análisis del sistema sin manejo y bajo manejo

Los resultados de la simulación resaltaron la importancia de la densidad como factor predominante en la regulación de la dinámica sucesional. La presencia o ausencia de los distintos prototipos estuvo relacionada con sus niveles de tolerancia a la sombra. Bajo condiciones de ausencia de manejo, en el modelo se reconoció la falta de individuos del prototipo 1 en las etapas maduras de la selva. Así mismo se reconoció el absentismo de

individuos del prototipo 2 mayores de 18.51 cm de DAP, luego de que la primera generación de tipos 2 alcanzara el dosel. Esta situación parece indicar que en una selva no perturbada se presenta una distribución no balanceada de clases diamétricas de individuos del tipo 2. La regeneración de avanzada se vio conformada por generaciones de elementos del prototipo 2 no mayores de 10 años de edad, así como generaciones de especies esciófitas (tipo 3) de todas las edades.

Las esciófitas, por su persistencia en la sombra, tienen una mayor probabilidad de alcanzar el dosel cuando las especies de crecimiento agresivo ya no estén presentes.

El manejo multi-objetivo de la selva en sus primeras etapas de regeneración mostró incompatibilidad entre los tres prototipos. Las simulaciones realizadas mostraron la posibilidad crear un manejo encaminado a lograr una distribución balanceada de clases diamétricas de especies heliófitas y hemisciófitas (Figura 22). Dicho manejo no permitió la regeneración de individuos de especies esciófitas (prototipo 3). En ocasiones se logró observar la incorporación de tolerantes a la sombra, sin embargo estos individuos no prosperaron por la frecuente apertura de claros (Figura 22). Esta situación se explicó por las similitudes y diferencias entre los temperamentos presentados por los distintos grupos ecológicos de árboles, así como por sus relaciones de denso dependencia. Los individuos del prototipo 1 requieren de claros en el dosel para poder incorporarse. De la misma forma los individuos del prototipo 2 los requieren para incrementar su esperanza de vida. Por el contrario las especies esciófitas los deben evitar durante sus primeros años para aumentar la esperanza de vida en esta etapa. Estas diferencias determinan la sensibilidad y vulnerabilidad del proceso de sucesión ante la intensidad y frecuencia de las perturbaciones.

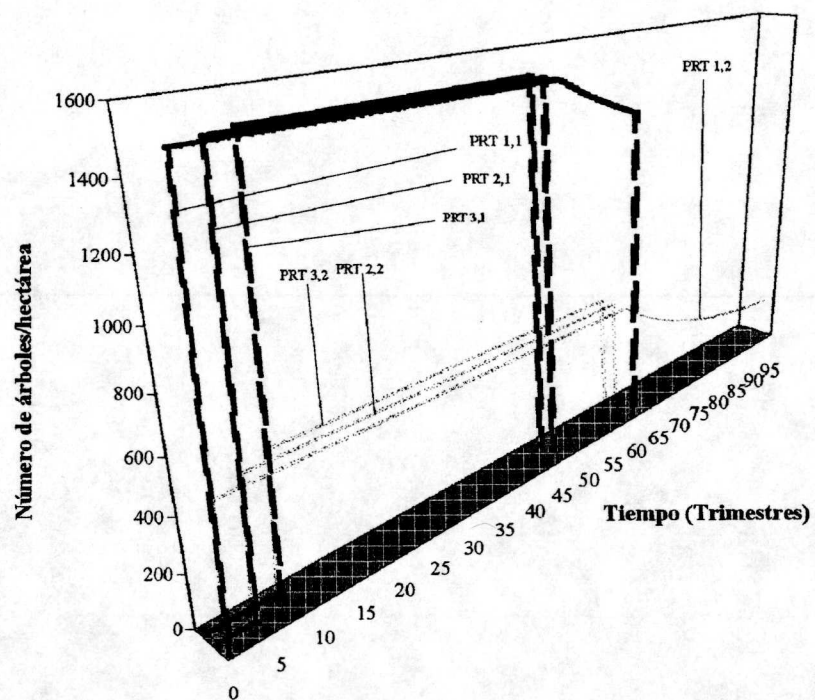


Figura 21. Incorporación de individuos del prototipo 1 de la eco-unidad 2 y 3 encaminada a cerrar el claro (cicatrización).

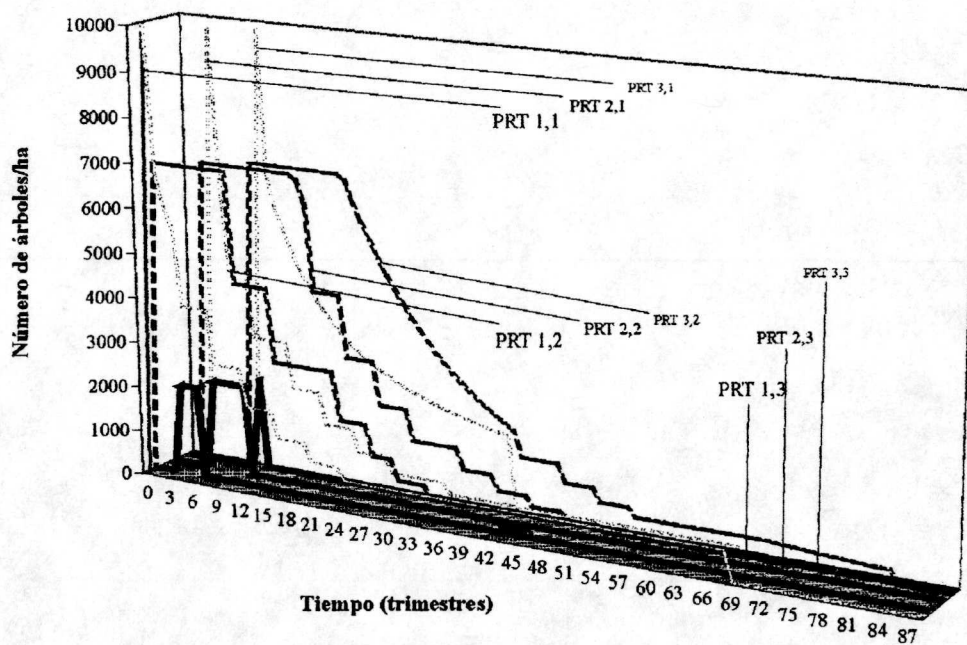


Figura 22. Dinámica de la sucesión bajo un manejo con disturbio intensivo. Se observa la reacción favorable de los prototipos 1 y 2. El tipo 3 eventualmente logra establecerse pero no prospera.

El manejo (liberación) encaminado a promover el crecimiento y supervivencia de los individuos del prototipo 2 implicó un gran esfuerzo cuando se aplicó a la selva en sus primeras etapas de regeneración (Figuras 23 y 24). El agresivo crecimiento del prototipo 1 (heliófitas) provocó recurrentemente el cierre del estrato superior (cicatrización), lo que hizo de las primeras labores de liberación fueran un fracaso. Así, con un decremento en la densidad o un aumento en el tamaño de los claros, los individuos del prototipo 2 son sometidos a la fuerte competencia generada por las especies heliófitas (prototipo 1). En el modelo se prevé que para lograr una liberación exitosa del prototipo 2, ésta debe realizarse cuando él alcance un diámetro mínimo de 5.92 cm (tres años seis meses de edad) (Figura 24). Estas dos últimas experiencias dieron una clara idea del gran dinamismo en la sucesión y procesos de regeneración de la selva ante condiciones de perturbación constante.

A partir de las observaciones realizadas, es evidente la diferencia en composición y estructura relativa de los tres prototipos de una selva mediana secundaria madura no perturbada y aquella que es manejada (o sufre algún tipo de perturbación).

Las selvas secundarias donde se manejaron a los prototipos 2 y 3 pueden mostrar en alguna de sus etapas intermedias mayor similitud estructural con las selvas no perturbadas. Sin embargo la búsqueda de incorporación sostenida y de mayores tasas de supervivencia para los individuos del prototipo 2 promovió que la selva regresara en menor tiempo a sus etapas sucesionales iniciales (hecho desfavorable para las especies esciófitas). De esta manera nuevamente se promovió la diferenciación entre los estados no perturbados y perturbados.

En las simulaciones, durante el desarrollo de todo el proceso sucesional, las densidades de los distintos prototipos jugaron un papel determinante en la estructuración de la selva.

Gracias a este efecto y, debido a que la selva presentó varias etapas de aparente equilibrio en las densidades de algún prototipo, se pudo explicar el fenómeno de estabilidad aparente, el cuál solo es una etapa temporal del ciclo sucesional.

El atributo reconocido en todas las simulaciones realizadas fue la posibilidad de representar la sucesión de manera vertical por medio de la simulación, e interpretación, de procesos ocurridos en la escala horizontal. Esto permitió evaluar acertadamente los procesos denso-dependiente que rigen la dinámica de la selva.

No obstante la bondad del modelo para predecir la dinámica sucesional de grupos ecológicos de árboles tropicales, este no pudo ajustar el número de individuos reportados en los diferentes inventarios revisados. Esta situación se atribuye (1) a la carencia de datos fidedignos para ajustar las curvas de crecimiento de los prototipos seleccionados; (2) a la carencia de datos que muestren las respuestas del crecimiento de los prototipos esciófitos y hemisciófitos seleccionados ante las condiciones de luz y sombra; y, (3) a la carencia de datos de competencia de árboles bajo condiciones normales.

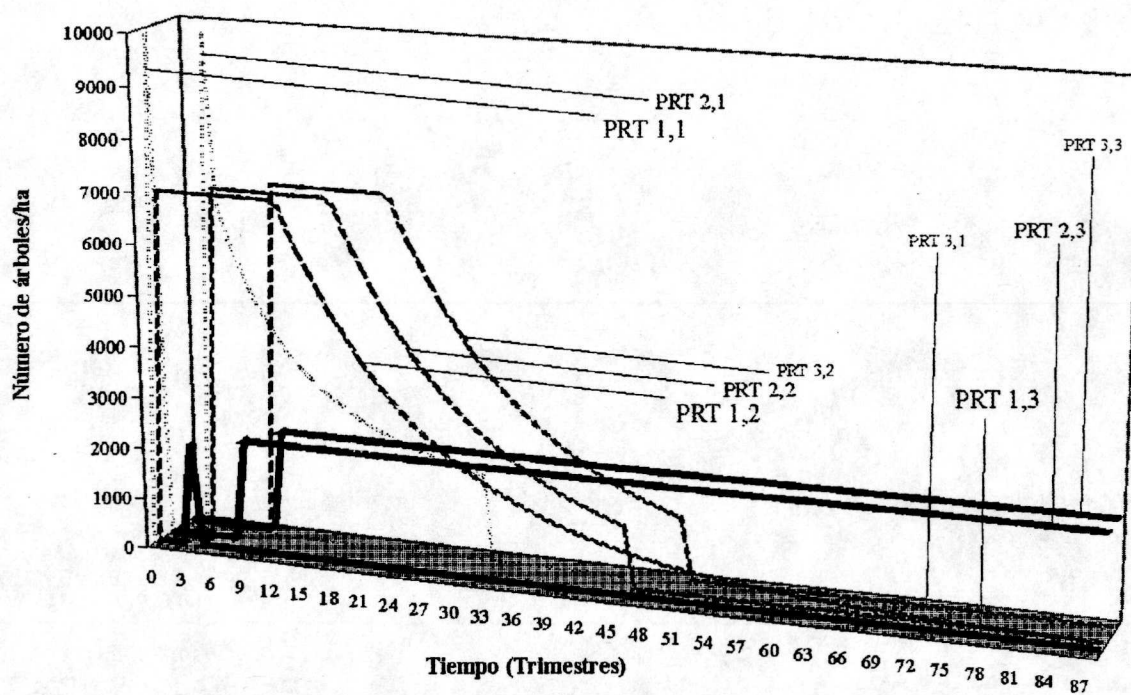


Figura 23. Respuesta en número de los prototipos 1 al aclareo temprano.

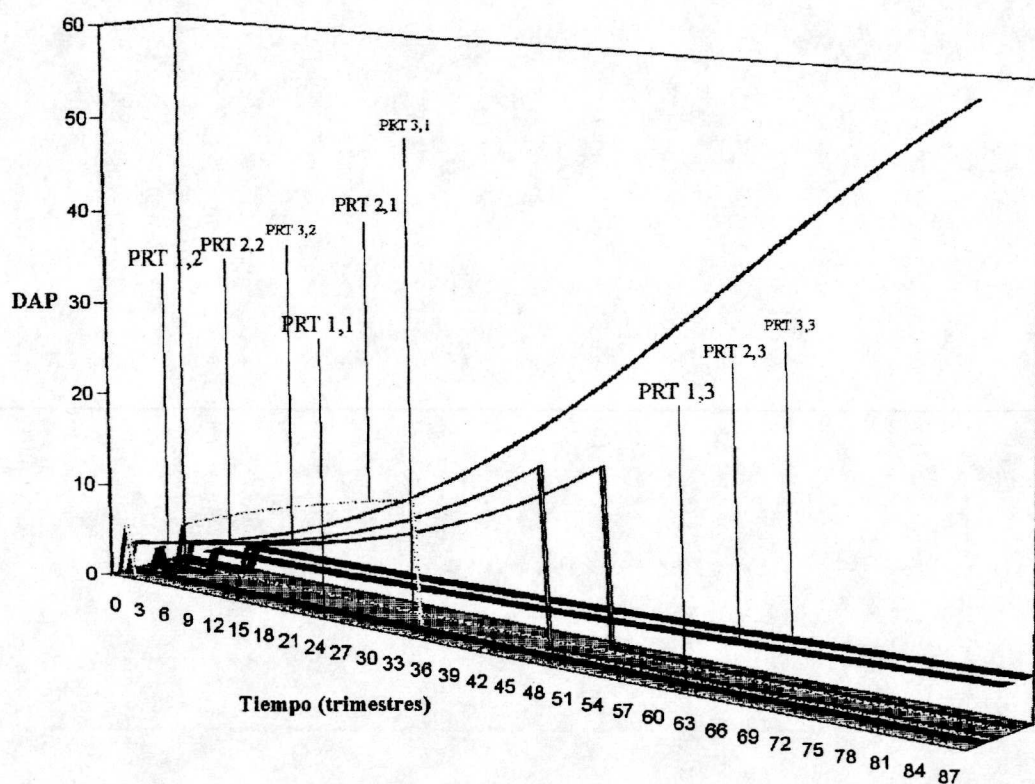


Figura 24. Respuesta en DAP de los prototipos 1 al aclareo temprano

7 Conclusiones

La incorporación de las especies esciófitas está relacionada directamente con la densidad de las especies pioneras, pioneras tardías o por la densidad conjunta de estos dos últimos grupos.

La supervivencia de las especies heliófitas depende directamente de la densidad de las especies hemisciófitas y del tiempo que tarden éstas en alcanzar el estrato superior.

La supervivencia de las especies hemisciófitas se encuentra indirectamente relacionada con el tiempo de persistencia del dosel cerrado por parte de las especies heliófitas, esciófitas e incluso hemisciófitas de estratos superiores.

La(s) especie(s) más abundante(s) dentro de cada grupo ecológico determinan la dinámica general del proceso de sucesión. El ciclo de vida de éstas determina la duración de dicho proceso. La velocidad y magnitud de crecimiento (particular de cada individuo) y su densidad en la selva determinan el camino de la sucesión.

La densidad de la selva determina los procesos de competencia horizontal (espacio) y vertical (luz), por lo que su uso en la simulación de este sistema complejo en particular permite simplificar las variables que participan en la dinámica sucesional de la selva..

La dinámica sucesional de grupos ecológicos de árboles tropicales es un proceso predecible bajo el análisis de sistemas.

El conocimiento de los requerimientos de luz y espacio de los individuos que conforman la selva hace posible establecer las relaciones que determinan de manera general el desarrollo de los grupos ecológicos de los que forman parte.

El análisis de la sucesión de los grupos ecológicos de árboles permite esbozar la dinámica sucesional de la selva de manera simplificada, ante la complejidad que la selva presenta. El uso de grupos ecológicos más pequeños permite reconocer de manera detallada los comportamientos más finos que lo grotesco de la generalidad no permite. La regeneración de avanzada de los acahuales de mayores de 10 años de edad está formada en sus estratos superiores por especies tolerantes a la sombra. Los estratos inferiores se encuentran formados por asociaciones de especies hemisciófitas y esciófitas.

El estrato arbóreo de las selvas mayores de 200 años que no presentan grandes perturbaciones está compuesto por especies tolerantes a la sombra. En los estratos arbustivos e herbáceo podemos encontrar de manera efímera especies pioneras tardías. Bajo ciclos de corta relativamente cortos y bajo actividades silvícolas que favorecen el crecimiento y supervivencia de las especies pioneras y pioneras tardías, se afecta el desarrollo y la composición de la regeneración de las especies tolerantes a la sombra (Caso aplicable a la apertura de bacadillas).

La reducción parcial de la densidad de las selvas mayores de 25 años (acahuales) favorece a la regeneración de avanzada formada principalmente por especies tolerantes a la sombra (Caso aplicable a los sitios de arrastre y de extracción).

La pérdida de estructuras, como las estimadas por el presente modelo, hace pensar en la degeneración de los servicios que en estas estructuras radicaban.

Bibliografía

- Brokaw, N. V. L. 1990. Caída de árboles frecuencia, cronología y consecuencias. *In*: Ecología de un bosque tropical. Ciclos estacionales y cambios a largo plazo. Leigh, E. G., A. Stanley R. y D. M. Windsor (eds.). Smithsonian Tropical Research Institute. Balbao, Panamá. Pp: 157-162.
- Brown, N. 1996. A gradient of seedling growth from the centre of a tropical rain forest canopy gap. *Forest ecology and management*. 82: 239-244.
- Caballero, R. R. 1947. La explotación del Chicozapote y el problema de su conservación en el estado de Campeche. ENA Chapingo, México. Tesis de licenciatura. 72 pp.
- Córdova C., B. 1985. Demografía de árboles tropicales. *In*: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. Gómez-Pompa A. y S. Del Amo R. (eds.). Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales y Editorial Alambra Mexicana, S.A. de C.V. México D.F. Pp. 103-128.
- Del Amo R., S. 1985. Algunos efectos 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. Vol. II. Gómez-Pompa A. y S. Del Amo R. (eds.). Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales y Editorial Alambra Mexicana, S.A. de C.V. México D.F. Pp. 93-102.
- Del Amo R., S. y J. Nieto P. 1985. Crecimiento y edad de árboles tropicales. *In*: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. Gómez-Pompa A. y S. Del Amo R. (eds.). Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales y Editorial Alambra Mexicana, S.A. de C.V. México D.F. Pp. 129-145.
- Demadze. 1988. Boletín técnico No. 2. HF-12/88.
- Drapper, N. y H. Smith. 1981. Applied regression analysis. 2^{da} Ed. John Wiley & Sons Inc. New York. 407 pp.
- Escobar, A. 1986. Geografía del Estado de Quintana Roo. Fondo de Fomento Editorial del Gobierno de Quintana Roo Gales. Mérida. 140 pp.
- Escoto P. 1996. Respuesta de la regeneración natural de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) a diferentes intensidades de corta. Tesis de maestría. UACH. Chapingo Edo. de México. 66 pp.

- Duran, R. 1986. Estudio de la vegetación de la selva baja subcaducifolia de *Pseudophoenix sargentii*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Fac. Ciencias. 77 pp.
- Felfi, J. M. 1997. Dynamics of the natural regeneration in the Gama gallery forest in central Brazil. *Forest Ecology and Management*. 91:235-245.
- García, C. 1998. Predicción del rendimiento de *Swietenia macrophylla* (Caoba) en plantaciones forestales. DiCiFo-UACH. Chapinco, México. Tesis de Maestría. 114 pp.
- Glogiewicz. 1998. *Cecropia schreberiana* Mq. (*Cecropia peltata* L.). In: Useful trees of the tropical region of North America. Burns, r., M. Mosquera y J. Withmore (eds.) NAFC. Washington. Pp 125-130.
- Gómez-Pompa, A. y C. Vázquez-Yanes. 1985. Estudio sobre la regeneración de selvas en regiones cálido-húmedas de México. In: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. Gómez-Pompa A. y S. Del Amo R. (eds.). Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales y Editorial Alambra Mexicana, S.A. de C.V. México D.F. Pp. 1-25.
- Granados, D., G. López R. y E. Trujillo. 1998. La selva maya de Quintana Roo. *Ciencia*. Vol. 48 No.2. Pp 36-52.
- Granados, D., G. López R., F. De J. Martínez V. y J. Martínez C. 1998. Ecología y aprovechamiento de los manglares en Quintana Roo. *Revista Chapingo*. Vol. IV No.2. Pp 253-265.
- Hartshorn, G. S. 1978. Tree falls and tropical forest dynamics. In: Tropical trees as living systems. Tomlinson, P. B. y M. H. Zimmerman (eds.). Cambridge Univ. Pres. Cambridge. Pp. 617-638.
- Hartshorn, G. S. 1989. Gap-Pahase dynamics and tropical tree species richness. In: Tropical forest. Holm-Nielsen, L.B., I.C.Nielsen y H. Balslev (eds.). Academic Press Limited. London. Pp. 65-73.
- High Performance Systems Incorporated. 1998. STELLA Research 5.1.1. Hanover, NH.
- Hubbell, S. P. Y R. B. Foster. 1987. The spatial context of regeneration in a neotropical forest. In: Colonization, succession and stability. J. A. Gray, M. J. Grawley y P. J. Edwards (eds.) The 25th Symposium of the British Ecological Society. London. Pp. 395-412.
- Instituto de geografía UNAM. 1980. Quintana Roo: Organización espacial. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. Puerto Morelos, México.
- INEGI. 1990. Censo general de población y vivienda. Aguascalientes. México

- INEGI. 1993. Anuario estadístico del estado de Quintana Roo. Aguascalientes. México
- Juárez B. C. 1988. Análisis del incremento periódico de caoba (*Swietenia macrophylla* King) y Cedro (*Cedrela Odorata*) en un relicto de selva en el estado de Campeche. UACH-DiCiFo. Chapingo México. Tesis de licenciatura. 87 pp.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Rossdorf. 335 pp
- Liu, J. y P. Ashton. 1995. Individual-based simulation models for forest succession and management. *Forest Ecology and Management*. 73: 157-175.
- Martínez-Ramos, M. 1985a. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. *In*: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. Gómez-Pompa A. y S. Del Amo R. (eds.). Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales y Editorial Alambra Mexicana, S.A. de C.V. México D.F. Pp. 241-254.
- Martínez-Ramos, M. 1985b. Dinámica de renovación natural de las selvas. *In*: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. Gómez-Pompa A. y S. Del Amo R. (eds.). Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales y Editorial Alambra Mexicana, S.A. de C.V. México D.F. Pp. 191-235.
- Martínez-Ramos, M. 1995. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas. *In*: Conocimiento y manejo de las selvas de la península de Yucatán. Delfin G., H., V. Parra T. y C. Echazarreta G. (eds.). Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida. Pp. 27-79.
- Merino, M. Y L. Otero. 1983. Atlas ambiental Costero. Puerto Morelos Quintana Roo. Fondo de publicaciones y Ediciones del Gobierno del Estado de Quintana Roo - Ferrándiz. México. 80 pp.
- Miranda, F. 1978. Vegetación de la Península de Yucatán. Colegio de Postgraduados-SARH. 271 pp.
- Navarro M. y D. Granados Sánchez. 1997. Dinámica sucesional en un bosque afectado por disturbios en la zona norte de Quintana Roo. *Revista Chapingo (Serie Ciencias forestales)*. Vol. III. No. 1. Pp 1-15.
- Neil, P. E. 1981. Problems and opportunities in tropical rain-forest management. Commonwealth Forestry Institute, Occasional papers. 16: 1-177.
- Ng, F. S. P. 1983. Ecological principles of tropical lowlands rain forest conservation. *In*: Tropical rain forest: ecology and management. Sutton, S. L., T. C. Whitmore y A. C. Chadwick (eds.). Special publication Number 2 of the British Ecological Society. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 448pp.

- Núñez-Farfán, J. y R. Dirzo. 1985. Herbivoría y sucesión en una selva perennifolia. . *In*: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. Gómez-Pompa A. y S. Del Amo R. (eds.). Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales y Editorial Alambra Mexicana, S.A. de C.V. México D.F. Pp. 313-331.
- Oldeman, R. A. A. 1978. Architecture and energy echange of dicotyledonous trees in the forest . *In*: Tropical trees as living systems. Tomlinson, P. B. y M. H. Zimmerman (eds.). Cambridge Univ. Pres. Cambridge. Pp. 535-560.
- Oldeman, R. A. A. 1983a. Tropical rain forest, architecture, silvigenesis and diversity. *In*: Tropical rain forest: ecology and management. Sutton, S. L., T. C. Whitmore y A. C. Chadwick (eds.). Special publication Number 2 of the british Ecological Society. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 448pp.
- Oldeman, R. A. A. 1983b. The design of ecologically sound agroforest. *In*: Plant research and agroforestry. Hulex P. (ed.). Nairobi, ICRAF. Capitulo 14.
- Oldeman, R. A. A. 1987. Forest ecology for silvicultural design. Department of silviculture & Forest Ecology. Wageningen University. 640pp.
- Oldeman, R. A. A. 1989. Dynamics in tropical rain forests. *In*: Tropical forest. Holm-Nielsen, L.B., I.C.Nielsen y H. Balslev (eds.). Academic Press Limited. London. Pp. 3-21.
- Piñero, D.y J. Sarukán. 1982. Reproductive behaviour and its individual variability in a tropical palm, *Astrocaryum mexicanum*. *Journal Ecology*. 70:461-472.
- Pennington T.D. y J. Sarukhán. 1998. Los árboles tropicales de México. 2ª ed. Fondo de Cultura Económica - UNAM. México. 521pp.
- Putz E., F. Y Milton K. 1990. Tasas de mortalidad de los árboles en la isla de barro Colorado. *In*: Ecología de un bosque tropical. Ciclos estacionales y cambios a largo plazo. Leigh, E. G., A. Stanley R. y D. M. Windsor (eds.). Smithsonian Tropical Research Institute. Balbao, Panamá. Pp: 157-162.
- Reuter M., C. Schulz y C. Marrufo. s/f. Manual técnico forestal. GTZ y SEMARNAP. México. 133 pp.
- Richards, P. W. y G. B. Williamson. 1975. Tree falls and paterns of understory species in a wet lowland tropical forest. *Ecology* 56: 1226-1229
- Riswan S. y R. Abdulhadi. 1992. Succession after disturbance of dowland mixed forest by shifting agriculture in East Kalimantan, Indonesia. *In*: Topical forest in transition. Goldammer J. G. (ed.). Birkhäuser Verlag Basel. Switzerland. Pp. 77-84.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Wiley – Limusa. México. 432 pp.

Sánchez O., Cabrera E., S. Torres, P. Herrera, L. Serralta y C. Salazar. 1991. Vegetación. *In*: Estudios ecológicos preliminares de la zona sur de Quintana Roo. Camarena-Luhrs T. y S. Salazar Vallejo (eds.). CIQRO. Chetumal. Pp. 31-48.

Santos J., V. J. 1997. La organización forestal campesina y su importancia en la autogestión y manejo de los recursos forestales: Una experiencia en la organización de ejidos forestales de la zona Maya. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México. 170 pp.

Schmitt, K. 1992. Anthro- zoogenic impact on the structur and regeneration of a submontane forest in Kenya. *In*: Tropical forest in transition. Goldammer J. G. (ed.). Birkhäuser Verlag Basel. Switzerland. Pp. 105-126.

Schäfer, H., H. Krieger y H. Bossel. 1992. Process-oriented models for simulation of growth dynamics of tropical natural and plantatation forests. *In*: Tropical forest in transition. Goldammer J. G. (ed.). Birkhäuser Verlag Basel. Switzerland. Pp. 191-224.

Sosa, J. L. 1997. Evaluación de plantaciones de cedro (*Cedrela odorata* L.) y caoba (*Swietenia macrophylla* King) en sistemas agroforestales en el área del bosque modelo de Calakmul Campeche. UACH-DiCiFo. Chapingo, México. Tesis de licenciatura. 106 pp.

Sousa, M., O. Valdés y E. Cabrera. 1982. Imágenes de la flora de Quintana Roo. CIQRO - UNAM. México. 224 pp.

Swaine M. D. 1989. Population dynamics of tree species in tropical forests. *In*: Tropical forest. Holm-Nielsen, L.B., I.C.Nielsen y H. Balslev (eds.). Academic Press Limited. London. Pp. 101-109.

Tejeda, P. J. L. 1966. Algunos aspectos ecológicos de Chicozapote (*Achras zapota*) en las selvas altas o medianas subperennifolias del sureste de México. ENA. Chapingo, México. Tesis de Licenciatura.

Thompson, J., J. proctor, D. A. Scott, P. J. Fraser, R. H. Marrs, R. P. Miller y V. Viana. 1998. Rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil: artificial gaps and plant response to them. *Forest ecology and management*. 102: 305-321.

Trujillo M., E. 1996. Informe de proyecto: Organización y operación productiva de la zona maya de Quintana Roo. 36 pp.

Tuomela K., J. Kuusipalo, L. Vesa, K. Nuryanto, A. P. S. Sagala y G. Ådjers. 1996. Growth of dipterocarp seedlings in artificial gaps: an experience in a logged-over rainforest i Souuth Kalimantan, Indonesia. *Foreste ecology and management*. 81: 95-100

Uhl, C. y Murphy. 1981. Composition, structure and regeneration of a tierra firme forest in the Amazon Basin of Venezuela. *Tropical Ecology*. 22(2): 219-237

Vázquez-Yanes, C. 1980a. Notas sobre la autoecología de los árboles pioneros de rápido crecimiento de la selva tropical lluviosa. *Tropical Ecology*. 21(1): 103-112

Vázquez-Yanes, C. 1980b. Light quality and seed germination in *Cecropia obtusifolia* and *Piper auritum* from a tropical rain forest in Mexico. *Phyton* 38(1):33-35

Vázquez-Yanes, C. y H. Smith. 1982. Phytocrome control of seed germination in the tropical rain forest pionner trees *Cecropia obtusifolia* and *Piper auritum* and its ecological significance. *New Phytology*. 92:477-485

Vázquez-Yanes, C. y A. Orozco-Segovia. 1985. Posibles efectos del microclima de los claros de la selva, sobre la germinación de tres especies de árboles pioneros: *Cecropia obtusifolia*, *Heliocarpus donnell-smithi* y *Piper auritum*. In: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. Gómez-Pompa A. y S. Del Amo R. (eds.). Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales y Editorial Alambra Mexicana, S.A. de C.V. México D.F. Pp. 241-254

Vázquez-Yanes, C. y S. Guevara. 1985. Caracterización de los grupos ecológicos de arboles de la selva húmeda. In: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. Gómez-Pompa A. y S. Del Amo R. (eds.). Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales y Editorial Alambra Mexicana, S.A. de C.V. México D.F. Pp. 67-78

Whitmore T.C. 1975. Tropical rain forest of the far east. Oxford Claredon Press. Londres. 282 pp.

Whitmore T.C. 1978. Gaps in the forest cannopy. In: Tropical trees as living systems. Tomlinson, P. B. y M. H. Zimmerman (eds.). Cambridge Univ. Pres. Cambridge. Pp. 639-655.

Whitmore T.C. 1990. An introduction to tropical rain forest. Oxford Claredon Press. Londres. 226 pp.

APÉNDICE 1

Relación de especies descritas para la vegetación de Quintana Roo por Sousa *et al.* (1982)

APÉNDICE 1.1

SELVA ALTA SUBPERENNIFOLIA

ESTRATO DE 22-30 M.

Acacia glomerosa
Acrocomia mexicana
Aspidosperma cruentum
Brosimum alicastrum
Bucida buceras
Castilla elastica
Dendropanax arboreus
Lonchocarpus castilloi
Manilkara zapota
Metopium brownei
Pimenta dioica
Pithecellobium donnell-smithii
Pouteria campechiana
Pseudolmedia oxyphyllaria
Roystonea dunlapiana
Swartzia cubensis
Swietenia macrophylla
Tabebuia chrysantha

ESTRATO DE 15-22 M.

Amyris sylvatica
Antirhea lucida
Bumelia celastrina

Cedrela odorata
Chlorophora tinctoria
Cosmocalyx spectabilis
Diospyros verae-crucis
Dracaena americana
Enterolobium cyclocarpum
Eugenia mayana
Ficus cotinifolia
Ficus maxima
Ficus padifolia
Guettarda combsii
Hirtella americana
Lonchocarpus guatemalensis
Lonchocarpus hondurensis
Machaonia lindeniana
Nectandra coriacea
Nectandra salicifolia
Opsiandra maya
Psidium sartorianum
Pterocarpus rohrii
Stemmadenia donnell-smithii
Tabernaemontana alba
Tabernaemontana amygdalifolia
Trophis racemosa
Zanthoxylum caribaeum

ESTRATO DE 6-15 M.

Ardisia schlechtendalii
Bumelia persimilis

Calliandra belizensis
Cryosophylla argentea
Cupania belizensis
Inga vera subsp. *spuria*
Laetia thamnia
Licaria peckii
Machaonia acuminata
Persea americana
Pilocarpus racemosus
Pithecellobium brownii
Rinorea guatemalensis
Ternstroemia tepezapote
Trichilia glabra
Zanthoxylum kellermanii

ESTRATO ARBUSTIVO

Acacia cornigera
Acacia gentlei
Acacia globulifera
Allophylus cominia
Aphelandra deppeana
Asemnanthe pubescens
Bourreria huanita
Bourreria mollis
Bourreria oxyphylla
Chamaedorea erumpens
Chamaedorea neurochlamys
Chamaedorea seifrizii
Cnidoscolus souzae
Coccoloba belizensis
Coccoloba laurifolia
Coccoloba mayana
Coutarea octomera
Guettarda elliptica
Guettarda macrosperma
Heteropteris laurifolia
Hippocratea floribunda
Hyperbaena winzerlingii
Malpighia lundellii
Ouratea nitida
Piper aeroginosibaccum
Piper patulum
Piper psilorhachis
Piper sempervirens

Piper yucatanense
Pithecellobium pachypus
Pithecellobium stevensonii
Psychotria altorum
Psychotria fruticetorum
Psychotria microdon
Psychotria pubescens
Psychotria tenuifolia
Ruellia stemonacanthoides
Sageretia elegans
Siphonoglossa ramosa

ESTRATO HERBACEO

Bauhinia erythrocalyx
Bletia purpurea
Borreria verticillata
Croton icche
Diodia sarmentosa
Goldmanella sarmentosa
Hymenochallis littoralis
Justicia campechiana
Mitracarpus hirtus
Olyra latifolia
Olyra yucatan
Panicum bartlettii
Panicum laxum
Pennisetum purpureum
Richardia scabra
Spermacoce tetraquetra
Spiranthes polyandra
Stachytarpheta angustifolia
Stachytarpheta frantzii
Stachytarpheta guatemalensis
Stachytarpheta miniacea

TREPADORAS

Acacia gaumeri
Aristolochia maxima
Arrabidaea floribunda
Arrabidaea patellifera
Arrabidaea pubescens
Ceratophytum tetragonolobum
Cissus cacuminis

Cissus erosa
Cissus gossypifolia
Cissus microcarpa
Cissus rhombifolia
Combretum farinosum
Corynostylis arborea
Cydista diversifolia
Davilla kunthii
Desmoncus quasillarius
Dioscorea bartlettii
Dioscorea floribunda
Hippocratea floribunda
Hiraea fagifolia
Hiraea obovata
Machaerium cirrhiferum
Machaerium isadelphum
Machaerium seemannii
Mansoa verrucifera
Morinda panamensis
Morinda royoc
Morinda yucatanensis
Passiflora foetida
Passiflora palmeri var. *sublanceolata*
Passiflora suberosa
Paullinia fuscescens
Paullinia pinnata
Paullinia tomentosa
Pithecoctenium crucigerum
Polypodium lycopodioides
Rourea glabra
Serjania adanthoides
Serjania cardiospermoides
Serjania goniocarpa
Serjania macrocarpa
Serjania pterarthra
Serjania racemosa
Serjania yucatanensis
Strychnos brachistantha
Strychnos tabascana
Tetracera volubilis
Thinouia tomocarpa
Tournefortia maculata
Tournefortia volubilis
Tynanthus guatemalensis
Urvillea ulmacea

Vitis tiliifolia

EPIFITAS

Aechmea bracteata
Anthurium pentaphyllum var. *bombacifolium*
Anthurium Schlechtendalii subsp. *Schlechtendalii*
Brassavola nodosa
Catasetum maculatum
Encyclia alata
Epidendrum difforme
Peperomia crassiuscula
Philodendron hederaceum
Rhyncholaelia digbyana
Schomburgkia tibicinis
Selenicereus testudo
Vanilla pompona

HEMIPARASITAS

Phoradendron flavescens
Phoradendron quadrangulare
Psittacanthus calyculatus
Psittacanthus schiedeana
Struthanthus cassythoides

APÉNDICE 1.2

SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA

ESTRATO DE 18-25 M.

Acacia dolichostachya
Acrocomia mexicana
Alseis yucatanensis
Antirhea lucida
Astronium graveolens
Beaucarnea ameliae
Bursera simaruba
Caesalpinia gaumeri
Caesalpinia yucatanensis

Cedrela odorata
Ceiba aesculifolia
Cordia alliodora
Cordia dodecandra
Cupania glabra
Dendropanax arboreus
Enterolobium cyclocarpum
Exothea diphylla
Ficus tecolutensis
Licaria peckii
Lonchocarpus castilloi
Manilkara zapota
Metopium brownei
Platymiscium yucatanum
Pouteria campechiana
Protium copal
Pseudobombax ellipticum
Swartzia cubensis
Swietenia macrophylla
Talisia olivaeformis
Vitex gaumeri
Zanthoxylum kellermanii

ESTRATO DE 7-15 M.

Calliandra belizensis
Coccoloba acapulcensis
Coccoloba cozumelensis
Cosmocalyx spectabilis
Drypetes lateriflora
Esenbeckia pentaphylla
Guaiacum sanctum
Gymnanthes lucida
Haematoxylon campechianum
Lonchocarpus punctatus
Lonchocarpus rugosus
Lonchocarpus xuul
Lysiloma latisilqua
Machaonia lindeniana
Malmea depressa
Nectandra salicifolia
Pilocarpus racemosus
Simarouba glauca

ESTRATO ARBUSTIVO

Acacia collinsii
Allophylus cominia
Asemnanthe pubescens
Bakeridesia gaumeri
Bakeridesia yucatanica
Bauhinia erythrocalyx
Bauhinia jenningsii
Bourreria huanita
Bunchosia lanceolata
Callicarpa acuminata
Calyptanthus pallens
Coccoloba floribunda
Coccoloba reflexiflora
Coccoloba spicata
Colubrina greggii var. *yucatanensis*
Coutarea octomera
Diphysa carthagenensis
Erythrina standleyana
Eugenia acapulcensis
Eugenia biflora
Guettarda gaumeri
Harpalyce rupicola
Heliocarpus donnell-smithii
Heteropteris laurifolia
Hibiscus clipeatus
Machaonia lindeniana
Mimosa bahamensis
Nopalea gaumeri
Ouratea nitida
Piper aeruginosibaccum
Piper psilorrhachis
Piper sempervirens
Piper yucatanense
Pithecellobium mangense
Pithecellobium stevensonii
Plumeria obtusa
Psychotria altorum
Psychotria flava
Psychotria microdon
Psychotria pubescens
Psychotria tenuifolia
Rhacoma puberula
Sageretia elegans

Thrinax radiata

ESTRATO HERBACEO

Angelonia ciliaris

Arundinella deppeana

Aster exilis

Axonopus compressus

Bacopa procumbens

Borreria laevis

Borreria verticillata

Brachiaria fasciculata

Chamaesyce hypericifolia

Chamaesyce mesembrianthemifolia

Chamaesyce serpyllifolia

Commelina elegans

Cyperus luzulae

Diodia sarmentosa

Eupatorium morifolium

Eupatorium pycnocephalum

Euphorbia buxifolia

Euphorbia glomerifera

Euphorbia heterophylla

Heliotropium angiospermum

Heliotropium rufipilum

Hyparrhenia rufa

Leptochloa virgata

Lithachne pauciflora

Melanthera aspera

Mitracarpus hirtus

Notoptera scabridula

Olyra yucatanica

Oplismenus hirtellus

Otopappus scaber

Oxalis frutescens subsp. *angustifolia*

Phytolacca rivinoides

Porophyllum punctatum

Rhoeo discolor

Rhynchospora cephalotes

Russelia campechiana

Sabazia sarmentosa

Senna undulata

Solanum atitlanum

Solanum pavonii

Sorghum bicolor

Spermacoce tetraquetra

Spigelia humboldtiana

Stylosanthes hamata

Verbesina gigantoides

Veronica cinerea

Veronica peregrina var. *xalapensis*

TREPADORAS

Amphilophium paniculatum

Aristotochia maxima

Arrabidaea floribunda

Arrabidaea patellifera

Arrabidaea podopogon

Cissus gossypifolia

Cissus rhombifolia

Cissus sycioides

Clematis dioica

Clematis pubescens

Cydista diversifolia

Cydista potosina

Davilla kunthii

Galactia multiflora

Galactia striata

Gouania lupuloides

Heteropteris beecheyana

Ipomea steerei

Jacquemontia nodiflora

Mansoa verrucifera

Merremia tuberosa

Merremia umbellata

Morinda panamensis

Morinda royoc

Morinda yucatanensis

Oxyrrhynchus volubilis

Paullinia pinnata

Paullinia tomentosa

Pisonia aculeata

Rourea glabra

Senna peralteana

Serjania cardiospermoides

Serjania racemosa

Serjania yucatanensis

Tetrapteris schiedeana

Vitis bourgaeana

EPIFITAS

Aechmea bracteata
Anthurium schlechtendalii subsp. *Schlechtendalii*
Brassavola nodosa
Catasetum maculatum
Epidendrum difforme
Rhyncholaelia digbyana
Schomburgkia tibicinis
Selenicereus testudo
Vanilla pompona
Guettarda elliptica

HEMIPARASITAS

Phoradendron quadrangulare
Psittacanthus caiyculatus
Psittacanthus schiedeana

APÉNDICE 1.3

SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA

ESTRATO DE 17-25 M.

Beaucarnea ameliae
Brosimum alicastrum
Bursera simaruba
Caesalpinia gaumeri
Caesalpinia yucatanensis
Ceiba aesculifolia
Exothea diphylla
Ficus maxima
Lysiloma latisiliqua
Manilkara zapota
Metopium brownei
Piscidia piscipula
Pouteria campechiana
Swartzia cubensis
Talisia olivaeformis
Thouinia canescens var. *paucidentata*
Trichilia americana
Vitex gaumeri

ESTRATO DE 8-17 M.

Clusia salvinii
Coccoloba acapulcensis
Coccoloba spicata
Cordia alliodora
Cordia dodecandra
Cupania glabra
Ehretia tinifolia
Esenbeckia pentaphylla
Eugenia capuli
Gliricidia sepium
Haematoxylon campechianum
Hirtella americana
Hyperbaena mexicana
Lonchocarpus parviflorus
Lonchocarpus punctatus
Lonchocarpus xuul
Ziziphus yucatanensis

ESTRATO ARBUSTIVO

Acacia gaumeri
Acacia riparia
Aphelandra deppeana
Bakeridesia yucatana
Bauhinia jenningsii
Bernardia oblanceolata
Bourreria huanita
Bumelia persimilis
Cestrum racemosum
Chamaecrista glandulosa var. *flavicomis*
Chamaedorea seifrizii
Cnidoscolus souzai
Cornutia pyramidata
Dicliptera assurgens
Dioon spinulosum
Erythrina standleyana
Eupatorium daleoides
Heliocarpus donnell-smithii
Hibiscus clipeatus
Laetia thamnia

Luehea speciosa

Piper patulum

Piper psilorhachis

Piper yucatanense

Pithecellobium albicans

Pithecellobium mangense

Pithecellobium stevensonii

Phyllanthus nobilis

Plumeria rubra

Samyda yucatanensis

Solanum chiapense

Thevetia gaumeri

Xylosma anisophyllum

ESTRATO HERBACEO

Acalypha leptopoda

Ageratum houstonianum

Argythamnia lundellii

Begonia sericoneura

Borreria verticillata

Calea peckii

Capraria biflora

Cypura paludosa

Desmodium glabrum

Elvira biflora

Euphorbia cyathophora

Heliotropium indicum

Hyparrhenia rufa

Ichnanthus lanceolatus

Lasiacis divaricata var. *divaricata*

Lasiacis rugelii

Ludwigia octovalvis

Melanthera aspera

Melanthera nivea

Notoptera scabridula

Panicum bartlettii

Porophyllum punctatum

Richardia scabra

Ruellia inundata

Russelia campechiana

Russelia sarmentosa

Spermacoce tetraquetra

TREPADORAS

Amphilophium paniculatum

Bauhinia herrerae

Cardiospermum halicacabum

Celtis iguanaea

Centrosema plumieri

Chiococca alba

Cissus gossypifolia

Cydista heterophylla

Galactia striata

Gonolobus velutinus

Heteropteris beecheyana

Ipomea carnea

Jacquemontia pentantha

Mansoa verrucifera

Mascagnia excelsa

Morinda royoc

Passiflora serratifolia

Paullinia fuscescens

Paullinia pinnata

Petrea volubilis

Polypodium lycopodioides

Rivea corymbosa

Securidaca diversifolia

Serjania cardiospermoides

Serjania macrocarpa

Serjania racemosa

Serjania yucatanensis

Smilax mollis

Stigmaphyllon lindenianum

Stizolobium pruriens

Vanilla pompona

Vigna elegans

EPIFITAS

Aechmea braceara

Anthurium pentaphyllum var. *bombacifolium*

Anthurium schlechtendalii subsp. *schlechtendalii*

Aporocactus flagelliformis

Brassavola nodosa
Encyclia alata
Epidendrum difforme
Oncidium cebolleta
Peperomia crassiuscula
Philodendron hederaceum
Selenicereus testudo

HEMIPARASITAS

Psittacanthus calyculatus
Psittacanthus schiedeianus

APÉNDICE 1.4

SELVA BAJA CADUCIFOLIA

ESTRATO ARBOREO

Acacia pringlei
Albizia caribaea
Alvaradoa amorphoides
Beaucarnea ameliae
Bourreria huanita
Bursera simaruba
Byrsonima crassifolia
Caesalpinia platyloba
Caesalpinia yucatanensis
Capparis cynophallophora
Casearia nitida
Cassine xylocarpa
Cecropia obtusifolia
Ceiba aesculifolia
Clusia salvini
Cordia dodecandra
Diospyros verae-crucis
Diphysa carthagenensis
Esenbeckia pentaphylla
Guaiacum sanctum
Guettarda elliptica
Gymnopodium floribundum var. *antigonoides*
Haematoxylon campechianum
Krugiodendron ferreum

Laetia thamnia
Leucaena leucocephala
Lonchocarpus parviflorus
Lonchocarpus rugosus
Lonchocarpus xuul
Lysiloma latisiliqua
Malpighia glabra
Metopium brownei
Piscidia piscipula
Plumeria obtusa
Pseudophoenix sargentii
Senna atomaria
Senna peralteana
Thouinia canescens var. *paucidentata*
Vitex gaumeri
Ziziphus yucatanensis

ESTRATO ARBUSTIVO

Acacia coltinsii
Acacia dolichostachya
Acacia gaumeri
Acacia pennatula
Agave angustifolia
Astrocasia tremula
Bakeridesia gaumeri
Bumelia retusa
Callicarpa acuminata
Colubrina arborescens
Coutarea octomera
Croton milspaughii
Hampea trilobata
Helicteres baruensis
Machaonia lindeniana
Malvaviscus arboreus var. *arboreus*
Mimosa bahamensis
Neea psychotrioides
Neomillspaughia emarginata
Picramnia antidesma
Piper psilorrhachis
Pithecellobium keyense
Pithecellobium platylobum
Pithecellobium stevensonii
Psychotria pubescens
Randia aculeata

Randia armata
Thevetia gaumeri
Trema micrantha

ESTRATO HERBACEO

Angelonia angustifolia
Argythamnia lundellii
Borreria verticillata
Desmodium glabrum
Desmodium incanum
Indigofera jamaicensis
Lantana camara
Melochia tomentosa
Rhynchelytrum repens
Stachytarpheta jamaicensis
Styiosanthes hamata
Turnera diffusa

TREPADORAS

Amphilophium paniculatum
Arrabidaea podopogon
Canavalia brasiliensis

Cissus rhombifolia
Cuscuta americana
Cydista diversifolia
Cynanchum schlechtendalii
Mandevilla subsagittata
Mascagnia excelsa
Morinda royoc
Polypodium lycopodioides
Securidaca diversifolia
Serjania racemosa
Tetrapteris schiedeana
Vigna elegans

EPIFITAS

Anthurium schlechtendalii subsp. *schlechtendalii*
Aporocactus flagelliformis
Brassavola nodosa
Oncidium cebolleta
Selenicereus testudo

APÉNDICE 1.5

MANGLAR

ESTRATO ARBOREO

Avicennia germinans
Conocarpus erectos
Laguncularia racemosa
Manilkara zapota
Rhizophora mangle

ESTRATO ARBUSTIVO

Acrostichum danaeifolium
Bravaisia tubiflora
Thrinax radiata

ESTRATO HERBACEO

Ambrosia cumanensis
Andropogon glomeratus
Capraria biflora
Cladium jamaicense
Dichromena ciliata
Dichromena colorata
Hyparrhenia rufa
Oncidium cebolleta
Salicornia bigelovii
Schomburgkia tibicinis
Selenicereus testudo
Solanum rugosum
Sorghum halapense
Stylosanthes hamata

TREPADORAS

Centrosema virginianum
Echites yucatanensis
Ipomoea steerei
Mandevilla subsagittata
Rhabdadenia biflora
Sarcostemma clausum

EPIFITAS

Aechmea bracteata
Anthurium schlechtendalii subsp. *schlechtendalii*
Brassavola nodosa
Rhyncholaelia digbyana

APÉNDICE 1.6

SABANA

ESTRATO ARBOREO

Acoelorrhaphe wrightii
Acrocomia mexicana
Byrsonima crassifolia
Cochlospermum vitifolium
Crescentia cujete
Curatella americana
Haematoxylon campechianum
Pinus caribaea

ESTRATO ARBUSTIVO

Erythroxylon areolatum
Malpighia puniceifolia
Myrica cerifera
Thrinax radiata

ESTRATO HERBACEO

Aeschynomene americana var. *flabellata*
Aeschynomene sensitiva var. *sensitiva*
Andropogon glomeratus
Cuphea utriculosa
Desmodium tortuosum
Dichromena ciliata
Dichromena colorata
Fuirena campotricha
Paspalum paniculatum
Rhynchospora cyperoides
Stylosanthes humilis

APÉNDICE 1.7

TINTAL

ESTRATO ARBOREO

Agonandra sp.
Ardisia escallonioides
Ateleia gummifera
Bucida buceras
Byrsonima bucidaefolia
Calyptranthes pallens
Cassine xylocarpa
Crescentia cujete
Eugenia lundellii
Haematoxylon campechianum
Hyperbaena winzerlingii
Metopium brownei
Plumeria obtusa
Randia aculeata

ESTRATO ARBUSTIVO

Bumelia celastrina
Chamaecrista glandulosa var. *flavicomma*
Hampea trilobata
Jacquinia aurantiaca
Mimosa bahamensis

ESTRATO HERBACEO

Aeschynomene fascicularis
Bacopa procumbens
Borreria verticillata
Cuphea utriculosa
Cypura paludosa
Dichromena ciliata
Echinodorus andrieuxii
Eleocharis caribaea
Ludwigia octovalvis
Oxalis frutescens
Rotala ramosior
Stachytarpheta angustifolia

Stylosanthes humilis
Veronica peregrina var. *xalapensis*

TREPADORAS

Byttneria aculeata
Echites umbellata
Evolvulus alsinoides
Marsdenia laxiflora
Morinda yucatanensis
Pisonia aculeata
Polypodium lycopodioides
Urechites andrieuxii
Vigna elegans

EPIFITAS

Aechmea bracteata
Anthurium schlechtendalii subsp. *schlechtendalii*
Aporocactus flagelliformis
Brassavola nodosa
Oncidium cebolleta
Rhynchoaelia digbyana
Schomburgkia tibicinis
Selenicereus testudo

HEMIPARASITAS

Psittacanthus calyculatus
Psittacanthus schiedeianus

APÉNDICE 1.8

CHECHENAL

ESTRATO ARBOREO

Acoelorrhaphe wrightii
Bucida buceras
Conocarpus erectus
Diospyros verae-crucis
Haematoxylon campechianum

Metopium brownei
Thrinax radiata

ESTRATO ARBUSTIVO

Bravaisia tubiflora
Bucida spinosa
Byrsonima bucidaefolia
Cameraria latifolia
Chamaecrista glandulosa var. *flavicomma*
Chrysobalanus icaco
Coccoloba reflexiflora
Coccoloba spicata
Dalbergia glabra
Erythroxylon areolatum
Machaonia lindeniana
Malpighia lundellii
Mimosa bahamensis
Myrica cerifera
Ouratea nitida

ESTRATO HERBACEO

Bletia purpurea
Cladium jamaicense
Cuphea utriculosa
Cyperus eggersii
Dichromena ciliata
Eustoma exaltatum
Heliotropium fruticosum
Hymenochallis littoralis
Scirpus supinus

TREPABORAS

Ipomoea steerei
Mandevilla subsagittata
Rhabdadenia biflora

EPIFITAS

Aechmea bracteata
Schomburgkia tibicinis
Selenicereus testudo

HEMIPARASITAS

Phoradendron flavescens
Psittacanthus schiedeana

APÉNDICE 1.9

DUNAS COSTERAS

ESTRATO ARBUSTIVO

Bumelia retusa
Caesalpinia bonduc
Chrysobalanus icaco
Coccoloba uvifera
Coccothrinax readii
Cordia dodecandra
Opuntia stricta var. *dillenii*
Pithecellobium keyense
Pithecellobium pachypus
Scaevola plumieri
Sophora tomentosa
Suriana maritima
Thrinax radiata
Tournefortia gnaphalodes

ESTRATO HERBACEO

Ageratum littorale
Ambrosia hispida
Batis maritima
Cakile edentula
Canavalia rosea
Cenchrus echinatus
Crotalaria pumila
Eleusine indica
Ernodea littoralis
Erythalis fruticosa
Euphorbia mesembrianthemifolia
Eustachys petraea
Heliotropium curassavicum
Hymenochallis littoralis
Ipomoea pes-caprae

Iresine celosia
Lantana involucrata
Lantana velutina var. *albifructa*
Lippia incisa
Rhacoma crossopetalum
Rivina humilis
Salicornia bigelovii
Sesuvium portulacastrum
Solanum amazonium
Stachytarpheta jamaicensis
Strumpfia maritima
Stylosanthes humilis
Tribulus cystoides

TREPADORAS

Cucurbita moschata
Cynanchum palustre
Cynanchum schlechtendalii
Echites yucatanensis
Passiflora foetida
Urechites andrieuxii
Vigna elegans

APÉNDICE 1.10

ASOCIACIONES SECUNDARIAS

ESTRATO ARBOREO

Alvaradoa amorphoides
Annona reticulata
Apoplania paniculata
Ardisia escallonioides
Bursera simaruba
Byrsonima bucidifolia
Cecropia obtusifolia
Chrysophyllum mexicanum
Cordia alliodora
Diphysa carthagenensis
Gliricidia sepium
Guazuma ulmifolia

Gymnopodium floribundum var. *antigonoides*
Leucaena leucocephala
Lonchocarpus rugosus
Lonchocarpus xuul
Luehea speciosa
Lysiloma latisiliqua
Muntingia calabura
Picramnia antidesma
Piscidia piscipula
Sapindus saponaria
Senna atomaria
Senna racemosa var. *racemosa*
Simarouba glauca
Spondias mombin
Trichilia glabra
Trichilia havanensis

ESTRATO ARBUSTIVO

Abutilon permolle
Acacia angustissima
Acacia collinsii
Acacia farnesiana
Acacia gaumeri
Acacia pennatula
Senna occidentalis
Senna uniflora
Acacia riparia
Acalypha arvensis
Bauhinia divaricata
Bauhinia unguolata
Caesalpinia pulcherrima
Calliandra capillata
Calliandra houstoniana
Callicarpa acuminata
Chamacrista flexuosa
Cochlospermum vitifolium
Dalbergia glabra
Desmanthus virgatus
Gossypium hirsutum
Hampea trilobata
Heliocarpus donnell-smithii
Hibiscus clipeatus
Indigofera suffruticosa

Lisianthus axillaris
Malvaviscus arboreus var. *arboreus*
Mimosa albida
Mimosa bahamensis
Mimosa pigra
Neomillspaughia emarginata
Piper auritum
Pithecellobium albicans
Pithecellobium microstachyum
Pithecellobium pachypus
Pithecellobium platylobum
Psidium guajava
Senna undulata
Senna villosa
Tecoma stans
Thevetia ahouai
Trema micrantha

ESTRATO HERBACEO

Acalypha alopecuroides
Aeschynomene americana var. *flabellata*
Aeschynomene fascicularis
Ageratum littorale
Argemone mexicana
Asclepias curassavica
Bidens pilosa
Boerhaavia caribaea
Calea peckii
Carica papaya
Cleome serrata
Cracca mollis
Cracca panamensis
Dalea carthagenensis var. *carthagenensis*
Desmodium glabrum
Desmodium incanum
Desmodium scorpiurus
Desmodium tortuosum
Eupatorium albicaule
Eupatorium daleoides
Euphorbia graminea
Euphorbia heterophylla
Hamelia patens

Heliotropium curassavicum
Heliotropium fruticosum
Macroptilium lathyroides
Mimosa pudica
Mirabilis jalapa
Psychotria pubescens
Rauvolfia heterophylla
Rhynchosia minima
Ruellia inundata
Sida acuta
Solanum verbascifolium
Spigelia anthelmia
Viguiera dentada var. *helianthoides*

TREPADORAS

Amphilophium paniculatum var. *molle*
Bauhinia herrerae
Calonyction aculeatum
Calopogonium caeruleum
Canavalia brasiliensis
Centrosema galeottii

Centrosema plumieri
Centrosema virginianum
Cissampelos pareira
Evolvulus alsinoides
Galactia discolor
Galactia multiflora
Galactia striata
Heteropteris beecheyana
Jacquemontia nodiflora
Jacquemontia pentantha
Macroptilium atropurpureum
Mandevilla subsagittata
Merremia tuberosa
Merremia umbellata

Nissolia fruticosa var. *fruticosa*
Quamoclit hederifolia
Rhynchosia longeracemosa
Smilax mollis
Stizolobium pruriens
Tetrapteris schiedeana
Vigna candida
Vigna elegans

APÉNDICE 2

Relación de especies descritas para la vegetación de Quintana Roo por Granados *et al.* (1998)

Transecto fisonómico Región Norte

APÉNDICE 2.1

SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA

ESTRATO ARBÓREO (NO MAYOR DE 20 m)

Brosimum alicastrum
Cordia gerascanthus
Talisia olivaeformis
Thrinax radiata
Exothea diphylla
Nectandra coriacea
Manilkara zapota
Myrcianthes frugans
Sisderoxylon gaumeri
Neea psychotrioides
Calypttranthes pallens
Bauhinia divaricata
Caesalpinia violacea
Amyris attenuata
Guettarda comsii
Dryptes lateriflora
Daphnopsis americana
Casearia nitida
Diospyros nicaraguensis
Bursera simaruba
Bunchosia swartziana
Parathesis cubana
Protium copal
Coccothrinax readii
Malmea depressa
Coccoloba acapulcensis
Laetia thamnina
Vitex gaumeri
Pouteria kunilocularis

APÉNDICE 2.2

SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA (NO MAYOR DE 12 m)

Manilkara zapota
Pilocarpus racemosa
Coccothrinax readii
Gymnanthes lucida
Pseudophoenix sargentii
Sebastiania adenophora
Gymnopodium floribundum
Cordia dodecandra
Coccoloba cozumelensis
Metopium brownei
Caesalpinia gaumeri
Hampea trilobata
Ottoschulzia pallida
Calypttranthes pallens
Neea psychotrioides
Croton campechianus
Malpighia emarginata
Vites gaumeri
Bumelia obtusifolia
Dryptes lateriflora
Thevetia gaumeri
Thouinia conscens
Croton niveus
Plumeria obtusa
Diospyros cuneata
Diospyros nicaraguensis
Coccoloba acapulcensis
Nectandra coriacea
Bunchosia swartziana
Beaucarnea ameliae

APÉNDICE 2.3
VEGETACIÓN DE DUNAS CON MATORRAL
COSTERO
ESTRATO HERBÁCEO

Bravaisia tubiflora
Althernanthera ramossisima
Hymonocallis caribea
Tournefortia gnaphaloches
Ageratum littoralis
Ambrosia hispida
Borrichia Frutescens
Flaveria linearis
Melanthera aspera
Calonyction aculeata
Cuscuta americana
Ipomea pes-caprae
Cakile edentula
Eleocharis caribea
Fimbristylis sp.
Chamaesyce dioica
Euphorbia buxifolia
Scaevola plumieri
Cenchrus echinatus
Cenchrus incertus
Distichlis apicata
Storin geniculata
Storin virginicus
Neea psychotrioides
Passiflora foetida
Rivina humilis
Coccoloba uvifera
Portulaca oleracea
Chrysobalanus icaco
Ernodea littoralis
Strumpfia maritima
Solanum amazonium
Sesnivium portulacastrum

ESTRATO ARBUSTIVO

Agave angustifolia
Metopium brownei
Echites umbellata
Capparis incana
Chrysobalanus icaco
Borreria verticillata
Ambrosia hispida
Lippia nodiflora
Coccoloba uvifera
Bumelia retusa

Transecto fisonómico de la Zona Central

APÉNDICE 2.4
SELVA MEDIANA SUPERENNIFOLIA

Brosimum alicastrum
Manilkara zapota
Talisia olivaeformis
Matichodendron foetidissimum
Pouteria unicularis
Nectandra coriacea
Drypetes lateriflora

APÉNDICE 2.5
SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA

Bursera simaruba
Caesalpinia gaumeri
Ottoschulzia pallida
Lysiloma latisilqua
Metopium brownei
Thrinax radiata
Coccothrinax readii
Pseudophoenix sargentii
Gymnopodium floribundum

APÉNDICE 2.6
MANGLAR

Laguncularia racemosa
Acrosticum daneafolium
Ipomea sargentii
Rhabdadenia biflora
Rhizophora mangle
Fuirena breviseta
Conocarpus erecta
Eleocharis cellulosa

APÉNDICE 2.7
SABANA

Cladium jamaicensis
Eleocharis cellulosa
Sagittaria lancifolia
Bletia purpurea
Typha domingensis
Eleocharis caribea
Pgragnutes aystrakus
Rhynchospora nervosa
Pluchea purpurasc

APÉNDICE 2.8
TASISTAL

Acoelorrhaphe wrightii
Cladium jamaicensis

Rhynchospora tracyi
Eleocharis cellulosa
Eleocharis caribea
Panicum tenerum

APÉNDICE 2.9
VEGETACIÓN DE DUNAS

Suriana maritima
Hymenochallis caribea
Euphorbia buxifolia
Coccoloba uvifera
Thrinax radiata
Ambrosia hispida
Soporobulus virginicus
Ernodea littoralis
Eleocharis caribea
Metopium brownei
Lippia nodiflora
Sesuvium portulacastrum
Strumpfia maritima
Rachicallis americana
Ernodea littoralis

APÉNDICE 3

Relación de especies del estrato arbóreo y arbustivo de una selva mediana subperennifolia descrita por Granados *et al.* (1997)

ESTRATO ARBOREO

Cedrela odorata
Swietenia macrophylla
Swartzia cubensis
Pouteria unilocularis
Brosimum alicastrum
Alseis yucatanensis
Pseudobombax ellipticum
Coccoloba acapulcensis
Sabal japa
Manilkara zapota
Chrysophyllum mexicanum
Cordia alliodora
Coccoloba spicata
Krugiodendron ferreum
Lysiloma bahamensis
Guettarda elliptica
Suelania guadonia
Bursera simaruba

ESTRATO ARBUSTIVO

Coccoloba spicata
Coccoloba cozumelensis
Alseis yucatanensis
Sckingia salvadorensis
Hippocratea celestroides
Caesalpinia platyloba

APÉNDICE 4

Relación de especies del estrato arbóreo y arbustivo de dos sitios de una selva mediana subcaducifolia de Quintana Roo descrita por Duran (1986).

APÉNDICE 4.1

ESTRATO ARBUSTIVO, SITIO RAMONAL

ESTRATO ARBOREO, SITIO RAMONAL

Manilkara zapota
Pilocarpus racemosus
Pseudophoenix sargentii
Gymnanthes lucida
Coccothrinax readii
Metopium brownei
Sebastiania adenophora
Gymnopodium floribundum
Coccoloba cozumelensis
Caesalpinia gaumeri
Cordia dodecandra
Hampea trilobata
Neea psychotrioides
Calypttranthes pallens
Ottoschulzia pallida
Malpighia emarginata
Vitex gaumeri
Beaucarnea ameliae
Croton campechianus
Thouinia canescens
Bumelia obtusifolia
Thevetia gaumeri
Plumeria obtusa
Drypetes lateriflora
Croton niveus
Diospyros cuneata
Diospyros nicaraguensis
Bunchosia swartziana
Coccoloba acapulcensis

Coccothrinax readii
Pilocarpus racemosus
Gymnanthes lucida
Pseudophoenix sargentii
Manilkara zapota
Coccoloba cozumelensis
Hampea trilobata
Sebastiania adenophora
Diospyros nicaraguensis
Plumeria obtusa
Amyris sp.
Nectandra coriacea
Coccoloba acapulcensis
Jacquinia aurantiaca
Calypttranthes pallens
Ottoschulzia pallida
Randia aculeata
Hiraea obovata
Diospyros cuneata
Eugenia axilaris
Esembeckia berlandieri
Pithecellobium stevensonii
Jatropha gaumeri
Gymnopodium floribundum
Cordia dodecandra
Malvaviscus arboreus
Asemnanthe pubescens
Chiococca alba
Chamaedorea seifrizii

APÉNDICE 4.2

ESTRATO ARBOREO, SITIO XEL-HA

Pseudophoenix sargentii
Coccoloba cozumelensis
Sebastiania adenophora
Beaucarnea ameliae
Manilkara zapota
Myrcianthes fragrans
Thrinax radiata
Parathesis cubana
Gymnanthes lucida
Thevetia gaumeri
Drypetes lateriflora
Coccothrinax readii
Elaeodendron xylocarpum
Metopium brownei
Diospyros cuneata
Neea psychotrioides
Coccoloba nov. Sp.
Bursera simaruba
Eugenia sp.
Randia aculeata
Caesalpinia gaumeri
Diospyros nicaraguensis
Gymnopodium floribundum
Plumeria obtusa
Croton niveus
Hampea trilobata
Krugiodendron ferreum
Bunchosia swartziana
Pithecellobium keyense

Eugenia axilaris

ESTRATO ARBUSTIVO, SITIO XEL-HA

Bravaisia tubiflora
Bromelia karatas
Sebastiania adenophora
Parathesis cubana
Coccoloba cozumelensis
Randia aculeata
Diospyros cuneata
Elaeodendron xylocarpum
Myrcianthes fragrans
Drypetes lateriflora
Eugenia sp.
Gymnopodium floribundum
Coccothrinax readii
Eugenia buxifolia
Diospyros nicaraguensis
Thrinax radiata
Bunchosia swartziana
Capparis cynophallophora
Psychotria nervosa
Plumeria obtusa
Neea psychotrioides
Manilkara zapota
Metopium brownei
Chiococca alba
Thouinia canescens
Asemnanthe pubescens
Exothea diphylla
Amyris sp.
Coccoloba nov. Sp.