

"ENSEÑAR LA EXPLOTACION DE
LA TIERRA. NO LA DEL HOMBRE"

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

PROGRAMA DE POSGRADO

DINÁMICA SUCESIONAL EN UN BOSQUE TROPICAL AFECTADO POR DISTURBIOS EN LA ZONA NORTE DE QUINTANA ROO

//

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

MARÍA ANGÉLICA NAVARRO MARTÍNEZ



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
CENA DE EXAMENES PROFESIONALES

CHAPINGO, MÉXICO. 1995



DX 85152
- 151209

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

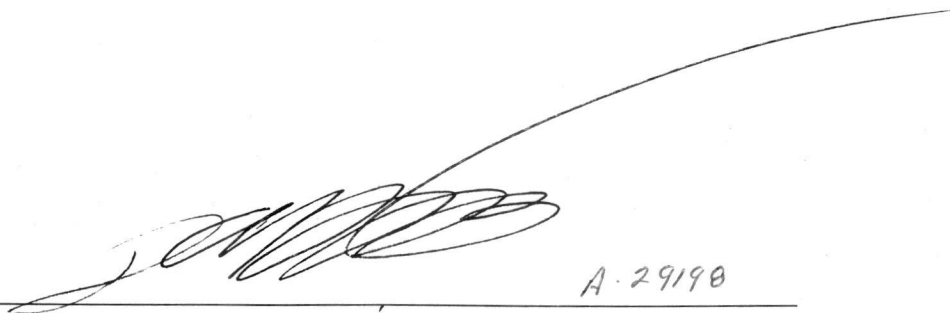
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

PRESIDENTE:



DR. DIÓDORO GRANADOS SÁNCHEZ

ASESOR:



A-29190

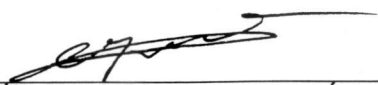
M. C. DANTE A. RODRÍGUEZ TREJO

ASESOR:

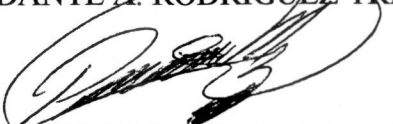


M.C. PEDRO A. MACARIO MENDOZA

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

PRESIDENTE: 
DR. DIODORO GRANADOS SÁNCHEZ

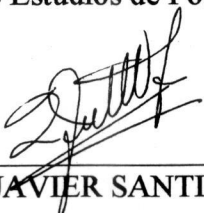
ASESOR: 
M. C. DANTE A. RODRÍGUEZ TREJO

ASESOR: 
M. C. PEDRO A. MACARIO MENDOZA

Representante de la Coordinación de Estudios de Postgrado de la División de Ciencias Forestales y del Ambiente:


DR. HUGO RAMÍREZ MALDONADO

Representante de la Coordinación de Estudios de Postgrado de la UACH:


M. C. JAVIER SANTILLAN PÉREZ

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

Chapingo, México a 24 días del mes de agosto de 1995

Somos parte de la Tierra, asimismo ella es parte de nosotros. Las flores perfumadas son nuestras hermanas; el venado, el caballo, la gran aguililla, éstos son nuestros hermanos...

...¿Dónde está el matorral? Destruído
¿Dónde está el águila? Desapareció.
Termina la vida y empieza la sobrevivencia.

Jefe Seattle (1854)

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por apoyar mis estudios de posgrado durante mi estancia en la Universidad Autónoma Chapingo.

A Chapingo y en especial a la División de Ciencias Forestales y del Ambiente por brindarme la oportunidad de realizar la maestría en tan digna institución de enseñanza, investigación y servicio.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Campo Experimental Forestal "San Felipe Bacalar" y al Distrito de Desarrollo Rural No. 3 por facilitarme la información necesaria para la elaboración de este documento.

Al Dr. Diódoro Granados Sánchez por su valiosa colaboración en la dirección de la presente investigación, por su enseñanza y su amistad. A los M. en C. Dante Arturo Rodríguez Trejo y Pedro Antonio Macario Mendoza por sus valiosas observaciones y sugerencias y por formar parte de mi comité asesor.

De manera muy especial al Dr. Hugo Ramírez Maldonado por todo el apoyo brindado durante el periodo de la maestría y al M. en C. Javier Santillán Pérez por su participación en la revisión del documento final.

A la Bióloga Juana Huerta Crespo y al Ing. Carlos Francisco Romanh de la Vega por su constante enseñanza, disposición, amistad y por ser verdaderos **MAESTROS**. A todos los profesores que contribuyeron con su granito de arena para formar la persona que ahora soy.

A los Ing. Xavier García Cuevas, Bartolo Rodríguez Santiago y José Angel Guardado Contreras y a sus respectivas esposas por todo el apoyo brindado durante mi estancia en Bacalar y principalmente por su confianza y amistad.

Al Ing. Alfredo Nolasco Martínez y a todo su equipo de colaboradores por la información facilitada, apoyo y asesoría.

A los señores Ruperto Borges Arceo y Felipe Sabido Ojeda por su colaboración en la toma de información de campo y colecta de ejemplares botánicos. Al Sr. Francisco Ramos Marchena por su participación en la identificación de los ejemplares de herbario colectados.

A la Srita. Ma. Raquel Arceo Puc por su valioso apoyo en la captura de información de campo.

A Conchita, Alfredo, Jorge Luis, Vidal, Francisco Manuel, Irma, por los momentos compartidos. A Rocio y Pili por su amistad y apoyo total.

A todas aquellas personas e instituciones que contribuyeron de alguna manera en la realización de esta investigación.

A mis PADRES con todo mi amor, admiración y respeto por
el apoyo y comprensión brindados.

A mis hermanos por su comprensión

A Rafita por traer nuevamente la felicidad a la casa

INDICE

	Pagina
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA	
3.1. SUCESIÓN ECOLÓGICA	4
3.1.1. ESTUDIOS SOBRE SUCESIÓN ECOLÓGICA EN ECOSISTEMAS TROPICALES	10
3.1.2. MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA SUCESIÓN	12
3.1.3. MÉTODOS DE MANEJO DE LA SUCESIÓN	16
3.2. EFECTO DE LOS HURACANES SOBRE LA VEGETACIÓN Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ECOSISTEMAS TROPICALES	18
3.3. SUPERFICIE AFECTADA POR LOS INCENDIOS FORESTALES	22
3.4. ALGUNAS INVESTIGACIONES EN LA ZONA DE ESTUDIO	26
3.5. REGENERACIÓN Y DINÁMICA DEL BOSQUE	27
3.5.1. COLONIZACIÓN DE CLAROS	30

3.5.2. ATRIBUTOS DE ESPECIES SUCESIONALES TROPICALES	32
3.5.3. REGENERACIÓN DEL BOSQUE DESPUÉS DE INCENDIO	34
3.5.4. EL IMPACTO DE LOS INCENDIOS SOBRE EL SUELO	36
3.5.5. LA REPOBLACIÓN DEL BOSQUE TROPICAL	37
4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	
4.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	38
4.2. CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS	
4.2.1. OROGRAFÍA	40
4.2.2. GEOLOGÍA	41
4.2.3. EDAFOLOGÍA	42
4.2.4. HIDROLOGÍA	43
4.2.5. CLIMA	43
4.3. VEGETACIÓN	44
4.4. FAUNA SILVESTRE	49
4.5. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	
4.5.1. POBLACIÓN	50

4.5.2. USO ACTUAL DEL SUELO	50
4.5.3. SILVICULTURA	52
4.5.4. SITUACIÓN FORESTAL ACTUAL	54
5. METODOLOGÍA	55
5.1. FASE DE GABINETE	55
5.1.1. ELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	55
5.1.2. DISEÑO DE MUESTREO	56
5.2. FASE DE CAMPO	58
5.2.1. REGISTRO DE LOS DATOS	58
5.2.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES	59
5.2.3. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD	60
5.3. ANÁLISIS DE LOS DATOS	61
5.3.1. DENSIDAD	61
5.3.2. FRECUENCIA	61
5.3.3. DOMINANCIA	62
5.3.4. DIVERSIDAD	64

5.3.5. COMPLEJIDAD	66
5.3.6. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA REGENERACIÓN	68
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
6.1. SITIO 1	69
6.1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA	69
6.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA REMANENTE	70
6.1.2.1. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA	70
6.1.2.2. ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN	73
6.1.2.3. MORTALIDAD	76
6.1.3. CARACTERÍSTICAS DE LA REGENERACIÓN	76
6.1.3.1. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA, ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	76
6.1.3.2. ATRIBUTOS DE LA REGENERACIÓN	79
6.1.3.3. DINÁMICA DE LA REGENERACIÓN	81
6.2. SITIO 2	85
6.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA	85
6.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA REMANENTE	86

6.2.2.1. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA	86
6.2.2.2. ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN	87
6.2.2.3. MORTALIDAD	87
6.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA REGENERACIÓN	89
6.1.3.1. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA, ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	89
6.2.3.2. ATRIBUTOS DE LA REGENERACIÓN	91
6.2.3.3. DINÁMICA DE LA REGENERACIÓN	93
6.3. SITIO 3	97
6.3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA	97
6.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA REMANENTE	97
6.3.2.1. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA	98
6.3.2.2. ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN	99
6.3.2.3. MORTALIDAD	99
6.3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA REGENERACIÓN	101
6.1.3.1. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA, ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	101
6.3.3.2. ATRIBUTOS DE LA REGENERACIÓN	103

6.3.3.3. DINÁMICA DE LA REGENERACIÓN	105
6.4. SITIO 4	107
6.4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA	107
6.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA REMANENTE	108
6.4.2.1. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA	108
6.4.2.2. ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN	110
6.4.2.3. MORTALIDAD	110
6.4.3. CARACTERÍSTICAS DE LA REGENERACIÓN	112
6.4.3.1. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA, ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	112
6.4.3.2. ATRIBUTOS DE LA REGENERACIÓN	114
6.4.3.3. DINÁMICA DE LA REGENERACIÓN	116
6.5 DISCUSIÓN GENERAL	119
6.5.1. VEGETACIÓN REMANENTE	119
6.5.1.1. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN	119
6.5.1.2. DOMINANCIA Y DIVERSIDAD TOTALES	124
6.5.1.3. DENSIDAD TOTAL	126

6.5.1.4. COMPLEJIDAD	127
6.5.2. REGENERACIÓN	128
6.5.2.1. DOMINANCIA Y DIVERSIDAD TOTALES	128
6.5.2.2. DENSIDAD TOTAL	129
6.5.2.3. DINÁMICA DE LA REGENERACIÓN	130
7. CONCLUSIONES	132
8. LITERATURA CITADA	135
ANEXO I. FORMATO PARA LA TOMA DE DATOS DENDROMÉTRICOS EN CAMPO	
ANEXO II. FORMATO PARA LA TOMA DE DATOS SOBRE LA REGENERACIÓN EN CAMPO	
ANEXO III. ATRIBUTOS DE LA ESTRUCTURA REMANENTE POR SITIO	
ANEXO IV. LISTA FLORÍSTICA GENERAL DE LA ZONA NORTE DE QUINTANA ROO	

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Superficie afectada por los incendios de 1989 en la zona norte de Quintana Roo.	23
Cuadro 2. Características de las especies sucesionales tempranas y tardías	33
Cuadro 3. Superficie y población de los municipios que integran en área de estudio	50
Cuadro 4. Aspectos socioeconómicos de la región afectada por el huracán "Gilberto" en 1988 y los incendios forestales en 1989 en el norte de Quintana Roo	53
Cuadro 5. Especies presentes en la estructura remanente afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios forestales en Central Vallarta, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo para el año de 1994.	71
Cuadro 6. Especies leñosas encontradas en la regeneración natural de la vegetación afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios en Central Vallarta a cinco años de la ocurrencia de los disturbios	78
Cuadro 7. Índice de Dominancia de Sarukhán para la regeneración natural de la vegetación afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios en Central Vallarta a cinco años de la ocurrencia de los disturbios	80

Cuadro 8. Indices de Diversidad de Shannon-Wiener y Simpson para la regeneración natural en los sitios afectados por el huracán Gilberto y los incendios forestales de 1989 en el norte de Quintana Roo para el año de 1994.	81
Cuadro 9. Dinámica de la regeneración natural en un bosque tropical afectado por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios en Central Vallarta, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.	82
Cuadro 10. Especie presentes en la estructura remanente afectada por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera moderada en Central Vallarta, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo para el año de 1994.	86
Cuadro 11. Especies leñosas encontradas en la regeneración natural de la vegetación afectada por el huracán Gilberto e incendios de manera moderada en Central Vallarta a cinco años de la ocurrencia de los disturbios	90
Cuadro 12. Indice de Dominancia de Sarukhán para la regeneración natural de la vegetación afectada por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera moderada en Central Vallarta a cinco años de la ocurrencia de los disturbios	92
Cuadro 13. Dinámica de la regeneración natural en un bosque tropical afectado por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera moderada en Central Vallarta, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.	94
Cuadro 14. Especie presentes en la estructura remanente afectada por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera intensa en Zona de Pozos, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo para el año de 1994.	98

Cuadro 15. Especies leñosas encontradas en la regeneración natural de la vegetación afectada por el huracán Gilberto e incendios de manera intensa en la Zona de Pozos a cinco años de la ocurrencia de los disturbios	102
Cuadro 16. Índice de Dominancia de Sarukhán para la regeneración natural de la vegetación afectada por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera intensa en Zona de Pozos a cinco años de la ocurrencia de los disturbios	104
Cuadro 17. Dinámica de la regeneración natural en un bosque tropical afectado por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera intensa en Zona de Pozos, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.	106
Cuadro 18. Especies presentes en la estructura remanente afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios forestales en la Zona de Pozos, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo para el año de 1994.	109
Cuadro 19. Especies leñosas encontradas en la regeneración natural de la vegetación afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios en la Zona de Pozos a cinco años de la ocurrencia de los disturbios	113
Cuadro 20. Índice de Dominancia de Sarukhán para la regeneración natural de la vegetación afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios forestales en la Zona de Pozos a cinco años de la ocurrencia de los disturbios	115
Cuadro 21. Comportamiento de la regeneración natural en un bosque tropical afectada afectadopor el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios forestales en la Zona de Pozos, Quintana Roo	117

- Cuadro 22. Índice de Dominancia de Sarukhán para la estructura remanente afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios forestales en Central Vallarta a cinco años de la ocurrencia de los disturbios Apend. III
- Cuadro 23. Índice de Dominancia de Sarukhán para la estructura remanente afectada por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera moderada en Central Vallarta a cinco años de la ocurrencia de los disturbios Apend. III
- Cuadro 24. Índice de Dominancia de Sarukhán para la estructura remanente afectada por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera intensa en la Zona de Pozos a cinco años de la ocurrencia de los disturbios Apend. III
- Cuadro 25. Índice de Dominancia de Sarukhán para la estructura remanente afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios forestales en la Zona de Pozos a cinco años de la ocurrencia de los disturbios Apend. III
- Cuadro 26. Número de individuos, frecuencia e Índices de Diversidad de Shannon -Wiener y Simpson para la estructura remanente en los sitios afectados por el huracán Gilberto y los incendios forestales de 1989 en el norte de Quintana Roo para el año de 1994. Apend. III
- Cuadro 27. Número de individuos, especies y valores de diversidad reportados por distintos autores para bosques tropicales de América. 126
- Cuadro 28. Índice de Complejidad para las cuatro condiciones de estudio a cinco años de la ocurrencia de los disturbios, en el norte de Quintana Roo 127
- Cuadro 29. Principales características de la vegetación remanente para cada uno de los sitios afectados por el huracán Gilberto y los incendios de 1989, en la zona norte de Quintana Roo 133

Cuadro 30. Especies más abundantes en la regeneración natural de la vegetación derivada de un bosque tropical perennifolio afectado por el huracán Gilberto y los incendios de 1989 en el norte de Quintana Roo	134
---	-----

Cuadro 31. Principales características de la regeneración natural para cada uno de los sitios afectados por el huracán Gilberto y los incendios de 1989 en la zona norte de Quintana Roo	134
--	-----

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Diferentes interpretaciones sobre la sucesión vegetal	7
Figura 2. Modelos de sucesión vegetal	9
Figura 3. Diferentes tipos de parcelas permanente empleadas en estudios de sucesión	14
Figura 4. Principales componentes del manejo de la sucesión	17
Figura 5. Ruta seguida por el huracán Gilberto en septiembre de 1988 la zona norte de Quintana Roo.	20
Figura 6. Superficie afectada por los incendios forestales de 1989, en el norte de Quintana Roo.	24
Figura 7. Modelo de la dinámica en un bosque tropical propuesto por Oldeman (1989)	28
Figura 8. Localización del área de estudio	39
Figura 9. Diagramas ombrotérmicos de las estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de estudio	45
Figura 10. Principales tipos de vegetación en la zona de estudio	46

Figura 11. Diseño de las unidades de muestreo empleadas para la toma datos	57
Figura 12. Valores de complejidad propuestos por Holdridge (1979) para diferentes comunidades vegetales del mundo	67
Figura 13. Estructura de la vegetación afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios forestales en Central Vallarta, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, para el año de 1994	74
Figura 14. Comportamiento de la regeneración natural de las especies dominantes en la vegetación afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios forestales (Central Vallarta.)	84
Figura 15. Estructura de la vegetación afectada por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera moderada en Central Vallarta, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, para el año de 1994	88
Figura 16. Comportamiento de la regeneración natural de las especies dominantes en la vegetación afectada por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera moderada (Central Vallarta.)	96
Figura 17. Estructura de la vegetación afectada por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera intensa en la Zona de Pozos, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, para el año de 1994	100
Figura 18. Comportamiento de la regeneración natural de las especies dominantes en la vegetación afectada por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera intensa (Zona de Pozos).	107

Figura 19. Estructura de la vegetación afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios forestales en la Zona de Pozos, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, para el año de 1994	111
Figura 20. Comportamiento de la regeneración natural de las especies dominantes en la vegetación afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios forestales Zona de Pozos).	118
Figura 21. Estructura de la vegetación en un acahual de un año de edad, aledaño a la zona afectada por los disturbios naturales en 1988 y 1989, en el norte de Quintana Roo.	121
Figura 22. Estructura de la vegetación en un acahual de dos años de edad, aledaño a la zona afectada por los disturbios naturales en 1988 y 1989, en el norte de Quintana Roo.	122
Figura 23. Estructura de la vegetación en un acahual de cinco años de edad, aledaño a la zona afectada por los disturbios naturales en 1988 y 1989, en el norte de Quintana Roo.	123
Figura 24. Número de especies en la regeneración natural a través del proceso sucesional durante cinco años después de ocurridos los eventos de disturbio en el norte de Quintana roo.	131

DINÁMICA SUCESIONAL EN UN BOSQUE TROPICAL AFECTADO POR DISTURBIOS NATURALES EN LA ZONA NORTE DE QUINTANA ROO

1. INTRODUCCIÓN

En los trópicos los estudios de la vegetación se enfrentan al problema de identificar y conocer las numerosas especies que constituyen los bosques tropicales; así como el de definir la fase sucesional en que éstas se encuentran y con ello determinar los patrones de su dinámica de crecimiento en el espacio y a través del tiempo con la finalidad de aplicar las técnicas de manejo silvícola adecuadas para su aprovechamiento en forma sostenible.

Los bosques tropicales son sistemas complejos en equilibrio dinámico, pero muy frágiles a la perturbación debido a la gran diversidad de especies que albergan y a la gran interacción entre ellos y su medio (Macario M., 1991). Además son considerados una fuente potencial de alimento y otros beneficios (vivienda, madera, leña, combustible, taninos, colorantes, medicamentos, energía y ganancias económicas, entre otros) para el hombre.

En la actualidad, los bosques tropicales del mundo están siendo destruidos casi sin excepción; entre las principales causas de esta destrucción se encuentran, además del aprovechamiento forestal intensivo, la agricultura migratoria y el cambio de uso del suelo; así como la presencia de disturbios naturales e inducidos.

De manera natural, la perturbación de un ecosistema forestal tropical puede ser ocasionada por fenómenos tales como rayos, huracanes (Blood *et al.*, 1991; Brokaw *et al.*, 1991; Whigham *et al.*, 1991), caída de árboles (Martínez-Ramos, 1985; Martínez-

Ramos *et al.*, 1988) plagas y enfermedades, “derrumbes” (Guariguata, 1990), incendios forestales (Larsen, 1929; López-Portillo *et al.*, 1990; Kauffman, 1991), entre otros o inducida por el hombre mediante actividades agropecuarias (Daubenmire, 1972; Hall y Okali, 1979), aprovechamientos forestales (extracción selectiva o completa), inundaciones por construcción de presas y todos aquellos agentes que modifican la dinámica sucesional y otros procesos naturales de las comunidades vegetales; dichas perturbaciones presentan diferentes grados de afectación, extensión y tiempo de duración.

El tipo, frecuencia y magnitud del disturbio determinan la composición y estado sucesional de los rodales. Disturbios catastróficos en bosques naturales inducen la “reversión” a estados pioneros de la sucesión; mientras que disturbios muy suaves tienden a mantener un bosque maduro en estado relativamente estable. Aunque también algunos ecosistemas templados como muchos pinares son mantenidos mediante el uso del fuego.

En general, los bosques tropicales son mucho más frágiles que los templados (Kozlowski, 1979 citado por Kozlowski *et al.*, 1991).

Diversos autores (Gómez-Pompa y Wiechers, 1983; Gómez-Pompa y Vázquez-Yañez, 1985; Patiño y Marín, 1991; Granados y Ortega, 1993, entre otros) mencionan que la sucesión se inicia con la perturbación de la vegetación, que substancialmente destruye la estructura de la comunidad primaria y termina cuando se ha alcanzado la etapa clímax (Emmel, 1975; Colinvaux, 1978). La sucesión involucra la inmigración y desaparición de especies asociadas con cambios en la abundancia relativa de las diferentes plantas. Así, la sucesión representa una “comunidad dinámica” sobre una escala de tiempo dependiente de la vida de las plantas (Kozlowski *et al.*, 1991).

De esta manera la presencia de disturbios juega un papel importante en la estructura y dinámica de las comunidades forestales (Martínez-Ramos, *et al.*, 1988 citado por García, *et al.*, 1991), ya que la composición florística y aumento de las especies secundarias después del disturbio pueden variar notablemente en función de una gran cantidad de factores que cambian de manera independiente, y que dan como resultado diferentes

etapas sucesionales, incluso dentro de una misma región (INIREB, 1983 citado por García, *et al.* 1991).

Han sido muchos los intentos por definir a la sucesión vegetal; sin embargo, todos los autores concuerdan en que ésta puede ser el proceso que involucra el reemplazo de una comunidad de plantas por otra, a través del tiempo y el espacio; dicho reemplazo incluye cambios en la composición florística, fisonómica y estructural de la vegetación.

Tomando en cuenta lo antes mencionado, los objetivos que se plantean para la presente investigación son los siguientes:

2. OBJETIVO GENERAL

Conocer la dinámica bajo la cual se ha desarrollado el bosque tropical de la región norte del estado de Quintana Roo al cabo de cinco años, después de haber sido afectada por disturbios naturales.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los procesos de regeneración natural del bosque tropical en sitios afectados por el huracán "Gilberto" y los incendios forestales ocurridos en 1989 en el estado de Quintana Roo, después de cinco años de su ocurrencia.
- Evaluar los procesos y tendencias sucesionales que han seguido las especies forestales en el restablecimiento de dichos sitios después de cinco años.
- Conocer la estructura y composición florística de la vegetación en áreas afectadas por los disturbios naturales ocurridos entre 1988 y 1989 en Quintana Roo.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. SUCESIÓN ECOLÓGICA

La sucesión vegetal ha sido idealizada como un proceso mediante el cual cambian las características estructurales y funcionales de una comunidad forestal que se regenera lentamente mediante un proceso de reemplazo.

En este contexto, la sucesión ecológica puede definirse como la secuencia característica de comunidades bióticas que ocupan sucesivamente un espacio y son reemplazadas unas por otras en un ambiente particular en un tiempo dado, ya sea siguiendo un disturbio (sucesión secundaria) de la comunidad original o por la formación de una nueva comunidad (sucesión primaria) en un ambiente no colonizado previamente.

La sucesión ecológica comienza con la colonización del área por especies pioneras, cuya composición es altamente variable y dependiente de las fuentes de semilla y del número de plantas colonizadoras (primaria) y/o sobrevivientes (secundaria) en el sitio; al inicio es un número muy pequeño, pero conforme avanza la sucesión, las condiciones van mejorando y un número mayor de ellas ocupa el área (Smith, 1966; Richards, 1979)

Una vez que han ocurrido los cambios, ya sean paulatinos o radicales, ninguna comunidad vegetal puede llegar a ser completamente estable por vieja que sea; dado que sus componentes varían en edad y complejidad potencial, siempre hay individuos seniles que se eliminan y son reemplazados inmediatamente por otras especies del mismo estrato que crecen hasta ocupar el lugar dejado (Oosting, 1958 citado por Sarukhán, 1964); al mismo tiempo, otras especies que se habían mantenido reprimidas por competencia, toman a su vez el sitio ocupado por las anteriores, permitiendo el desarrollo de nuevos individuos o especies. De esta manera la comunidad vegetal está caracterizada por un constante cambio (Cooper, 1927 citado por Sarukhán, 1964), más que por una estabilidad (Sarukhán, 1964).

La sucesión ecológica, proceso de desarrollo de un ecosistema, ocurre virtualmente en todos los tipos de ambientes encontrados en la Tierra, aunque los detalles varían de acuerdo al ecosistema (Kimmins, 1987).

Cuando no es interrumpida por fuerzas externas, la sucesión es direccional y por lo tanto, predecible. La sucesión ecológica comprende un cambio en los atributos (biomasa, diversidad, productividad, entre otros) de la comunidad y no solo es una secuencia de especies (Levy, 1990).

Los cambios en la sucesión secundaria no son desordenados, sino que están ligados a una serie de condiciones ecológicas variables, así como al historial de la perturbación realizada, que comprende el lapso entre la destrucción de la vegetación original y el principio de la sucesión (Sarukhán, 1964).

El reconocimiento de que la vegetación sufre cambios a través del tiempo es registrada en los primeros escritos botánicos. Aristóteles y Teofrasto, escribieron sobre ello, alrededor del año 300 a. C. Más tarde, Buffon (1947 citado por Colinvaux, 1993) observó que los bosques pueden sucederse entre sí, siguiendo un cierto orden regular y reconoció el proceso de sucesión autogénica (cuando los procesos geológicos ocasionan cambios en el ambiente físico y a su vez estos últimos actúan sobre la biota).

Esta idea adquirió mayor interés e importancia cuando los botánicos empezaron a clasificar las comunidades vegetales. En muchos escritos botánicos de Europa, a partir de 1870 (Waring, 1909 citado por Colinvaux, 1993), aparecía implícita la idea de la clasificación de zonas de vegetación, mediante relaciones sucesionales. Sin embargo, los intentos más interesantes se desarrollaron posteriormente en las investigaciones americanas; éstas trataban de explicar la existencia de bosques de hayas-arces en las viejas dunas de arena que se encuentran cerca del Lago Michigan.

Clements (1916), propone la primer teoría general de la sucesión describiéndola como el proceso de desarrollo de la vegetación a través de estados discretos que culminan en el

clímax regional único (Teoría del monoclímax). Para él el clímax era una entidad orgánica que de igual forma que cualquier organismo crece, madura y muere. La naturaleza del clímax era principalmente determinada por el clima.

Asimismo, Clements considera a la sucesión como un fenómeno universal, de cambio direccional y progresivo en la composición de especies de la comunidad, donde las plantas individuales son fielmente reemplazadas por reclutas de sus propias especies (Crawley, 1986).

La Figura 1 muestra diferentes interpretaciones de la sucesión, Clements, identificó los siguientes pasos en el desarrollo de la sucesión: a) exposición de un nuevo sustrato, b) migración de semillas, esporas o propágulos vegetativos, c) ecesis (germinación, establecimiento, crecimiento y reproducción de las especies), d) competencia entre las plantas establecidas, e) reacción, que implica los efectos autógenos de las plantas sobre el hábitat y f) estabilización del clímax determinado por el clima (Crawley, 1986; Levy, 1990; Luken, 1990).

Tansley (1920, 1935) define la sucesión como un proceso continuo de cambio en la vegetación, el cual puede estar separado por series o fases y en donde los factores de cambio pueden ser autógenos o alógenos (reemplazo de una comunidad por la siguiente debida a cambios en el ambiente físico, producidos, a la vez, por los organismos residentes).

Gleason (1927) considera a las comunidades vegetales como mosaicos de especies distribuidos al azar, en los que su estructura puede definirse en términos de su composición de especies determinada principalmente por migración y selección ambiental, las cuales operan independientemente en cada sitio.

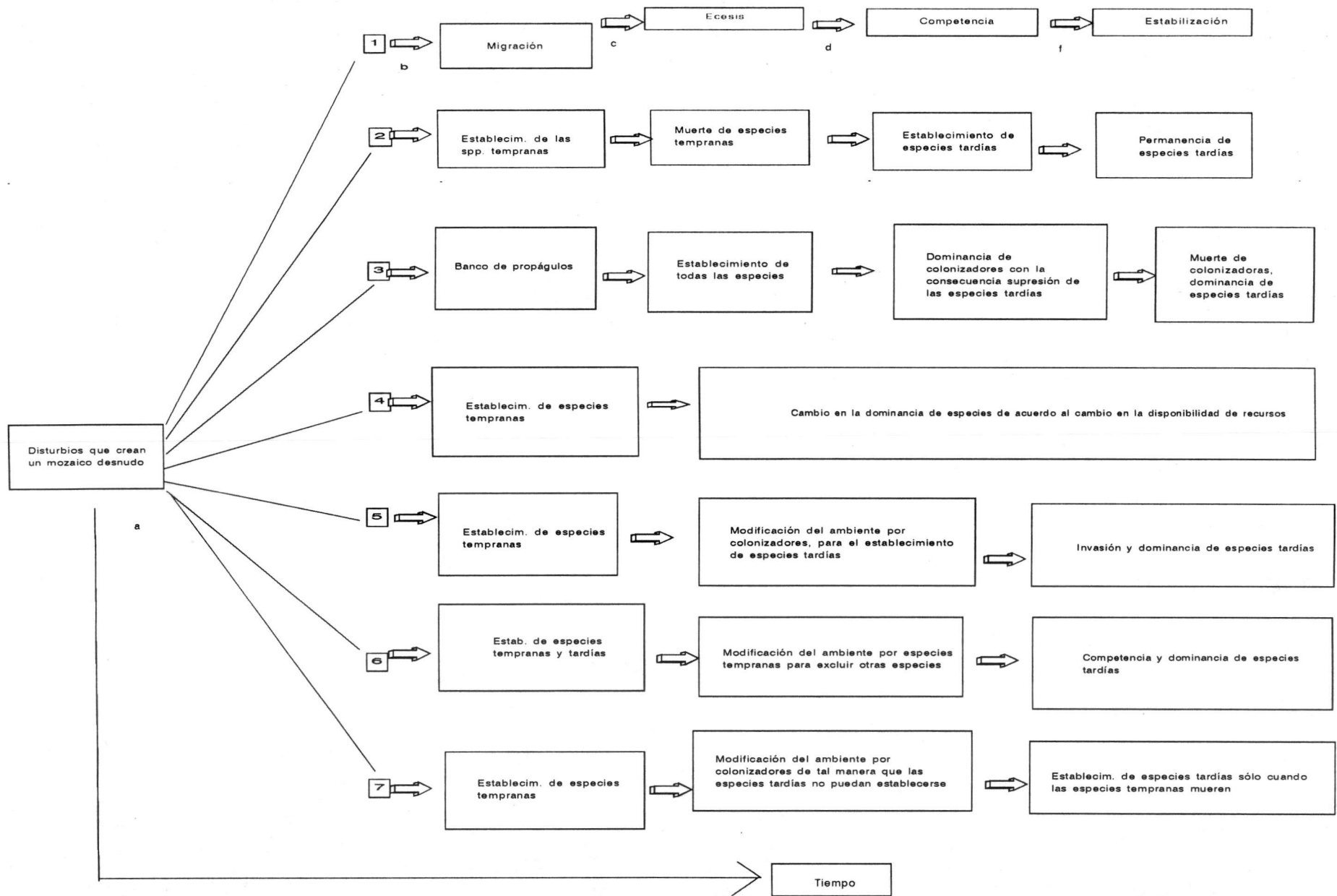


Figura 1. Diferentes interpretaciones de la sucesión vegetal (Modificado de Luken, 1990)

Contrario a las ideas de Clements, este mismo autor, puntualiza que todas las sucesiones (Teoría del policlímax) y comunidades se pueden explicar como la respuesta de la diseminación y establecimiento al azar de las plantas en forma individual, lejos de constituir un organismo. La formación no siempre es ordenada, sino solo el resultado de un proceso fortuito.

Margaleff (1963, 1968) y Odum (1986) describen a la sucesión ecológica como un cambio en la estructura de especies y los procesos de la comunidad en el tiempo. Mueller-Dumbois y Ellenberg (1974) concluyen que la sucesión, como un campo de estudio, tiene que ver con todos los cambios en la vegetación que suceden en el mismo hábitat a través del tiempo.

Debido a que cada especie tiene un óptimo para su crecimiento y reproducción y a los cambios en la disponibilidad de los recursos a través del tiempo, Drury y Nisbet (1973) visualizaron la sucesión como un proceso mediante el cual las plantas son arregladas en un ecosistema de acuerdo con un gradiente de recursos.

Connell y Slatyer (1977) desarrollan tres modelos (Figura 2) para la sucesión: a) facilitación, b) tolerancia y c) inhibición. El primero menciona que, a través de la sucesión, las especies vegetales preparan el terreno para el establecimiento de otras plantas. Sin embargo, al parecer, esto solo opera en situaciones donde una especie vegetal mejora fuertemente el estatus de nutrientes del suelo; por ejemplo, cuando plantas fijadoras de nitrógeno colonizan suelos pobres.

El segundo modelo hace referencia al hecho de que las especies vegetales que entran a la ruta sucesional después de que las colonizadoras iniciales se han establecido, pueden ser capaces de sobrevivir en lugares con una baja disponibilidad de recursos.

Finalmente, el modelo de la inhibición, propone que donde se establecieron algunas especies tempranas, éstas inhiben la invasión y crecimiento de otros componentes potenciales a lo largo de la sucesión.

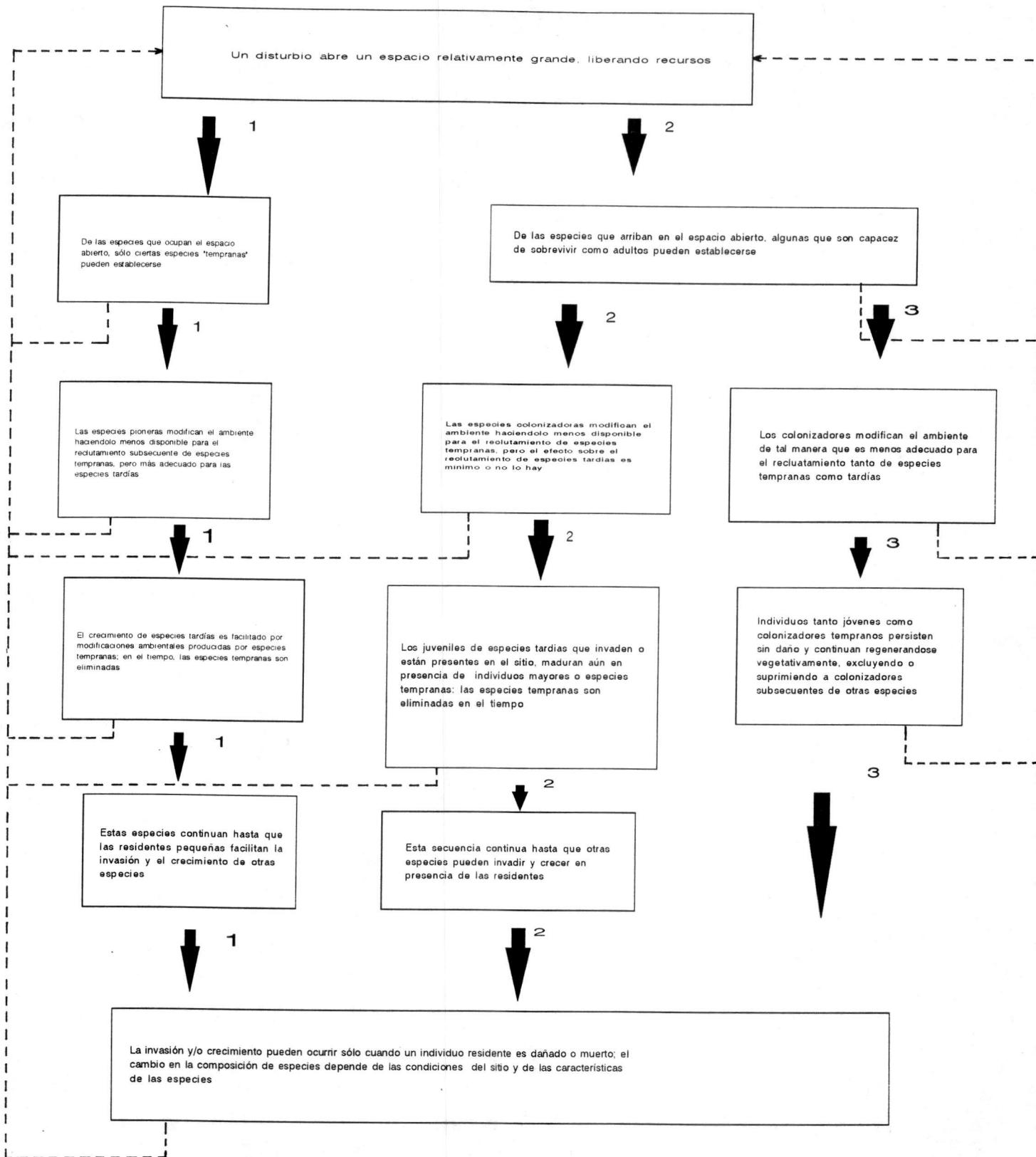


Figura 2. Modelos de sucesión. (---) indican la interrupción de la sucesión (Modificado de Kozlowski *et al.*, 1991).

En 1983, el filósofo y naturalista, Thoreau (citado por Colinvaux, 1993) describe la sucesión como un proceso mediante el cual los rodales de latifoliadas de edad uniforme reemplazan a los rodales de pino después de la explotación forestal, en el noreste de los Estados Unidos. Thoreau aplicó por primera vez el concepto de "sucesión forestal" para describir el reemplazo de especies de pino por latifoliadas como resultado de su aprovechamiento.

3.1.1. ESTUDIOS SOBRE SUCESIÓN ECOLÓGICA EN ECOSISTEMAS TROPICALES

El proceso de sucesión secundaria ha sido estudiado en diferentes zonas climáticas de la Tierra; principalmente en regiones templadas del Hemisferio Norte debido a la presencia de un mayor número de científicos interesados en este fenómeno. No obstante, es en las regiones tropicales, en donde la sucesión ecológica se presenta en una forma más evidente, en un tiempo relativamente corto y sin cambios drásticos aparentes ocasionados por el clima (Gómez-Pompa y Vázquez-Yañez, 1985).

La composición florística y crecimiento de las especies después del disturbio de un bosque tropical pueden variar notablemente entre regiones en función de una gran cantidad de factores que cambian de manera independiente, y que dan como resultado, sistemas sucesionales diferentes (Gómez-Pompa, *et al.*, 1983).

Kenoyer (1929), en sus trabajos llevados a cabo en Barro Colorado, Costa Rica, describe las etapas sucesionales y hace un análisis de los diversos estadios caracterizándolos florísticamente. Uno de los trabajos más importantes sobre sucesión en la zona tropical es el elaborado por Budowski (1963, 1965) en Costa Rica y Panamá, estudiando las etapas sucesionales en 16 parcelas en esa zona.

En México, los estudios sobre sucesión secundaria iniciaron con el trabajo de un grupo de investigadores encabezados por Faustino Miranda, quienes realizaron observaciones directas con la finalidad de integrar diferentes estadios sucesionales en una zona tropical (Gómez-Pompa y Guevara, 1977 citados por Centeno, 1989).

Sin embargo, fue hasta el año de 1959 que estos estudios comenzaron en forma ordenada en selvas altas perennifolias, a través de investigaciones sobre la ecología del barbasco (*Dioscorea composita* Hemsl.) llevadas a cabo por la Comisión de Estudios sobre la Ecología de Dioscoreas, cuyo objetivo principal fue realizar una descripción de las diferentes etapas sucesionales en distintas regiones del país.

De dichas investigaciones destacan los estudios realizados por Sousa (1964) y Sarukhán (1964) en la región de Tuxtepec, Oaxaca. Al primero, le interesó identificar las especies que indican la naturaleza de la vegetación original antes del disturbio; mientras que el segundo, se preocupó por estudiar la vegetación secundaria de edad y origen conocido empleando el método asincrónico.

Sánchez (1988) basado en el modelo de Zedler y Goff (1973) lleva a cabo un estudio de sucesión forestal en los bosques de la Estación Científica Las Joyas, en la Sierra de Manantlán, Jalisco encontrando que el bosque de *Pinus* tiende a ser reemplazado por el bosque mesófilo de montaña en ausencia de disturbio.

Centeno (1989) realiza un análisis estructural de cuatro etapas sucesionales de la selva mediana subperennifolia en Escárcega, Campeche; probando que los sitios permanentes de investigación silvícola son una herramienta adecuada para el estudio de la sucesión.

Levy (1990) lleva a cabo un estudio sincrónico de la estructura y composición de la vegetación leñosa con la finalidad de evaluar el proceso de sucesión secundaria en la Península de Yucatán; encontrando que la dominancia de las fase iniciales de la sucesión se manifiesta en las especies leñosas de crecimiento lento, las cuales presentan una alta densidad y una buena capacidad para propagarse vegetativamente.

3.1.2. MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA SUCESIÓN

Existe una gran variedad de métodos que pueden ser empleados para el estudio de la sucesión y para probar los efectos de las prácticas de manejo sobre ésta.

Dentro de los más comúnmente usados se encuentran los métodos sincrónicos y asincrónicos. Los primeros, permiten de forma directa y precisa, registrar el desarrollo de la vegetación a través del tiempo en un área dada; mientras que, los segundos, evalúan dichos cambios a partir del estudio de varias parcelas de edades conocidas y diferentes (Barbour *et al.*, 1980; UNESCO, 1980; Vázquez-Yañez, 1983; Gómez-Pompa y Vázquez-Yañez, 1985; Rodríguez, 1989).

Asimismo, los métodos sincrónicos permiten reconocer los cambios que la vegetación presenta en cuanto a su demografía, biomasa, cobertura, densidad y diversidad (Barbour, *et al.*, 1980).

Sin embargo, ambos métodos presentan ciertas limitaciones; aunque los métodos sincrónicos son más precisos, requieren de largos períodos de tiempo para hacer un estudio confiable del proceso de sucesión. Por lo que, en general, se tiene información sólo de los primeros estadios de la sucesión.

Por su parte, los métodos asincrónicos, son difíciles de aplicar, ya que los datos sobre sucesiones de más de 30 años generalmente son inciertos (UNESCO, 1980).

Mueller-Dombois y Ellenberg (1974) los clasifican en estudios de la misma área y estudios por comparaciones. En el primer caso, incluyen: a) sitios o parcelas permanentes con marcado de árboles y mediciones periódicas de su diámetro, altura y mortalidad; mientras que los arbustos y las herbáceas se evalúan por medio de su cobertura; b) sitios de exclusión, donde se eliminan los animales que pastan determinada área, para observar el desarrollo de la vegetación sin esta limitante; c) fotografías aéreas de un área tomadas en diferentes épocas, aunque esta es una excelente herramienta

comparativa, el nivel de detalle es limitado por la escala; d) registros históricos, que incluyen descripciones antiguas de la vegetación, ofrece poca precisión; evidencias de cambios en la vegetación actual (palinología).

De la misma manera, estos autores, apoyando a Clements (1916), proponen como técnicas apropiadas para el estudio de áreas forestales a las parcelas permanente, en las cuales se evalúan periódicamente los cambios en altura, diámetro, mortandad y regeneración de los árboles previamente marcados.

Se considera que éstas proporcionan los mejores datos para la interpretación de la sucesión y los experimentos para las prácticas de manejo. Existen diferentes tipos de parcelas permanentes: a) con muestras asignadas al azar, b) con submuestras, C) parcelas permanentes contiguas en el mismo sitio y d) parcelas permanentes contiguas en sitios diferentes (Figura 3).

Para el establecimiento duradero de las parcelas permanentes se recomienda usar estacas de acero inoxidable, con números grabados, de tal manera que éstas permanezcan por un período mayor a 50 años. Aunque también, algunos árboles marcados pueden servir para delimitar una parcela.

Asimismo, en comunidades dominadas por pastos, hierbas o arbustos bajos se recomienda el uso de parcelas relativamente pequeñas ($0.5-4 \text{ m}^2$); por el contrario, en comunidades forestales, usualmente se emplean parcelas de entre 0.01 y 0.1 ha.

Luken (1990) añade a las técnicas ya mencionadas el uso de cronosecuencias, las cuales consisten en evaluar los procesos sucesionales mediante el estudio de comunidades vegetales en diferentes estados de desarrollo después de un disturbio. El mismo autor considera que la cronosecuencia puede ser usada con un alto grado de confiabilidad en sitios contiguos de diferentes edades que hayan sufrido el mismo tipo de disturbio.

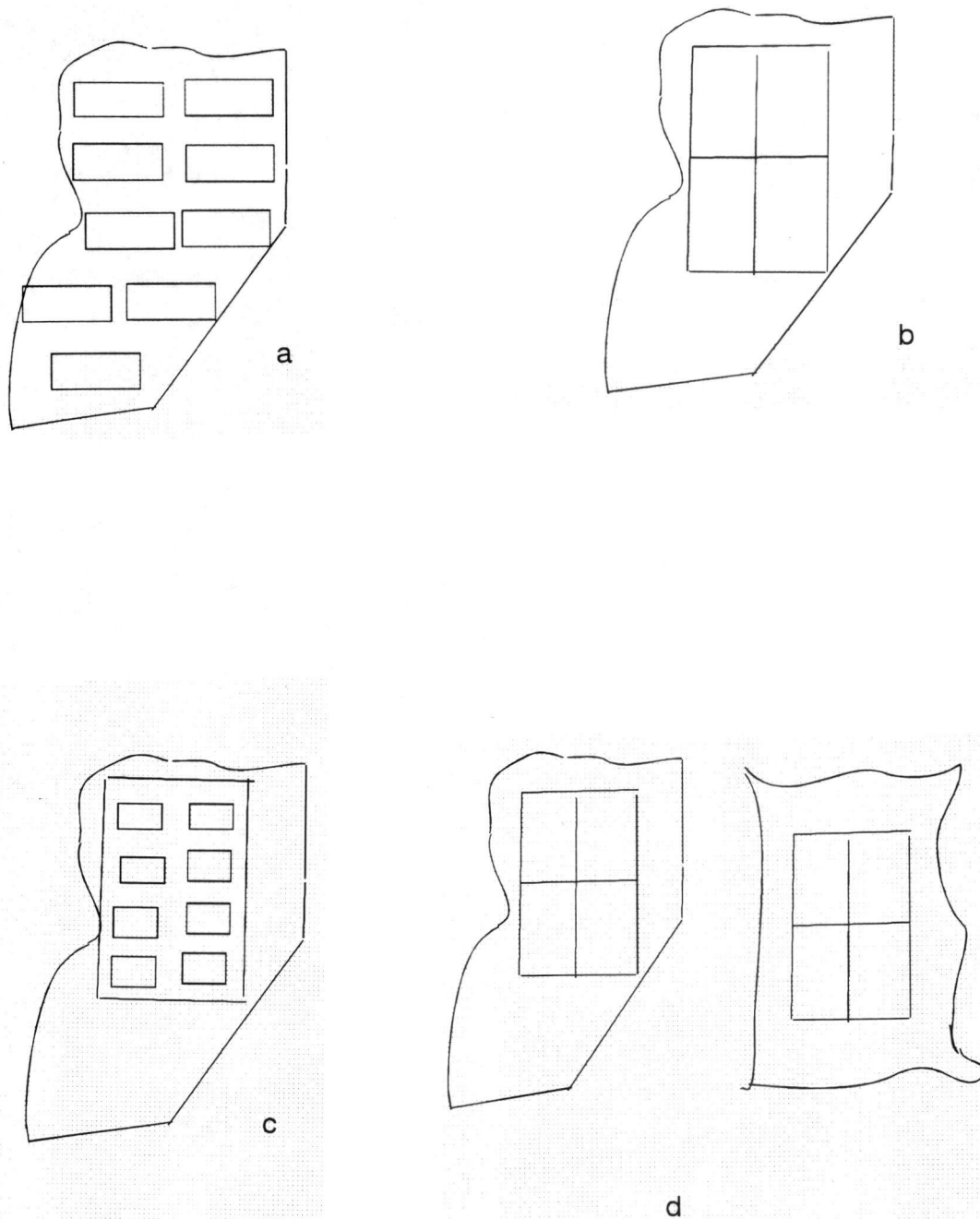


Figura 3. Diferentes tipos de parcelas permanentes empleados en estudios de sucesión (Modificado de Luken, 1990).

Guariguata (1990) y Snook (1993) usando esta metodología evaluaron la regeneración y composición de especies en áreas afectadas por diferentes tipos de disturbio, encontrando además que, la composición de especies es muy parecidas a las condiciones originales de sus sitios antes del disturbio.

Otra técnica empleada por algunos investigadores es el estudio del desarrollo histórico y la futura dirección de una comunidad vegetal por medio de la inferencia con base en un análisis de la estructura de edades de la población. Sin embargo, esta técnica es limitada para comunidades dominadas por arbustos o grandes árboles envejecidos; ya que proporciona una medición directa de los cambios de la población a través del tiempo.

Kellman (1969, 1970 citado por Gómez-Pompa y Wiechers, 1983) hace un análisis en Filipinas sobre sucesión, enfatizando la importancia de conocer la historia del lugar que se está estudiando; así como las condiciones macroclimáticas del mismo.

Otros métodos menos empleados y más indirectos son el uso de pláticas o entrevistas con la gente de la localidad quienes pueden tener algún registro de los eventos naturales ocurridos en esa región, lo cual también puede ser de gran importancia para describir los cambios de la vegetación a través del tiempo. Desafortunadamente, estos registros sólo se pueden llevar a cabo cuando hay un plan de manejo de la sucesión bien establecido.

En algunos tipos especiales de ecosistemas, los cambios a largo plazo en comunidades vegetales son indicadas por restos de plantas y polen que son depositadas y enterradas en lagos o pantanos, los cuales pueden servir como base para conclusiones acerca de la sucesión; aunque los restos fósiles son una medición indirecta de la sucesión.

3.1.3. MÉTODOS DE MANEJO DE LA SUCESIÓN

En la actualidad existe un sinnúmero de problemas en el manejo de los recursos naturales, donde la sucesión puede ser una parte integral de la estrategia de planeación. Por ejemplo, en la conservación de especies raras o en peligro de extinción, en la manipulación de la diversidad de comunidades vegetales y animales, en la creación de comunidades vegetales relativamente estables, en la repoblación de terrenos fuertemente perturbados, minimización del impacto y en la dispersión de especies introducidas e incremento en la producción de madera de los bosques, entre otros.

Muchas veces se ha pensado que el manejo de la sucesión es lo mismo que el manejo de la vegetación. Sin embargo, aunque existe una buena relación entre ambos procesos, estos son claramente distintos.

Pickett *et al.*, 1987 (citado por Lunken, 1990) consideran que se requieren tres componentes principales para el manejo de la sucesión (Figura 4): disturbio proyectado, colonización y permanencia de especies controladas, cada una de las cuales se encuentra estrechamente relacionada con los otros y corresponden, respectivamente, a las causas siguientes de sucesión: disponibilidad del sitio, disponibilidad y permanencia diferencial de especies.

El disturbio proyectado incluye actividades necesarias para crear o eliminar la disponibilidad del sitio. La colonización controlada incluye métodos usados para disminuir o incrementar la disponibilidad y establecimiento de especies vegetales específicas. Finalmente, la permanencia controlada de especies incluye métodos usados para disminuir o incrementar el crecimiento y reproducción de especies vegetales específicas.

Luken (op. cit.) clasifica las técnicas de manejo de la sucesión en tres grandes grupos: a) remoción de plantas y partes vegetales; b) cambios en la disponibilidad del recurso; c) cambios en la disponibilidad de los propágulos.

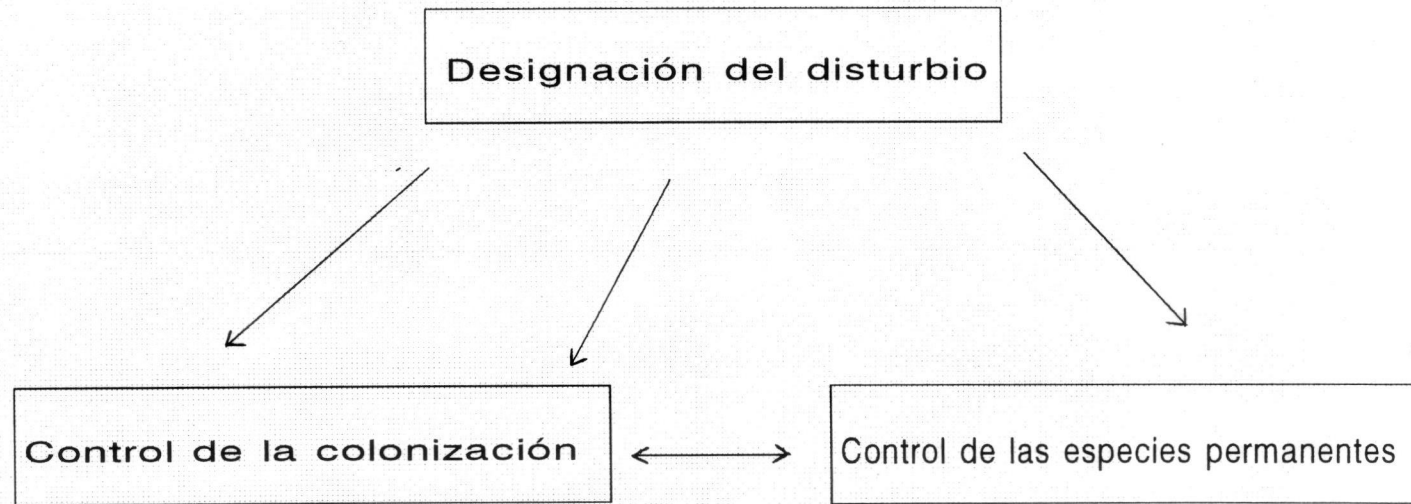


Figura 4. Principales componentes del manejo de la sucesión.

Entre las primeras las más usada por los manejadores de la sucesión se encuentran las cortas mecánicas o manuales (con la consecuente reducción en la estructura de la vegetación; aunque puede involucrar un cambio radical en la estructura de la población vegetal), uso de herbicidas (comúnmente es usada para la eliminación de plantas no deseables), quemas prescritas (para controlar la colonización o permanencia de las especies, reducir la cantidad de combustible, controlar la competencia, etc.) y pastoreo, entre otras.

De los métodos para modificar la disponibilidad de los nutrimentos y el agua la fertilización (y el agotamiento de nutrimentos) y la irrigación (cambios en el nivel del agua) son los mayormente empleados. Es de gran importancia considerar esto, ya que la disponibilidad de los nutrimentos y agua del suelo es determinante para el crecimiento y composición de especies vegetales durante la sucesión; así como en la dinámica del bosque en general.

Finalmente, la destrucción de las comunidades vegetales debido a disturbios intensos como los causados por extracción minera, actividades de construcción o tráfico de vehículos ocasiona, casi siempre, la pérdida total del banco de propágulos. Ante esta situación, generalmente, los manejadores de la sucesión emplean algunos métodos de revegetación entre los que se incluyen la preparación del sitio, uso de mulches, siembra y uso de mantillo.

3.2. EFECTOS DE LOS HURACANES SOBRE LA VEGETACIÓN Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ECOSISTEMAS TROPICALES

Los huracanes son un fenómeno de los más destructores que existen en la naturaleza e importantes agentes de disturbio en bosques tropicales húmedos del Caribe; consisten en una tormenta giratoria de viento y grandes lluvias (Nolasco, 1993); pueden alterar drásticamente la estructura de la vegetación, poblaciones animales y diversos procesos de

los ecosistemas en poco tiempo. No obstante, la recolonización en sitios afectados por estos eventos, en muchos casos es muy rápida (Walker *et al.*, 1991).

En los bosques tropicales, los huracanes causan frecuentemente derribo de 1 árbol/ha/año con un impacto de aproximadamente 120 m². La constancia de estas perturbaciones restringen al máximo la edad de los árboles de los bosques de Costa Rica en un rango de 80 a 100 años.

A todo lo largo de las costas mexicanas, en ambos litorales, ningún lugar queda exento del riesgo de la aproximación o la afectación directa de un ciclón. En el Atlántico y en el Caribe se forman cada año unos diez huracanes, de los cuales dos ó tres al menos llegan a amenazar las costas de Quintana Roo (Jáuregui, 1980; Morales, 1993).

Quintana Roo, ha sido azotado por varios ciclones de gran intensidad, entre los que destacan en este siglo, el Janeth, que castigó con su furia a la Ciudad de Chetumal en septiembre de 1955; el Behula en 1967 y el Carmen en 1974, que dañaron gravemente las construcciones de la Ciudad de Chetumal, los bosques de maderas preciosas y los cocotales del litoral (SEP, 1955 citado por Nolasco, 1993).

En septiembre (mes de mayor ocurrencia de ciclones en la costa mexicana del Caribe) de 1988, el huracán Gilberto considerado como el más fuerte del siglo, afectó la región norte del estado (Figura 5) provocando daños materiales en las zonas urbanas, a la agricultura y a la vegetación forestal. Ocurrió durante los días 13 y 14 del mes de septiembre de ese año y afectó una superficie aproximada de un millón de hectáreas entre la zona de Playa de Carmen y Puerto Juárez (North American Forestry Commission, 1989; Rodríguez *et al.*, 1989); aunque la velocidad del viento se mantuvo constante en 300 Km/hr hubo momentos en los que alcanzó una velocidad máxima del viento hasta de 360 Km/hr (Morales, 1993).

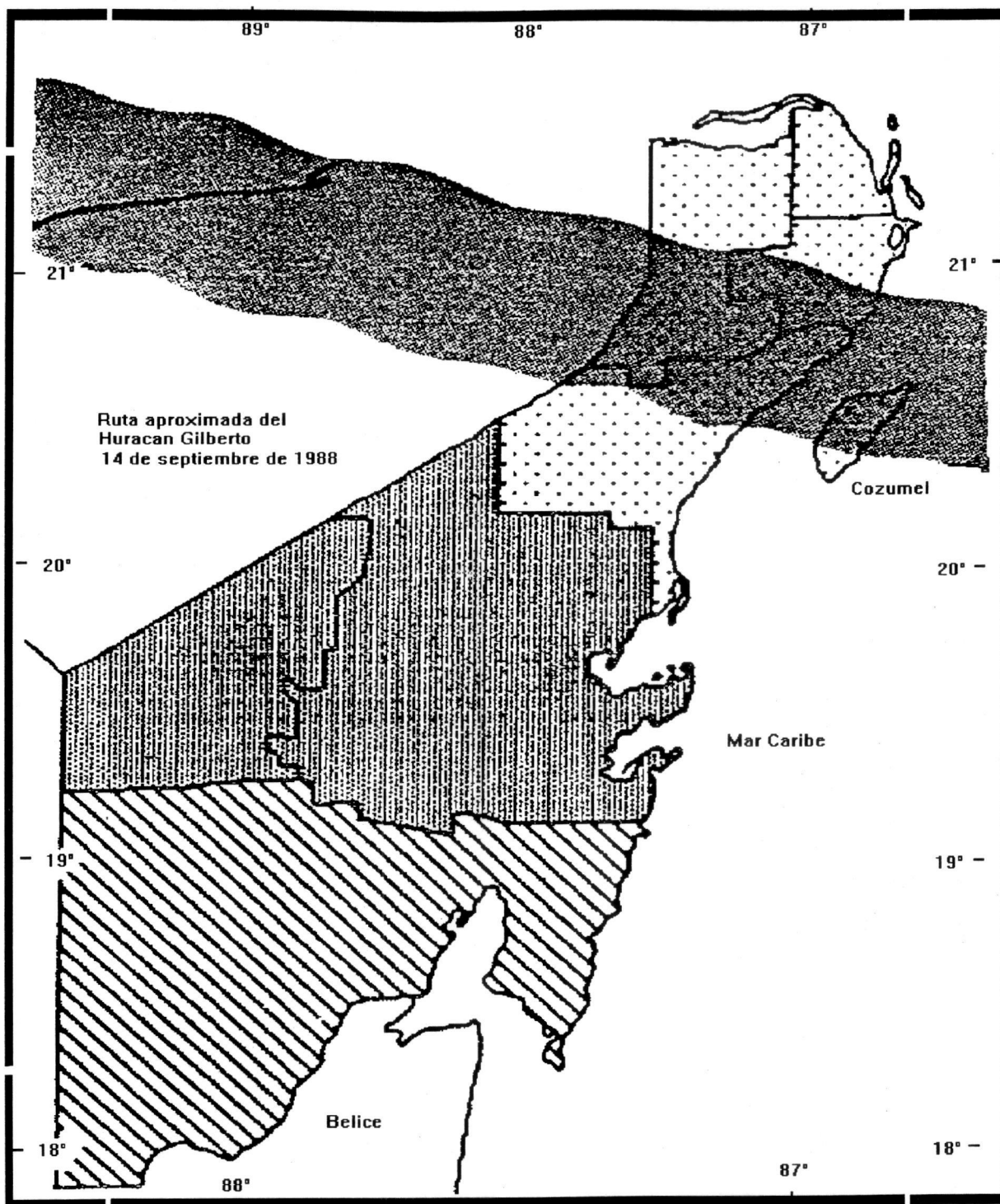


Figura 5. Ruta seguida por el huracán Gilberto en la zona norte de Quintana Roo, septiembre de 1988.

Los efectos de los huracanes sobre un área específica están determinados por tres elementos: las marejadas cuya altura e impetuosidad son variable, las inundaciones ocasionadas por las lluvias torrenciales y la violencia de los vientos (Jáuregui, 1980). Sobre los recursos forestales, los daños directos se deben a la fuerza e intensidad de los vientos.

En diferentes lugares del Caribe y el Atlántico diversos autores han realizado estudios referentes a los efectos de los huracanes sobre la vegetación, características químicas del suelo y el ciclo de los nutrimentos (Frangi y Lugo, 1991; Blood *et al.*, 1991; Sanford *et al.*, 1991; Lodge y McDowell, 1991; Walker, 1991; Brokaw y Grear, 1991; Reilly, 1991).

Estudios en Puerto Rico sugieren que los huracanes pueden tener su efecto principal sobre la estructura de los ecosistemas naturales, sobre todo en la distribución de edades de los árboles forestales, biomasa y diversidad de especies (Clark, 1990; Walker *et al.*, 1991).

Whigham *et al.* (1991) evaluaron el impacto del huracán Gilberto sobre la región noreste de la Península de Yucatán; encontraron que todos los árboles fueron totalmente defoliados, muchos de los cuales murieron diecisiete meses después del disturbio. No obstante, la recuperación de los árboles fue muy rápida para la mayoría de las especies.

En la zona de estudio los principales efectos del Gilberto fueron el derribo de los árboles con raíces superficiales, descortezamiento por fricción, defoliación y daño a la copa causando la deshidratación del follaje remanente y la pérdida del mismo, daños a la yema apical, muerte en pie de los individuos más dañados, retraso y deformación en los patrones de desarrollo, muerte de renuevos y una gran acumulación de material combustible en el área (Rodríguez *et al.*, 1989; García, *et al.*, 1992).

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos realizó en 1992 un estudio basado en la interpretación de imágenes de satélite encontrando que el huracán Gilberto produjo una amplia zona de disturbio afectando fuertemente la selva mediana

subperennifolia e incrementando la superficie con vegetación secundaria por desmontes con fines agropecuarios, pastizales y áreas con vegetación hidrófila.

3.3. SUPERFICIE AFECTADA POR LOS INCENDIOS FORESTALES

El fuego es un factor ambiental que ha sido introducido por el hombre en regiones tropicales con fines agrícolas y mantenimiento de pastizales y campos de cultivo (Vazquez-Yañez, 1983); aunque de manera natural también ha existido con menor frecuencia.

En el estado de Quintana Roo, los incendios forestales se producen principalmente entre los meses de marzo a julio (concentrando el 87 %) debido a que en el periodo comprendido entre enero a junio se presenta una menor frecuencia de días sin precipitación (Knockaert *et al.*, 1991).

En marzo de 1989 debido a la gran cantidad de material combustible dejado en la zona por el paso de huracán Gilberto se produjeron algunos incendios forestales en el norte de Quintana Roo. Dos meses después, el seis de mayo, se registraron diez brotes de incendio desde Cancún hasta Playa del Carmen. Los incendios crecieron hasta que su alcance disminuyó por las lluvias en julio y se extinguieron; a principios de agosto (López-Portillo *et al.*, 1990). En estos meses se afectó una superficie total estimada en 127,303 hectáreas, de las cuales 119,203 hectáreas corresponden a la superficie quemada y 8,070 hectáreas a manchones que escaparon de la acción del fuego.

Dicha superficie corresponde a los municipios de Lázaro Cárdenas, Isla Mujeres, Benito Juárez y Cozumel (Cuadro 1; Fig. 6).

Cuadro 1. Superficie afectada por los incendios de 1989 en la zona norte de Quintana Roo.

MUNICIPIO	ZONA	SNA	SA
Lázaro Cárdenas	Sabanas El Edén y Tres Marías	1,083	9,403
	Zona Nacozari	-----	200
Isla Mujeres	Zona agropecuaria, Fco. May, Ramonal, Rancho Viejo y Sabanas de Laguna Chakmuchuil	3,000	21,286
Benito Juárez	Zona de capacitación hasta zona urbana al norte de la Carretera	1,196	19,361
	Cancún -Valladolid,	-----	654
	Ejido Leona Vicario (San Fco.)	-----	150
		610	7,412
	Ejido Leona Vicario (L. Ech.), Zona de torres eléctricas al norte	35	3,605
		-----	350
	del aeropuerto	130	4,578
	Zona de Pozos al este del aeroppto.	120	7,180
		-----	20
	Zona de pequeñas propiedades al al sur de los pozos		
	Zona flamings		
	Ejido P. Morelos (Central Vallarta)		
	Zona del CIQRO		
Cozumel	Rancho 5 Hermanos	95	1,935
	Ejido Playa del Carmen	515	13,,485
	Zona de Puerto Aventuras	1,286	21,514
	Zona a 22 Km. de P. Aventuras	-----	20
TOTAL		8,070	119,233

Modificado de García *et al.* (1992)

SNA = Superficie no afectada

SA = Superficie afectada

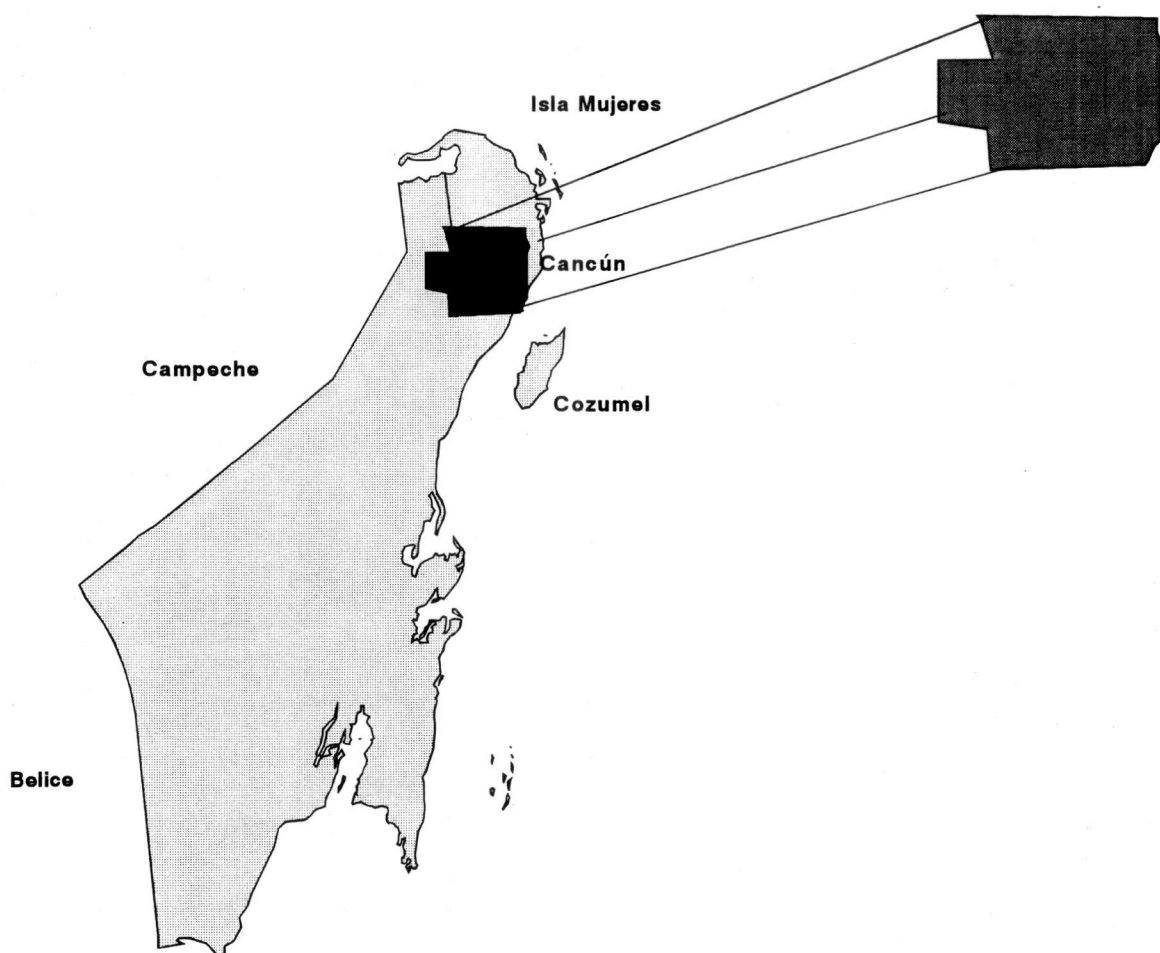


Figura 6. Superficie afectada por los incendios forestales de 1989, en el norte de Quintana Roo.

Entre las causas principales de inicio del fuego se consideran la sequía, la acumulación de grandes cantidades de material vegetativo que antes del huracán Gilberto formaba parte de la biomasa en pie (López-Portillo *et al.*, 1990) y finalmente el uso del fuego.

Knockaert *et al.* (1991) haciendo un análisis de las causas principales de incendios producidos en el periodo de 1989-1991 en el norte de Quintana Roo, encontraron que son mayormente ocasionados por las actividades de quema con fines agrícolas; resultando ser el municipio más afectado el de Benito Juárez con 49,963 ha, las cuales representan el 32.09 % del total estatal (Nolasco, 1993) durante el mismo periodo. A esta causa le siguen los fumadores con el 11.7 %, fogatas de cazadores con el 6.0 %, quemas pecuarias, en derechos de vía, de basura, en líneas eléctricas, por aprovechamientos forestales y de piedra en su conjunto ocupan un 9.0 %; mientras que aquellos incendios ocasionados por causas no identificadas ocupan el 40.9 % del total estatal (Nolasco, 1993).

El tipo de vegetación que ha sido más afectado en el estado es la selva mediana subperennifolia con 89,132 ha (57.24 % del total estatal), siguiendo en ese orden la selva baja, la sabana y finalmente la vegetación secundaria (Nolasco, 1993).

En 1992 la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos llevo a cabo un análisis del cambio en el uso del suelo entre 1987 y 1992 por comparación de imágenes de satélite, obteniendo de dicha evaluación que la superficie ocupada por la selva mediana subperennifolia disminuyó un 17.3 % en dicho periodo; mientras que la cobertura de la sabana y la vegetación secundaria aumentó en un 2.5 y 8 %, respectivamente.

Skutch (1929), Larsen (1929), Blume (1968, citado por Gómez-Pompa y Wiechers, 1983) y Kauffman (1991) en sus estudios sobre la recuperación de un área después de ser perturbada por fuego encontraron que existe una estrecha relación entre el tipo de perturbación, las condiciones ecológicas y la vegetación secundaria que se desarrolla en una zona, la cual tiende a la vegetación clímax original a través del tiempo.

3.4. ALGUNAS INVESTIGACIONES EN LA ZONA DE ESTUDIO

Después del huracán Gilberto en 1988 y los incendios forestales de 1989 en la zona norte del estado de Quintana Roo, se han realizado diversos estudios con el fin de cuantificar y buscar soluciones a los daños ecológicos producidos por estas catástrofes.

La Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1989a, 1989b, 1989c, 1989d, 1992) formuló, entre otros, varios estudios de evaluación de daños en los sitios afectados por los incendios forestales de 1989, una relación para la restauración ecológica de la zona, un proyecto para la prevención y combate de incendios forestales; así como algunos informes técnicos para la prevención y combate de incendios forestales. Por su parte, el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), realizó en 1993 una evaluación por medio de fotografías aéreas de los daños ocasionados por los incendios forestales de 1989.

También existen algunos trabajos de grupos ecologistas pertenecientes a la Comunidad Económica Europea y a la Comisión Forestal de Norteamérica (Comunicación personal del Ing. Alfredo Nolasco M.).

Asimismo, para evaluar la dinámica y desarrollo de las áreas afectadas por el huracán "Gilberto" en 1988 y los incendios forestales ocurridos en 1989 en el norte de Quintana Roo, se han realizado dos estudios más en la zona: el primero fue llevado a cabo por Rodríguez *et al.* (1989) y el segundo por García *et al.* (1991), los cuales, entre otros tuvieron la finalidad de cuantificar los daños ocasionados por los siniestros a la composición de los estratos arbóreos y la regeneración natural, así como a las estructuras residuales de la vegetación. También, pretendían evaluar la dinámica de desarrollo de los ecosistemas a través del tiempo y en distintos tipos de vegetación, así como las causas y niveles de perturbación por los disturbios.

López-Portillo, *et al.* (1990), determinaron en su estudio sobre los incendios de Quintana Roo, que para las zonas afectadas por el huracán, el 46 % de regeneración

natural creció a partir de semilla y el resto por medio de brotes vegetativos. Asimismo, determinaron que la densidad de plantas por metro cuadrado, en el estrato superior, fue de 48.6 ind./ha; mientras que la densidad en el estrato inferior fue de 14.8 ind./ha, lo que indica una disminución del 70 %.

En mayo de 1990, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuaria estableció, por medio del Campo Experimental Forestal "San Felipe Bacalar", sitios permanentes de investigación silvícola (SPIS) en las áreas afectadas en diferentes grados por los siniestros, definiéndose las condiciones de muestreo empleadas en este estudio.

Para cada una de ellas García *et al.* (1991) evaluaron las características de la regeneración natural incluyendo los datos que se mencionan a continuación: número de especies por forma biológica, familias botánicas, especies y número de renuevos por hectárea.

Un año después, García *et al.* (1992) publicaron un estudio en el que evalúan el comportamiento de la dinámica sucesional del bosque tropical del norte de Quintana Roo con base en la información de regeneración natural obtenida en los sitios de muestreo; concluyeron que la magnitud e intensidad de las perturbaciones, así como la flora existente antes del disturbio influyen en el desarrollo de la regeneración natural y las primeras etapas de la sucesión ecológica.

3.5. REGENERACIÓN Y DINÁMICA DEL BOSQUE

De acuerdo con Oldeman (1989) la dinámica del bosque tropical depende básicamente del comportamiento de tres tipos de arquitectura forestal: a) árboles potenciales (o del futuro) los cuales tienen un potencial para crecer en altura, expandir su copa o ambos, pero que pueden morir muy jóvenes, b) árboles del presente, los cuales tienen un alto potencial para expandir su copa, aunque su tamaño es el máximo en un sitio dado, pero

sitio dado, pero que su permanencia en el bosque es buena debido a que tienen una gran habilidad para reemplazar partes perdidas, y c) árboles del pasado, los cuales han sido dañados, muertos, en proceso de muerte o cualquier combinación de ellos.

En el ecosistema tropical predominan los árboles potenciales los cuales compiten con otras especies y crecen rápidamente alcanzando rápidamente el dosel, por lo que llegan a dominar la estructura del bosque; mientras que los árboles potenciales remanentes son suprimidos, presentando una mortalidad prematura. Posteriormente, cuando los árboles del presente decaen y llegan a ser árboles del pasado, el sistema completo puede ser reemplazado por otras especies (Fig. 7).

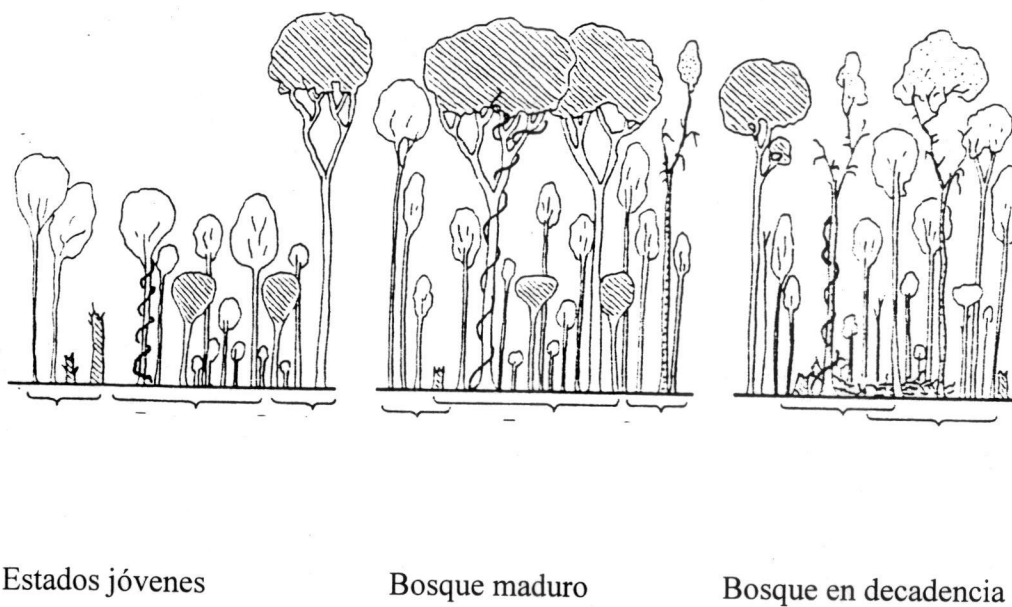


Figura 7. Dinámica de un bosque tropical propuesta por Oldeman (1989).

Durante su desarrollo, los rodales cambian constantemente en forma predecible. Algunos autores (Oliver, 1981; Peet y Christensen, 1987 citados por Kozlowski *et al.*, 1991) han estudiado el desarrollo de los rodales forestales a través de cuatro estados secuenciales: a) estado de regeneración o de iniciación del rodal; b) estado de exclusión de tallos o “aclareo”; c) estado de transición o iniciación del sotobosque y, finalmente, d) estado estable o de crecimiento avanzado.

El primero se caracteriza por la presencia de plántulas de árboles que eventualmente forman un nuevo rodal al invadir el espacio creado por algún aprovechamiento o disturbio. Por su parte, el estado de exclusión, ocurre cuando los árboles de doseles cerrados, favorecen la competencia provocando la muerte de los árboles de crecimiento lento con lo que disminuye el número de árboles en el rodal.

En el estado de transición, se forman claros en el dosel, lo cual beneficia la regeneración de especies que invaden el sotobosque; finalmente, en el último estado, las plántulas de los árboles del sotobosque que logran sobrevivir a las condiciones prevalecientes ocupan lentamente el espacio liberado por los individuos muertos (por causa de la edad), reemplazándolos; con lo que el bosque queda constituido por un mosaico de “parches” de diferentes tamaños y edades. Dentro de cada manchón los procesos de establecimiento, aclareo y formación se repiten (Kozlowski *et al.*, 1991).

La regeneración de los árboles, puede verse afectada por dos tipos principales de factores: los bióticos como polinizadores, dispersores y depredadores de semillas, así como patógenos que afectan el reclutamiento de las plántulas; y los físicos que, alteran la estructura del medio, conocidos estos últimos como disturbios.

De acuerdo con White y Pickett (1985) y Clark (1990) un disturbio, puede ser definido como un evento relativamente discontinuo que causa un cambio en la estructura física de la vegetación y superficie del suelo en un sitio dado, el cual modifica, a su vez, la disponibilidad de recursos.

Los bosques aprovechados o perturbados pueden ser regenerados por varios mecanismos como crecimiento de plantas reprimidas, germinación de semillas enterradas (banco de semillas), retoños o brotes de raíz y fragmentos de ramas enraizadas. El desarrollo de uno u otro mecanismo de regeneración depende del grado de severidad del disturbio. Por ejemplo, después de un disturbio leve, se pierde uno o pocos árboles del dosel, entonces, usualmente, el rodal forestal se regenera de manera vegetativa por el crecimiento de plántulas y plantas jóvenes de árboles reprimidos.

Sin embargo, cuando tanto árboles reprimidos como dominantes son eliminados por disturbios severos, la regeneración generalmente se efectúa por la germinación del banco de semillas del suelo; aunque en algunas ocasiones, hay especies que se reproducen por medio de retoños y brotes de raíz (Modelo de composición inicial; Kozłowski *et al*, 1991).

3.5.1 COLONIZACIÓN DE CLAROS

Otro evento importante en la regeneración del bosque tropical es la formación y colonización de claros, los cuales favorecen la regeneración natural de muchas especies heliófitas (Hartshorn, 1989).

Tanto en bosques templados como tropicales, los claros naturales representan una tasa promedio de 1 % por año de su área total (Waring y Schlesinger, 1985). En bosques tropicales, como resultado de la caída de ramas, se forman, aleatoriamente, pequeños claros; los claros más grandes son ocasionalmente causados por muerte o derrumbe de uno o pocos árboles; debido a su avanzada edad, enfermedades, viento, incendios y huracanes, entre otros.

Generalmente, los claros muy pequeños son ocupados por el crecimiento de ramas de árboles adyacentes; mientras que claros un poco más grandes son invadidos por el crecimiento acelerado de plántulas reprimidas que estaban presentes desde antes de la apertura del dosel; así como por rebrotes. Las plántulas que llegan a establecerse en la sombra del bosque cerrado son liberadas con la formación de claros (Whitmore, 1989).

Claros ligeramente más grandes son colonizados por plantas del banco de semillas del suelo; finalmente, claros muy grandes son ocupados inicialmente, por plantas que crecen a partir de semillas que fueron enterradas por animales y por la lluvia de semillas, después que el claro fue formado (Kozlowski *et al.*, 1991). Dichas semillas germinan sólo en sitios expuestos a la luz (Whitmore, 1989), después de que el claro ha sido formado.

Hartshorn (1978) estimó que el 50 % de las especies arbóreas de un bosque tropical son dependientes de claros para el éxito de la regeneración. Muchos de los árboles de importancia económica en América Tropical como *Cedrela odorata* (cedro) y *Swietenia macrophylla* (caoba), así como la mayoría de las especies de madera dura son especies típicas de claros grandes (Hartshorn, 1989).

La naturaleza aleatoria de la ocurrencia de claros en el tiempo y el espacio y su heterogeneidad (referida a la presencia de las zonas de raíz, tronco y copa) interna parecen jugar un papel clave en la disponibilidad de los claros para la colonización de un gran número de especies arbóreas que constituyen la composición, después de que el claro se ha formado.

3.5.2. ATRIBUTOS DE ESPECIES SUCESIONALES TROPICALES

Gómez-Pompa (1971) considera que en el trópico existen dos grupos de especies más o menos bien definidas desde el punto de vista ecológico: las especies primarias y las secundarias o nómadas.

Estas últimas, solo se presentan en etapas serales tempranas, tienen altas tasas de invasión porque producen cantidades abundantes de semillas y propágulos que ocupan completamente nuevos sitios por lo que excluyen a otras especies con tasas de crecimiento e invasión menores; además, tienen medidas eficientes de dispersión (normalmente viento).

Son especies de vida corta y rápido crecimiento que son sustituidas en el tiempo por especies primarias; muchas veces presentan asociación simbiótica con organismos fijadores de nitrógeno, sus semillas son pequeñas. La germinación de los primeros colonizadores es suprimida por la alta relación de luz rojo/rojo lejano en la profunda sombra de los bosques.

El reemplazo de especies durante la sucesión depende de la competencia entre éstas y su tolerancia para soportar factores de estrés ambiental. Tanto las semillas de especies tempranas como las tardías difieren en las características fisiológicas (Cuadro 2) que intervienen para su establecimiento y procesos subsecuentes (Kozłowski, 1991).

Las semillas de plantas tempranas usualmente son de vida más larga y requieren de más luz para germinar que las semillas de especies tardías.

Debido a que las plántulas de especies tempranas son competitivamente inferiores que las de las tardías, la estrategia que adoptan las primeras para sobrevivir es el rápido crecimiento (usualmente 5 m en promedio anual) y, por lo tanto, un pronto uso de los recursos disponibles. Dicho crecimiento está asociado con la rápida acumulación de

Cuadro 2. Características de las especies sucesionales tempranas y tardías.

Atributo	Tempranas	Tardías
<u>Semillas</u>		
Dispersión en tiempo	Largo	Corto
Dormancia secundaria (inducida)	Común	Poco común
<u>Germinación</u>		
Favorecida por:		
Luz	Sí	No
Fluctuaciones de temperatura	Sí	No
Altas concentraciones de NO ₃	Sí	No?
Inhibida por:		
Luz rojo lejano	Sí	No
Altas concentraciones de CO ₂	Sí	No?
<u>Fisiología de la planta</u>		
Intensidad de saturación de luz	Alta	Baja
Punto de compensación de luz	Alta	Baja
Eficiencia a baja iluminación	Baja	Alta
Tasa de fotosíntesis	Alta	Baja
Tasa de respiración	Alta	Baja
Tasa de transpiración	Alta	Baja
Resistencia estomatal y del mesóf.	Baja	Alta
Resistencia al transporte de agua	Baja	Alta
Potencial de aclimatación	Alta	Baja
Recuperación a la limitación de rec.	Rápida	Lenta
Habilidad para reducir cond. ext.	Alta	Baja
Tasa de adquisición de recursos	Alta	Baja
Flexibilidad del mat. de translocac.	Alta	Baja

Traducido de Kozlowski, 1991.

nutrimentos minerales en las plantas (Bazzas y Pickett, 1980 citados por Kozlowski, 1991). Además, las plantas sucesionales tempranas son, generalmente, intolerantes; mientras que las especies tardías, son tolerantes.

Por lo tanto, las diferencias en las tasas fotosintéticas son factores de gran importancia en la sucesión. En general, las especies tempranas tienen mayores tasas fotosintéticas a altas intensidades luminosas que las especies tardías ya que las especies tardías pueden tolerar baja disponibilidad de recursos y emerger eventualmente dentro de una posición dominante.

Por su parte, las plantas de comunidades secundarias presentan sus siguientes características: son heliófitas, tienen un rápido crecimiento, sus semillas son viables durante mucho tiempo lo que les permite formar bancos de semillas en el suelo, sus mecanismos de dispersión son muy eficientes, presentan una alta producción de semilla, su ciclo de vida es corto, son semillas fundamentalmente pequeñas, con bajo contenido de humedad (Rico y Gómez-Pompa, 1983; Gómez-Pompa y Vázquez-Yañez, 1983).

Noble y Slatyer (1980) intentaron definir algunos "atributos vitales" de las especies que permitan definir su permanencia en el ecosistema durante la sucesión. Dichos atributos incluyen el método de arribo o persistencia después de un disturbio, su disponibilidad para entrar a una comunidad y madurar y el tiempo que ocupa una especie para soportar estados críticos durante su ciclo de vida.

3.5.3. REGENERACIÓN DEL BOSQUE DESPUÉS DE INCENDIO.

El fuego es una fuerza ecológica vieja y universal que ha modelado la mayoría de los ecosistemas. Asociado a la acción del clima y a las formas topográficas, el fuego, ha contribuido a crear, de manera preponderante, los tipos de comunidades bióticas.

Los paisajes actuales son el resultado de una larga historia en la que no solo el hombre, sino también el fuego, han jugado un gran pape. No se sabe desde que época el fuego ha ejercido una influencia sobre el desarrollo de la vegetación. Sin embargo, no hay duda de que precedió a la aparición del hombre sobre la Tierra: el fuego ha podido producirse desde el momento en que existió vegetación terrestre. Los rayos son unas de sus causa naturales, así como las erupciones volcánicas, factores que provocaron incendios a lo largo de las eras geológicas.

Rodríguez (1995) propone que el fuego ha sido un factor determinante en el desarrollo de los ecosistemas desde que la vegetación marina logró invadir ambientes lo suficientemente secos, para permitir que los agentes naturales de ignición lo provocaran.

Los ecosistemas que han sufrido incendios han permitido demostrar que después de tal evento, en ausencia de cualquier tipo de intervención humana, la vegetación vuelve rápidamente a su estado inicial. Por ejemplo, en matorrales mediterráneos, diez años después del fuego, las especies que constituyen las comunidades primarias son las primeras en aparecer.

Asimismo, un año después del incendio, el 70 % de los sitios estudiados por Trabaud (1983) poseen más del 75 % de las especies que estarán presentes a los diez o más años después del disturbio. Pasando dos años del incendio, este porcentaje sobrepasa ya el 80 % y al cabo de cinco años, llega al 100 %. Por tanto, el retorno a las condiciones anteriores al incendio es rápido.

3.5.4. EL IMPACTO DE LOS INCENDIOS SOBRE EL SUELO

El calor transmitido por el fuego al suelo, solo representa aproximadamente el 5 % de toda la energía liberada por éste; además, como el suelo es muy mal conductor, las

temperaturas que adquiere al paso del incendio decrecen rápidamente a medida que aumenta la profundidad. Por esto, las temperaturas de 400 a 500 °C que se observan habitualmente en la superficie del suelo durante las quemas controladas en el bosque mediterráneo francés no acarrearán ningún calentamiento sensible a partir de los cinco centímetros de profundidad. Por el contrario, cuando se alcanza una temperatura de 900 °C en la superficie, la temperatura de suelo puede elevarse hasta los 100 °C a cinco centímetros por debajo de la superficie. Cualquiera que sea la intensidad del fuego, son siempre, las capas superficiales las más ricas en materia orgánica y las más activas biológicamente, las de mayor exposición al calentamiento al paso del fuego (Trabaud, 1983).

De esta manera, el fuego influye grandemente sobre la calidad del lugar por la quema de materia orgánica y calentamiento de las capas superficiales del suelo.

En una primera fase, los incendios acarrearán pérdida de elementos minerales del suelo. En efecto, durante la combustión de la vegetación, los elementos minerales que se volatizan a temperaturas moderadas pasan a la atmósfera en forma de óxidos gaseosos. Por ejemplo, cuando la materia orgánica se quema, el CO₂ y el nitrógeno son liberados; mientras que los minerales son concentrados.

Por lo tanto, el fuego incrementa la cantidad de minerales disponibles. Aunque algo de nitrógeno es perdido, la ganancia por la mineralización incrementa después de que el fuego pudo superar la pérdida (Kramer y Kozlowski, 1979).

Se ha demostrado que la materia orgánica que se quema libera todo su nitrógeno. Existen reportes de pérdidas de nitrógeno que varían entre 12 y 110 Kg./ha.

Otros minerales menos volátiles son arrastrados en forma de partículas de ceniza muy finas por las corrientes ascendentes de aire caliente. Después de ser arrastradas, las partículas, muchas veces son restituidas con las lluvias a varios kilómetros de su lugar de

origen. Sin embargo, estas pérdidas quedan parcialmente compensadas, debido al manto de cenizas procedentes de la combustión del material vegetal que se deposita en el suelo.

Si los minerales altamente solubles en las cenizas son depositados en el suelo y absorbidos por las raíces de las plantas, la calidad del sitio es temporalmente mejorada, pero, si por el contrario, éstos son lixiviados, la calidad del lugar se ve reducida.

Además, el fuego tiene un efecto indirecto sobre la humedad del suelo, ya que si la mayor parte de la cubierta vegetal es eliminada por acción del fuego, puede reducirse la capacidad de absorción y retención de agua en la capa de humus, dando como resultado una mayor tasa de evaporación y pérdida de nutrimentos; a la vez, la tasa de infiltración se reduce repercutiendo en la disponibilidad de agua para las plantas.

3.5.5. LA REPOBLACIÓN DEL BOSQUE TROPICAL

La repoblación se considera un proceso que permite el establecimiento e incorporación de nuevos individuos a las poblaciones y comunidades vegetales, con lo cual se asegura la permanencia de las especies. Conduce al restablecimiento de la vegetación después de haber sido perturbada.

La repoblación natural en un área perturbada depende de : a) las plántulas e individuos jóvenes que quedaron intactos, b) los brotes de los individuos lesionados por la perturbación, c) el banco de semillas en el piso forestal y d) la lluvia de semillas de las comunidades vecinas (Macario, 1992).

Gómez-Pompa y Vázquez-Yañez, (1985) sugieren que para estudiar la repoblación en regiones tropicales, es necesario buscar los mecanismos naturales que operan y han evolucionado a través del tiempo para basar en ello el diseño de métodos adecuados a la repoblación natural. Dichos autores son los primeros en interesarse en la regeneración de

las selvas de México y elaboran una publicación en la que se describen las etapas en el proceso de regeneración en una selva alta perennifolia del país. Martínez-Ramos (1985) estudia la regeneración y los ciclos de vida de los árboles tropicales en claros de la selva alta perennifolia.

Por su parte, Macario (1990), realiza una investigación sobre la repoblación natural de una selva mediana subperennifolia bajo aprovechamientos forestales en Quintana Roo. Negreros (1991), lleva a cabo un trabajo en el que estudia la ecología y manejo de la regeneración de caoba (*Swietenia macrophylla* L.) en este mismo estado.

4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. LOCALIZACIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada en la porción sureste de la República Mexicana, al norte del estado de Quintana Roo. Corresponde a la subprovincia carso-yucateco perteneciente a la Provincia Fisiográfica denominada Península de Yucatán (Tamayo, 1987; Rzedowski, 1988).

Geográficamente se localiza aproximadamente entre las coordenadas 19° 50' y 21° 31' de latitud norte y 86° 43' y 88° 04' de longitud oeste del Meridiano de Greenwich. Abarca un área aproximada de 1, 153,800 hectáreas, que corresponden al 20 % del territorio de la entidad.

Se encuentra constituida por cuatro de los ocho municipios de Quintana Roo: Benito Juárez, Isla Mujeres, Cozumel y Lázaro Cárdenas. Limita al norte con el Golfo de México, al oriente con el Mar Caribe, al sur con el municipio de Felipe Carrillo Puerto y al oeste con el estado de Yucatán (Figura 8).

México, al oriente con el Mar Caribe, al sur con el municipio de Felipe Carrillo Puerto y al oeste con el estado de Yucatán (Figura 8).

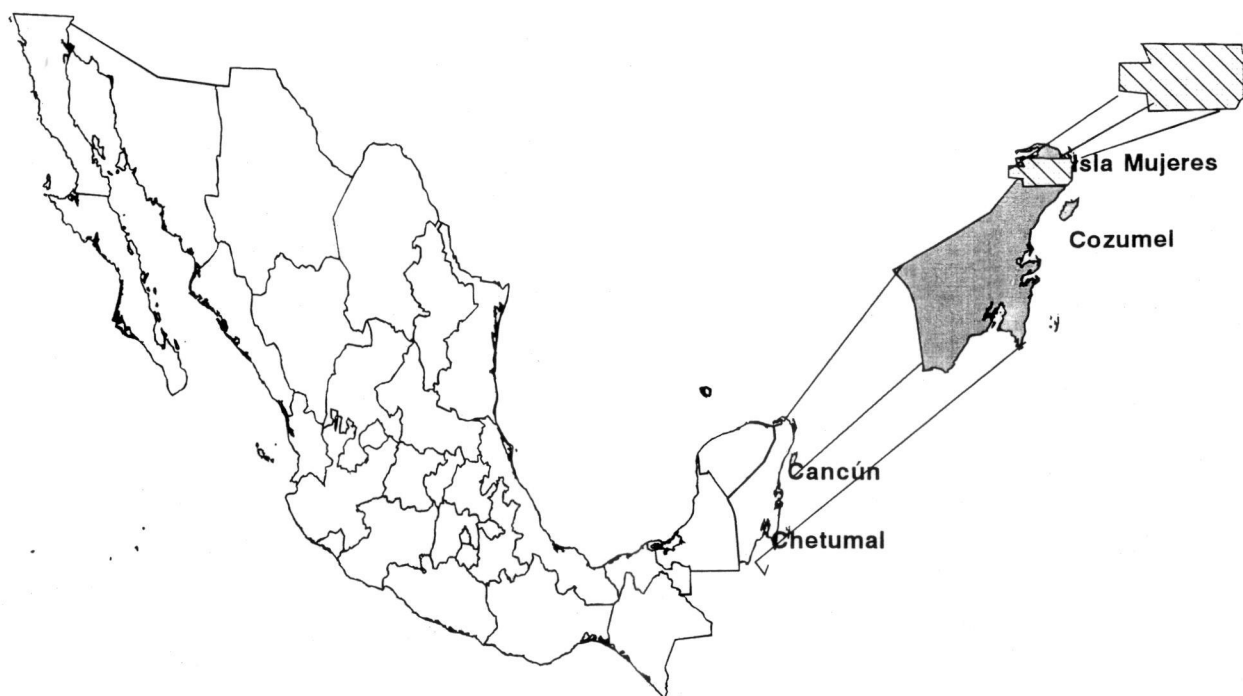


Figura 8. Localización del área de estudio.

La principal ruta de acceso a la región es por vía aérea desde la Ciudad de México. La zona esta conectada con el resto de país por dos carreteras federales con buenas especificaciones y pavimentadas: la ruta 180 Cancún-Mérida al norte y la ruta 137 Cancún-Chetumal al este. Otras dos vías pavimentadas estatales conectan los poblados principales del oeste (Lázaro Cárdenas y Cozumel Continental, el Ideal Chiquilá y Nuevo Xcan-Tulum).

Existen además vías rurales de buenas especificaciones pero sin pavimento, que conectan los núcleos poblacionales y la mayoría de las localidades de los diferentes ejidos.

4.2. CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS

4.2.1. OROGRAFÍA

El área de estudio es una planicie calcárea con estratos ligeramente inclinados al noreste, en la que los rasgos estructurales importantes son el sistema de fracturas con dirección noroeste-sureste y noreste-suroeste y la topografía kárstica producto de la disolución de las rocas calizas.

En su morfología predomina la llanura aluvial costera de piso rocoso o cementado, con algunas zonas inundables o salinas en la costa y centro, principalmente. Las máximas elevaciones que presenta el área, son inferiores a 25 msnm y se localizan hacia el occidente, disminuyendo la altitud hacia la costa. Dada la solubilidad de la roca son frecuentes las dolinas y las depresiones en donde se acumulan arcillas de descalcificación.

La porción litoral se caracteriza por tener salientes rocosas, cordones, espolones, así como lagunas pantanosas intercomunicadas al mar por canales de marea o bocas (SPP/INEGI, 1984a).

4.2.2. GEOLOGÍA

Geológicamente, la región se encuentra constituida por rocas limosas y carbonatadas del Terciario Superior y Cuaternario, las que debido a la intensa precipitación, clima y posición estructural han sufrido una intensa disolución ocasionando una superficie rocosa kárstica, ligeramente ondulada. El grado de karstificación y el relieve local están directamente relacionados con la elevación de la región y la profundidad del manto friático (Weide, 1985 citado por Camarena, 1991).

Todo el sustrato lo componen rocas sedimentarias y volcanosedimentarias calcáreas del Cenozoico y Plioceno y depósitos detríticos recientes que por su corta edad han dado origen a litosoles planos superficiales no consolidados, pedregosos y de muy bajo contenido de materia orgánica (Tzekel con algunos parches de kancab, en la nomenclatura maya). Las primeras están dispuestas en una secuencia carbonatada de boundstone, grainstone y wakstone en estratos delgados a gruesos e intercaladas con capas coquiníferas, calizas dolomitizadas y calcarenita de estratificación cruzada. Contienen vetillas de calcita y presentan oquedades por disolución (SPP/INEGI, 1984b).

Los depósitos detríticos son litoral, eólico y lacustre; las dos primeras están constituidas por arena de grano fino; mientras que el tercero está formado por lodo calcáreo, arena de grano fino y materia orgánica en descomposición.

Asimismo, del Terciario Superior se encuentran calizas de la Formación Carrillo Puerto, depositadas durante el Mioceno Superior y el Plioceno, las que sobreyacen concordantemente a las rocas de edad eocénica (Butterlin y Bonet, 1963), unidades que afloran hacia el sur del área.

Las estructuras más importantes corresponden a dos sistemas de fracturas orientadas de noroeste a sureste y noreste a suroeste, que pueden estar ligadas a la orogénesis mio-pliocénica.

4.2.3. EDAFOLOGÍA

El panorama general que se observa en los suelos de tipo Tzekel (litosol) intervenidós por la actividad humana, son afloraciones de material rocoso (caliza) con intercalaciones de pequeños parches y senderos donde se ha acumulado una pequeña capa de material orgánico, producto de la erosión de las lomas y la consecuente depositación en las depresiones del terreno.

Hacia el norte (Kantunilkin-Chiquilá) y el este (Cancún-Puerto Morelos) se presentan suelos de tipo Kankab (redzinas) con profundidad media (50-100 cm) y texturas finas, en extensiones de consideración aunque inadecuadas para su mecanización por su pedregosidad.

Las condiciones topográficas y la influencia del mar (intrusión salina) dan como resultado suelos de alta salinidad y sodicidad localizados en toda la costa norte, Isla Holbox; costa este, entre su extremo norte y Punta Bete, Isla Blanca, Laguna Nichupte, costas norte y sur de la Isla Cozumel.

Generalmente, debido a la reciente edad geológica de esta zona, los suelos son delgados, pobres y con bajos contenidos de materia orgánica. A lo largo de la costa el tipo Gley es el más común (SPP/INEGI, 1984c).

4.2.4. HIDROLOGÍA

La zona de estudio forma parte de la región hidrológica 32, denominada Yucatán norte, donde debido principalmente al relieve y a la ausencia de escurrimientos superficiales, no se consideraron las subdivisiones de cuencas y subcuencas, quedando la planicie norte de la Península como una sola unidad (SPP/INEGI, 1984d).

Como consecuencia de la alta permeabilidad del suelo y la elevada evaporación no existen escurrimientos superficiales, lo que además ocasiona una importante infiltración del agua de lluvia; con excepción de las zonas costeras que aún están sujetas a inundación y de pequeñas depresiones impermeables donde se forman las aguadas, cenotes y lagunas para el abastecimiento de la población, la irrigación y el desarrollo piscícola continental. Algunas de éstas son de gran dureza y requieren de potabilización para remover el alto contenido de carbonatos.

Existen por otro lado, extensos acuíferos distribuidos a lo largo y ancho de la llanura aluvial, con abundante disponibilidad de agua producto de la permanente recarga que permite la alta permeabilidad del subsuelo.

El agua potable se obtiene de acuíferos subterráneos. Recientemente se ha construido cerca de Cancún un sistema hidráulico basado en series de dispersión a través de pozos para cubrir las necesidades de la población.

4.2.5. CLIMA

En general, el clima de la región es principalmente determinado por la latitud (North American Forestry Commission, 1989) y corresponde al tipo cálido-subhúmedo (de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García, 1988), con una pequeña región cálida semiseca al noreste y otra cálida húmeda en la Isla Cozumel.

La precipitación anual promedio es de 1 300 mm con un incremento de norte a sur y variaciones que oscilan entre 900 y 1 500 mm. Los rangos de temperatura promedio anual se ubican entre 23 y de 28 °C.

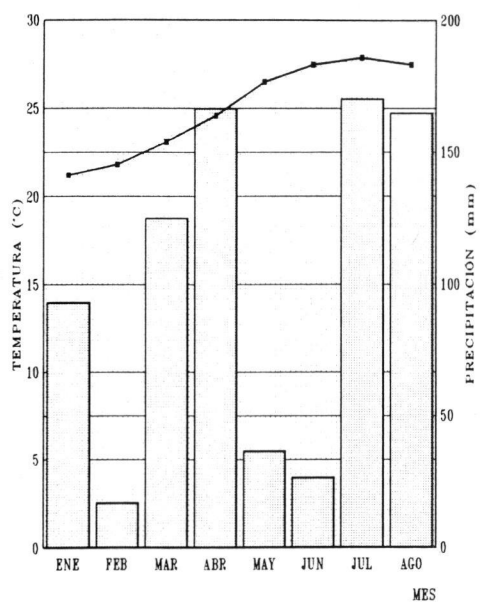
Durante el año se observan variaciones de precipitación y temperatura asociados con los períodos alternos de invierno y verano térmicos. Las lluvias son de verano y se registran sus máximos valores en los meses entre mayo y octubre y sus mínimos en el período de noviembre a abril (Fig. 9).

La Península de Yucatán y en particular la región son una zona de influencia de los huracanes que se originan en el Mar Caribe; los cuales la atraviesan de oriente a occidente con vientos y lluvias de intensidades variables, durante los meses de agosto y septiembre principalmente. Los vientos dominantes son del este (alisios) y soplan con regularidad durante todo el año.

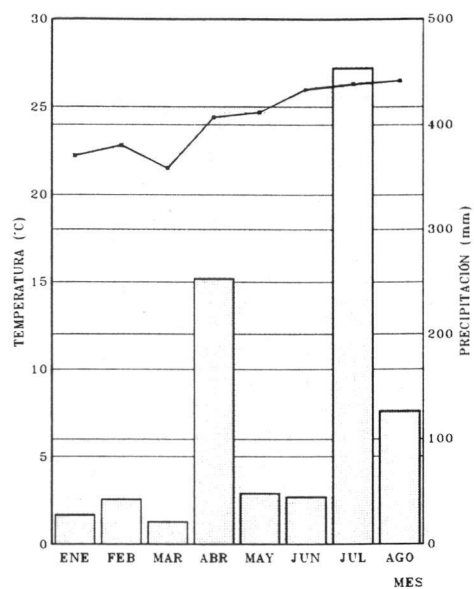
4.3. VEGETACIÓN

La cubierta vegetal del estado de Quintana Roo está constituida principalmente por selvas altas, medianas y bajas (Figura 10), que actualmente han sido reemplazadas en su mayor parte por grandes áreas de vegetación secundaria en distintas etapas sucesionales, producto de actividades forestales y agropecuarias; además, de los fenómenos naturales como huracanes e incendios naturales, así como por la urbanización (Macario, 1992).

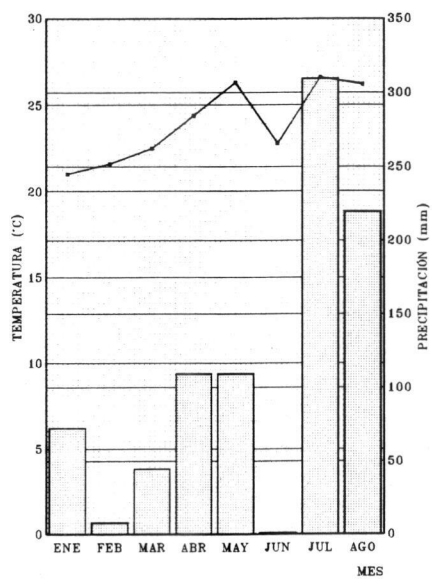
Los tipos de bosque subhúmedo tropicales corresponden a variaciones climáticas. Las zonas mas secas se encuentran en el noreste y sureste, separadas por una franja intermedia más húmeda que se extiende y amplía hacia el suroeste desde Xelcoco (30 Km. al sur de Puerto Morelos) hasta Tulum (SPP/INEGI, 1984e).



Solferino

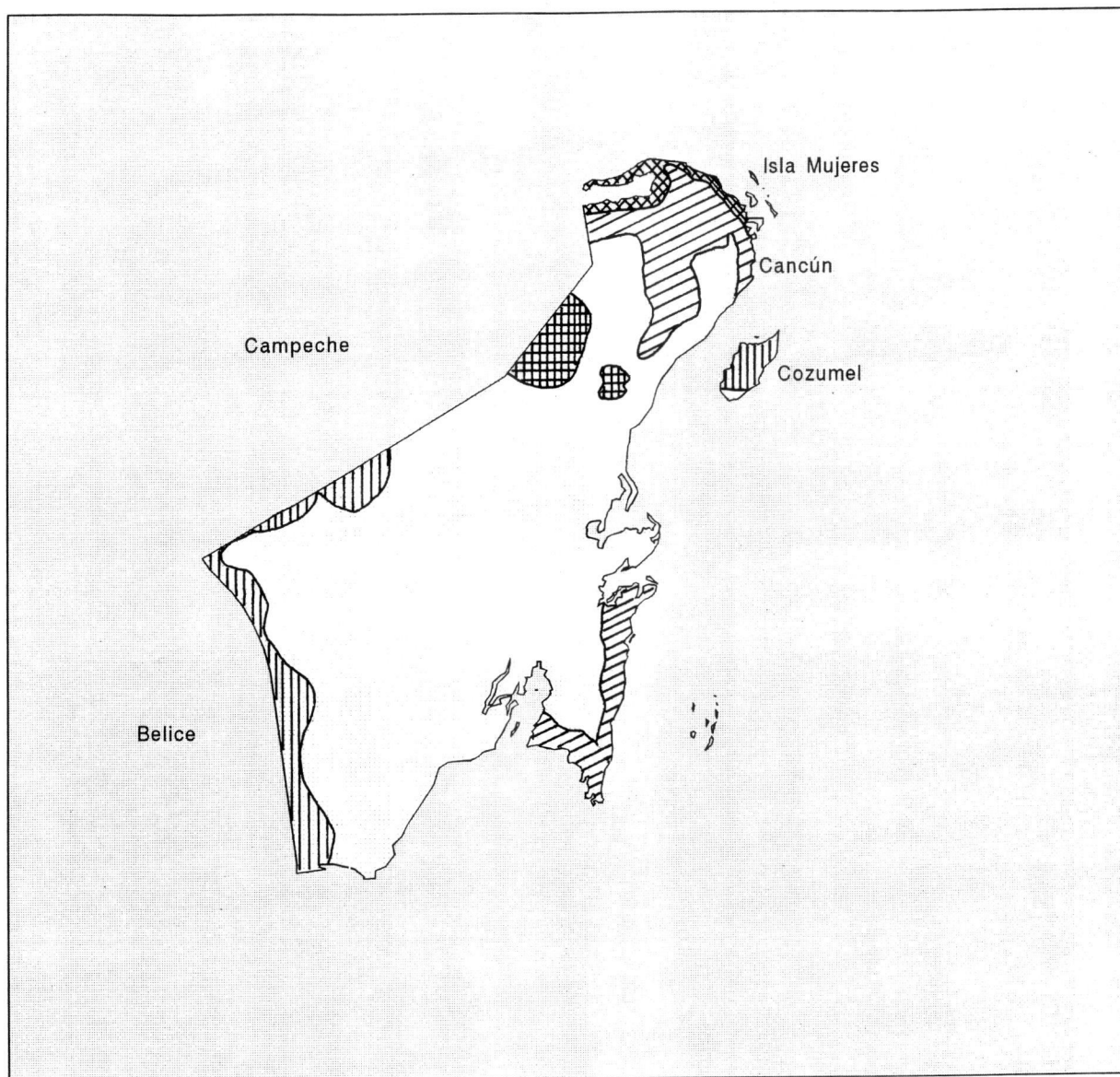


Kantunilkin

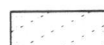


Victoria

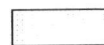
Figura 9. Diagramas ombrotérmicos.



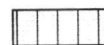
Bosque Bajo Subperennifolio



Bosque Mediano Subperennifolio



Bosque Mediano Caducifolio



Manglar



Pastizal

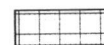


Figura 10. Principales tipos de vegetación en la zona de estudio.

En la actualidad, el área de estudio está prácticamente cubierta por una selva mediana subperennifolia, la cual se extiende hasta un poco más del 75 % del territorio del estado y alcanza una altura de 20 m, con diferentes etapas de sucesión natural en zonas intervenidas (bosque secundario arbustivo y arbóreo) y diversos rasgos fisonómicos resultantes del comportamiento foliar y la influencia climática; se distinguen los siguientes tipos según la clasificación de Miranda y Hernández (1988):

- a) Selva mediana subperennifolia, los árboles de esta asociación varían entre 15 y 20 m de altura; entre el 25 y 50 % de ellos pierden sus hojas durante la estación seca. Generalmente, se forman dos estratos distintos, uno alto, de alrededor de 20 m, formado por árboles emergentes y uno inferior de aproximadamente 15 m de altura. Este último permite poca entrada de luz al piso forestal, reduciendo con ello, la cantidad de arbustos y trepadoras.

Las principales especies arbóreas encontradas en esta asociación son *Manilkara zapota*, *Brosimum alicastrum*, *Metopium brownei*, *Bursera simaruba*, *Dendropanax arboreus*, *Sideroxylon gaumeri*, *Protium copal*, *Swartzia cubensis*, *Simarouba glauca*, *Caesalpinia gaumeri*, *Casearia nitida*, *Vitex gaumeri*, *Cedrela odorata*, *Malmea depressa*, *Talisia olivaeformis*, *Thrinax radiata*, *Sabal japa*, *Lysiloma bahamensis*, *Piscidia communis*, *Hippocratea floribunda*, *H. excelsa*, *Pouteria unilocularis*, *Pithecellobium leucospermum*, *Lonchocarpus rugosus*, entre otras.

- b) Selva mediana subcaducifolia, es un bosque mucho más bajo que la asociación anteriores en el que más del 50 % de los árboles pierden sus hojas durante la estación seca. La altura promedio de los árboles es de entre 14 y 16 m; las principales especies son *Piscidia communis*, *Coccoloba cozumelensis*, *Lysiloma bahamensis*, *Bursera simaruba*, *Metopium brownei*, *Chrysophyllum mexicanum*, *Guazuma ulmifolia*, *Gymnopodium floribundum*, entre otras.

En menor proporción (3 % del territorio) se presenta la selva baja, que alcanza una altura máxima de 12 m y se localiza en el extremo noreste (Isla mujeres) de la zona de

estudio y en la región costera oriental, entre Akumal y Punta Tulsayab (Cozumel), comprendiendo las siguientes variantes:

- c) Selva baja subperennifolia, esta comunidad vegetal es similar a la selva mediana subperennifolia, es encontrada en áreas con drenaje pobre. Las especies más representativas son *Manilkara zapota*, *Coccoloba* sp, *Caesalpinia gaumeri*, *Thrinax radiata*, *Bursera simaruba*, *Metopium brownei*, entre otras.
- d) Selva baja subcaducifolia, es similar a la selva mediana subcaducifolia. Las especies más representativas de esta asociación son *Lysiloma bahamensis*, *Bursera simaruba*, *Vitex gaumeri*, *Metopium brownei*, *Caesalpinia gaumeri*, *Manilkara zapota*, *Ceiba aesculifolia*, *Erythrina standleyana*, *Piscidia communis*, *Psidium sartorianum*, *Swetia panamensis*, *Byrsonima bucidaefolia*, entre otras.

A lo largo de las fajas costeras se presentan manglares, que cubre un 4 % del territorio, existe una asociación de *Rhizophora mangle*, *Cladium jamaicensis*, *Paurotis wrightii*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*.

En las depresiones sometidas a quemas periódicas y en las zonas costeras se observan tulares, que cubren un 3 % de la superficie del área, con una asociación de *Typha dominguensis*, *Paurotis wrightii* y *Phragmites australis*, entre otras.

Se presentan, además, algunas áreas con vegetación de dunas costeras con una asociación de *Coccoloba uvifera*, *Thrinax parviflora*, *Metopium brownei*, entre otras.

4.4. FAUNA SILVESTRE

Como resultado del alto porcentaje de cobertura vegetal que aún existe en el área de estudio, la buena disponibilidad de agua y las condiciones climáticas adecuadas existe una fauna terrestre y acuática rica y variada. Existen cerca de 60 familias de peces marinos y de arrecife, aproximadamente 80 familias de peces de importancia comercial y 48 de especies epicontinentales; 15 especies de anfibios, 78 de reptiles, 418 de aves migratorias y residentes y 110 especies de mamíferos terrestres y marinos (Colmenero, 1990).

Entre la fauna acuática destacan ballenas, delfines, manatíes, tortugas marinas y de agua dulce, caracoles, langosta, camarón y nutrias, entre otros. Dentro de la fauna terrestre, se puede observar venado, tepezcuintles, zorra, mapache, ardilla, tejón, armadillo, jabalí, tlacuache, tuza, jaguar, tigrillo, mono araña, mono aullador, oso hormiguero, tapir, víboras (cascabel, nauyaca, cuatro narices y coralillo), iguana, cocodrilo y una gran variedad de aves, entre otras, chorlo, playeras, chupamirtos, tórtolas, loros, garzas, flamencos, halcón, pelícanos, gaviotas, pato, perdiz, chachalaca, pavo silvestre y faisán.

Muchos animales del bosque se cazan para el consumo de la población; aunque a veces, adquieren tal valor y demanda que se comercializa la carne y la piel. Entre las especies más apetecidas para estos fines están el venado, armadillo, tepezcuintle, jaguar, tigrillo, perdiz, pavo silvestre, faisán, pato y jabalí.

4.5. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.

4.5.1. POBLACIÓN

Para 1988 la población residente se encuentra relativamente dispersada con un promedio de 7.9 hab./Km². Los rangos de población van de 3.9 hab./Km² en el municipio de Lázaro Cárdenas a 63.5 hab./Km² en Benito Juárez (Cuadro 3). Históricamente, la población ha sido agrícola, aunque ésta ha cambiado rápidamente a migrantes al servicio de las oportunidades de empleo relacionadas con la Industria Turística de Cancún (North American Forestry Commission, 1989; Nolasco, 1993; SPP/INEGI, 1984d).

Cuadro 3. Superficie y población del Distrito Agrícola y Forestales de Cancún para el año de 1988 (modificado de North American Forestry Commission, 1989).

MUNICIPIO	ÁREA TOTAL (Km ²)	No. HAB./Km ²
Benito Juárez	1,664	63.5
Isla Mujeres	1,100	7.7
Lázaro Cárdenas	3,881	3.9
Cozumel	4,893	8.4
Total	11,538	83.5

4.5.2. USO ACTUAL DEL SUELO

Debido al huracán "Gilberto" en septiembre de 1988, el avance de la agricultura migratoria y la frontera ganadera, además de los incendios de 1989, se estima que han ocurrido cambios notables en la vegetación y en la utilización de la tierra.

De acuerdo con el Distrito de Desarrollo Rural No. 3 dependiente de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, con Sede en la Ciudad de Cancún, para 1980, los suelos de la zona de estudio estaban distribuidos en las siguientes categorías de uso:

a) Agricultura. Se utilizaban aproximadamente 127,000 ha (11 % del territorio) en explotaciones agrícolas de tipo nómada; sistema de producción que tradicionalmente se practicaba en la región durante el ciclo de primavera-verano y para el autoconsumo.

Los cultivos más importantes son: maíz, frijol, calabaza, yuca, camote, chile y jícama, los cuales presentan muy bajos rendimientos debido a la pobreza de los suelos y las primitivas prácticas culturales empleadas. Generalmente los terrenos se cultivan durante dos años y luego se abandonan cuatro a cinco años para permitir su recuperación antes de reutilizarlos.

Al norte de Kantunil-Kin sobre suelos medianamente profundos y potencialmente aptos para la producción comercial se observan cultivos de chile, jitomate y cítricos con riego suplementario y tecnología más avanzada. En esta zona, para 1988 se reportaron 160 ha mecanizadas bajo cultivo.

Entre los excedentes agrícolas comerciales de la zona figuran: chile, cítricos, melón y jitomate. Algunos cultivos han sido introducidos con buenas perspectivas para el consumo local y exterior, entre los que destacan el achiote, lechuga, rábano, cilantro, perejil, cebolla, ajo, naranja, mango, coco, piña, sandía, cacahuete y papaya.

b) Ganadería. Se utilizan aproximadamente 35,000 ha (3 % del territorio) en pastizales cultivados con zacate guinea (*Panicum maximum*). Se estima que a causa del continuo desmonte por los incendios y la agricultura nómada, el área dedicada al monocultivo de pastos se ha incrementado notablemente. Sin embargo, los rendimientos son bajos por la pobreza de los suelos, ausencia de crédito y de acceso a la tecnología más avanzada. En la mayoría de la explotaciones se efectúan labores de chapeo y quemas

anuales para el control de malezas y el estímulo a la aparición de renuevos altamente apetecibles por el ganado.

El ganado más abundante corresponde al de la clase cebú indobrasil y brahman, para la producción de carne. La producción de equinos y ovinos es reducida. Los sistemas de producción son de tipo extensivo con una carga de dos hectáreas por cabeza, cuya alimentación se suplementa en el verano con melaza y follaje de ramón (*Brosimum alicastrum*). Se ha iniciado un pequeño incremento en el cultivo de pastos de corte especialmente de pasto Taiwan y semiestabulado en los hatos de mayor desarrollo.

El ganado porcino es el más abundante y el de más alto consumo, se cría y levanta a nivel doméstico (transpatio), en los huertos familiares, aunque existe algunas porquerizas de tipo comercial. En igual forma se levantan aves de corral y granja, pero su producción fue apreciablemente afectada por los estragos del huracán.

c) Apicultura, es una actividad ampliamente extendida y con avanzada tradición tecnológica en la región, pero al igual que la avicultura sufrió un notable deterioro y reducción a causa del huracán, de difícil recuperación en las actuales circunstancias por la falta de crédito y asistencia técnica para el manejo de colmenas africanizadas, disminución de la población de plantas melíferas y bajo suministro de reinas europeas.

4.5. 3. SILVICULTURA

Antes de la conquista, los bosques de esta región ocupaban un área aproximada de 893,000 (78 % de su superficie total) ha; correspondiendo 570,000 ha a selva mediana virgen; 288,000 ha de bosque secundario arbóreo y arbustivo y 35,000 ha a selva baja no intervenida.

Como en muchas otras partes del estado, inicialmente, ocurrió una tala selectiva para extraer las maderas preciosas (cedro) y otras corrientes tropicales de gran demanda, en las zonas cercanas a los centros de consumo o de fácil acceso, a través de la infraestructura vial construida. Algunas especies fueron protegidas por su valor para la extracción de chicle (*Manilkara zapota*) y forraje (*Brosimum alicastrum*).

Cuadro 4. Aspectos socioeconómicos de la región afectada por el huracán "Gilberto" en 1988 y los incendios de 1989 en el norte del estado de Quintana Roo.

CONCEPTO	ISLA MUJERES	BENITO JUÁREZ	COZUME L	LÁZARO CÁRDENAS	TOTAL	AÑO
SUPERFICIE/Ha	110,000	166,000	489,300	388,100	1,153,800	-----
POBLACIÓN	10,651	177,356	44,868	15,939	248,814	1990
LABOR.						
POBLACIÓN	83 %	95 %	85 %	36 %	75 %	1985
URBANA						
POBLACIÓN	17 %	5 %	15 %	64 %	25 %	1985
RURAL						
DENSIDAD (Hab./m ²)	9.7	10.6	9.2	4.1	33.6	1990
No. DE EJIDOS	1	4	17	34	56	1990
No. DE EJIDATARIOS	166	541	1,422	3,408	5,537	1990
ÁREA EJIDAL (Ha)	57,960	110,373	164,411	289,147	621,891	1990
FINCAS	15	35	217	338	605	1987-88
GANADERAS						
No. DE BOVINOS	1,170	1,755	2,925	11,905	17,755	1987-88
No. DE PORCINOS	5,307	15,718	6,190	15,860	43,075	1987-88
No. DE OVINOS	-----	579	-----	193	772	1987-88
No. DE AVES	87,626	551,316	169,311	168,272	976,525	1987-88
No. DE COLMENAS	2,552	5,099	7,652	30,597	43,900	1987-88
REFORESTACIÓN/Ha	18	79	521	611	1,229	1990
a						
No. DE ARBOLES	2,990	115,575	87,294	112,015	317,874	1990
No. DE INCENDIOS	2	15	24	18	59	1991
HECTÁREAS	5	4,551	1,484	21,810	27,850	1991
AFFECT.						

Modificado de Nolasco, 1993

Se estima que de las selvas medianas, los mayas, utilizaban unas 200 especies con valor medicinal, 48 forrajeras, veinte alimenticias (productoras de frutos comestibles), nueve combustibles y 60 para construcción, al igual que algunas otras ornamentales con valor mágico-religioso (Colmenero, 1990). En la región se han empleado más de 30 especies forestales maderables y aproximadamente veinte especies no maderables.

4.5.4. SITUACIÓN FORESTAL ACTUAL

Los bosques en el área de estudio juegan un papel de vital importancia en el desarrollo económico actual y potencial. El uso de productos forestales (agua, madera, belleza escénica, vida silvestre y chicle, entre otros) han contribuido directa e indirectamente en la sobrevivencia de las poblaciones locales.

Después del huracán Gilberto y los incendios forestales de 1989, aparecieron en el Diario Oficial de la Federación dos acuerdos mediante los cuales se establecieron tres polígonos de veda, ubicados dentro de los municipios de Benito Juárez, Lázaro Cárdenas y Cozumel, con una superficie total de 228 y 567 has. De acuerdo con lo estipulado en dichos decretos, la entonces Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) se encargaría de la restauración y conservación de los recursos, prohibiendo cambios en el uso del suelo y declarando veda total e indefinida de aprovechamiento forestal, así como la captura de fauna silvestre.

Debido a que los suelos en el área son delgados y bajos en valor nutrimental, por lo tanto, de bajo potencial productivo, se recomienda un manejo a largo plazo, que favorezca prácticas bajas en intensidad de disturbio.

5. METODOLOGÍA

Como es típico, el presente trabajo se llevó a cabo en las dos fase siguientes: gabinete y campo, cada una de las cuales comprende las actividades que se describen a continuación:

5.1. FASE DE GABINETE

Para la realización del presente estudio se empleo la metodología propuesta por Rodríguez *et al.* (1989) y García *et al.* (1991), en la evaluación de las zonas afectadas por el huracán "Gilberto" y los incendios ocurridos en 1989 en la zona norte de Quintana Roo, procediendo de la manera siguiente:

5. 1.1. ELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Después de realizar una revisión bibliográfica exhaustiva sobre los eventos de disturbio ocurridos en la entidad entre 1988 y 1989, ecología, dinámica, sucesión y regeneración del bosque tropical aquí y en otras localidades de zonas tropicales de México y otras regiones del mundo; y habiendo revisado el material cartográfico correspondiente a la zona de estudio, se procedió a efectuar una visita a los sitios de muestreo propuesto por el Campo Experimental Forestal "San Felipe Bacalar" en 1990, con la finalidad de obtener los datos de campo correspondientes al año de 1994.

Dichos sitios corresponden a las siguientes condiciones de estudio:

- a) SITIO 1. Representa un acahual joven cuya vegetación fue afectada por el huracán "Gilberto", sin ocurrencia de incendio forestal; ubicado aproximadamente a 7

kilómetros de la carretera Chetumal-Cancún, desviándose por la carretera que va a Central Vallara, frente al Jardín botánico del CIQRO, en el municipio de Benito Juárez.

- b) SITIO 2. Corresponde a un acahual joven cuya vegetación fue afectada tanto por el huracán como por los incendios forestales de manera moderada; se ubica a un lado del sitio anterior, aproximadamente a 50 m.
- c) SITIO 3. Corresponde a una selva mediana, donde la vegetación fue afectada por el huracán "Gilberto" y por los incendios forestales de manera intensa. Se encuentra ubicado entre los postes No. 20 y 21, en la terracería que entra por el pozo No. 6, ubicado en la carretera Cancún-Valladolid-Mérida, en el municipio de Benito Juárez.
- d) SITIO 4. Representa a una selva mediana, donde la vegetación fue afectada sólo por el huracán "Gilberto". Se localiza dentro del municipio de Benito Juárez, aproximadamente a 50 m de la Estación de Bombeo No. 10; desviándose por un camino de terracería en el Km. 195 de la carretera Cancún-Valladolid-Mérida.

5.1.2. DISEÑO DE MUESTREO

Con la definición de las cuatro condiciones de impacto por los disturbios, el diseño de muestreo seleccionado para realizar el inventario forestal fue estratificado y la distribución de la muestra en forma aleatoria.

Las unidades de muestreo fueron sitios rectangulares de 1000 m² (20 X 50 m), distribuidos en forma aleatoria y un sitio levantado por cada condición definida en donde se obtuvo la información dasométrica y cualitativa del arbolado.

Dentro de cada uno de los sitios antes mencionados, se ubicó un sitio cuadrado de 25 m² (5 X 5 m), en donde se obtuvo la información referente a la regeneración natural (Figura 11).

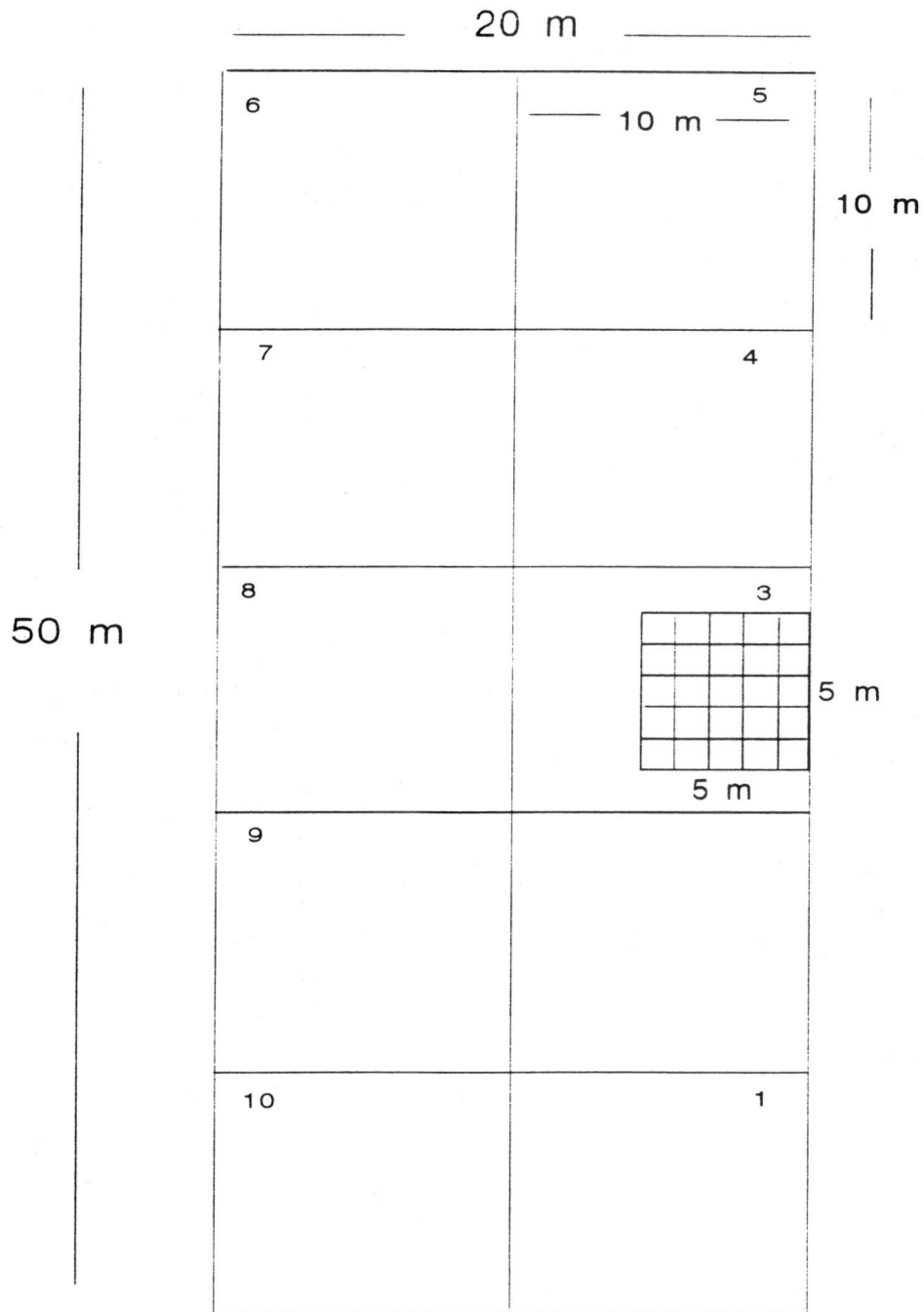


Figura 11. Diseño de las unidades de muestreo empleado para la toma de datos.

5.2. FASE DE CAMPO

5.2.1. REGISTRO DE LOS DATOS

Después de localizar los sitios de muestreo y redefinir sus límites mediante el uso de balizas y cuerdas se prosiguió a levantar la información dendrométrica y de la regeneración para cada sitio de muestreo (ANEXOS 1 y 2). Además de la información que se menciona a continuación:

- a) Características generales de cada unidad muestral. Con la finalidad de facilitar la obtención y manejo de los datos, se consideró el municipio, paraje, exposición, tipo de suelo, número de sitio y fecha para cada uno de los sitios de muestreo.
- b) Información dasométrica para el arbolado. Para cada individuo arbóreo (previamente numerados en orden progresivo y ubicados en un sistema de coordenadas X-Y) encontrado dentro de los sitios de muestreo se midió el diámetro normal (D:N), diámetro de copa (en dos direcciones N-S y E-W), usando una cinta diamétrica; alturas total y de fuste limpio; inicialmente estas mediciones se hicieron mediante el uso de un Clinómetro marca Suunto y una cuerda de 10 m, pero debido a la dificultad de realización de esta actividad se decidió que técnicos con experiencia en campo calcularan dichas alturas, usando una regla de 2 m; asimismo; se consideró el número de árbol y especie (nombres científico y común).

Se consideraron como árboles todos aquellos individuos con D.N. (diámetro a 1.3 m de altura) ≥ 7.6 cm. El criterio para incluir un individuo dentro de un cuadro fue que éste estuviera enraizado dentro del sitio independientemente de que su copa se encontrara fuera.

- c) Regeneración natural. En las parcelas de 25 m² se midieron todos los individuos mayores o iguales a 1 cm de altura y D.N. < 7.6 cm, a los cuales se les registró la información siguiente: número de individuo, especie (nombres científico y común),

altura, diámetro de copa, empleando para ello una regla graduada de 2 m. Asimismo, se tomó en cuenta el patrón de distribución (aislada, en grupos, otras) y el origen de la regeneración (semilla, brote, tocón, raíz, rizoma, entre otros).

Cabe mencionar que la información correspondiente a la regeneración de los años 1990, 1992 y 1993; así como los datos dendrométricos de 1990 para el arbolado remanente fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias a través del Campo Experimental Forestal "San Felipe Bacalar", a manera de que se pudiera evaluar el desarrollo y la dinámica de las especies forestales de la zona norte del estado de Quintana Roo a través del tiempo y el espacio a cinco años de haber ocurrido los eventos de disturbio.

5.2.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES

Para ambos casos (arbolado remanente y regeneración), la mayor parte de las especies fueron identificadas en el campo por personas conocedoras de la zona y/o en el herbario de la División de Ciencias Forestales, donde se depositó parte del material colectado. Efectuando, además, una corroboración de ellas, mediante el uso de bibliografía especializada sobre la vegetación y flora de las regiones tropicales del estado y otras regiones del país (Chavelas, 1982; Sousa y Cabrera, 1983; Cabrera *et al.*, 1992).

Se anexa al final del trabajo una lista florística general de la zona de estudio ordenado alfabéticamente por familia y especie; incluyendo además, nombre común y forma biológica para cada una de las especies.

5.2.3. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD

Dansereau (1957) define a la estructura de la vegetación como la organización de los individuos en el espacio que componen un tipo de vegetación o asociación, y en donde los elementos primarios son: forma de vida, estratificación de la vegetación y cobertura de la misma.

Por su parte, Kershaw (1964; 1973) distingue tres componentes dentro de la estructura vegetal: a) estructura vertical, que comprende el arreglo de las especies en capas o estratos con respecto a la altura; b) estructura horizontal, es la distribución espacial de los individuos a partir de la cual se reconocen patrones de distribución para cada especie y de la vegetación en general; y c) estructura cuantitativa, la cual se evalúa mediante la abundancia de cada especie. Posteriormente, Tuxen (1970) y Wittaker (1970) desarrollan el concepto de estructura en un sentido más amplio considerando los patrones de distribución de las especies, cantidad y diversidad de las especies.

En el presente trabajo, los aspectos evaluados para el estudio de la estructura son la cantidad y diversidad de las especies; empleando, asimismo, la elaboración de perfiles de vegetación para cada sitio con la finalidad de describir con mayor claridad la estructura horizontal y vertical de la vegetación, empleando para ello fajas de 50 X 10 m (de acuerdo con Holdridge *et al.*, 1971 y Richards, 1979 citados por Lamprech, 1989) tomando en cuenta todos los árboles con D.N. > 7.6 cm.

Una forma de evaluar la estructura de una comunidad forestal es mediante el uso de perfiles o transectos de vegetación, los cuales constituyen los “esqueletos de mapas” que ilustran la fisonomía del bosque como una proyección de copas (Oldeman, 1989; Granados y Tapia, 1989).

5.3. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Con estos datos se obtuvieron por especie, sitio y año, algunos parámetros ecológico-silvícolas como densidad, frecuencia, área basal, índice de dominancia, índice de diversidad e índice de complejidad, procediendo respectivamente de la siguiente manera:

5.3.1. DENSIDAD

La densidad (D) es el número de individuos (N) de una especie presente en un área determinada (A; m², km², ha.), se obtuvo de la manera siguiente:

$$D = N/A$$

5.3.2. FRECUENCIA

La frecuencia (Fr.) mide la regularidad de la distribución horizontal de cada especie, es decir su dispersión. Puede medirse de dos maneras:

La frecuencia absoluta que es dada por el porcentaje de subparcelas en las que aparece una especie en relación al total de subparcelas. Se obtiene de la manera siguiente:

$$\text{Fr. abs.} = (m/M) \times 100$$

En donde:

m = Número de subparcelas en que aparece una especie

M = Número total de subparcelas

La frecuencia relativa expresada como:

$$\text{Fr. rel.} = (\text{Fr. Abs.} / \sum \text{Fr. Abs.}) \times 100$$

Es el valor expresado en % para cada especie en relación a la suma total de las frecuencias absolutas de la comunidad.

5.3.3. DOMINANCIA

Dentro de la comunidad existen pocas especies (generalmente una o dos) que en virtud de su número o tamaño, ejercen mayor influencia sobre el desarrollo de la comunidad, ya que determinan las condiciones bajo las cuales crecerán sus otros componentes; siendo consideradas dichas especies como dominantes.

La dominancia es el resultado de la capacidad y estrategia competitivas de una especie, la cual está determinada por la densidad, frecuencia y área basal, de tal manera que, una especie que presenta un alto número de individuos, una amplia distribución y una alta cantidad de biomasa, estará altamente capacitada para competir y dominar sobre especies con bajos atributos poblacionales (Sarukhán, 1968).

Como los parámetros antes mencionados, ésta también, puede ser expresada en valores absolutos (suma de áreas basales de individuos pertenecientes a una determinada

especie) o relativos (valor porcentual de la participación de cada especie en la suma total de las áreas basales de la muestra).

Sin embargo, generalmente, se han empleado diferentes índices para medir la dominancia de las especies, los cuales fueron revisados y criticados por Sarukhán (1968) quien propone un nuevo índice, tomando como base los valores absolutos de densidad, frecuencia y área basal; este índice ha sido muy usado en otros trabajos realizados en regiones tropicales, lo cual nos permite puntos de comparación. La dominancia por especie y por sitio se calculó con base en este índice cuya expresión es la siguiente:

$$I. D. = \text{Densidad} \times \text{Frecuencia} \times \text{Área Basal}$$

En donde, el área basal (A.B.A, como un estimador de la biomasa), se define como el área de la sección transversal del tronco de un árbol en pie, a la altura de 1.30 (Matteuci y Colma, 1982). Estimada de la manera siguiente:

$$A.B.A. = 0.7854 \times (D.N.)^2$$

Para el caso de la regeneración el área basal fue sustituida por la cobertura, calculada de la misma manera que la anterior solo que el lugar de D.N se utilizó el diámetro de copa.

El área basal es uno de los parámetros estructurales más usado para las especies individuales, que permite observar qué especies imprimen el carácter fisonómico y conforman la estructura de vegetación, por ello, es de gran importancia hacer notar cuántas y cuáles especies aportan el mayor porcentaje del área basal (Centeno, 1989).

5.3.4. DIVERSIDAD

Según Cox (1978) la diversidad es una característica biológica medible, que refleja las formas organizacionales importantes en el funcionamiento de la comunidad.

De acuerdo con Halffter (1992), a nivel de comunidad o ecológico, la diversidad tiene dos expresiones bien definidas: la diversidad en especies presentes en un sitio (diversidad α) y la heterogeneidad espacial o local (diversidad β). Sin embargo, la diversidad no depende sólo de la riqueza de especies, sino también de la dominancia relativa de cada una de ellas.

La diversidad en composición de especies se relaciona con el grado de estabilidad del ecosistema, ya que una comunidad con alta diversidad de especies posee un sistema más completo de cadena trófica a lo largo del cual pueden operar los mecanismos de control poblacional dependiente de la densidad.

Han sido diversos los métodos empleados en estudios ecológicos para medir la diversidad de una comunidad vegetal, en este caso, ésta se obtuvo mediante el uso de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y el de Simpson, los cuales resultan un útil parámetro descriptivo.

Los diferentes índices de diversidad, en su mayoría, se basan en la razón entre el número de especies y alguna medida de los "valores de importancia" de las especies; dichos valores se pueden medir a través de atributos la productividad o biomasa, o bien, por una combinación de atributos (Vera, 1988). Sin embargo, debido a su ambigüedad, generalmente, se emplean dos o más de ellos en estudios de vegetación.

El primero se basa en la teoría de información, cuyo objetivo principal es intentar medir la cantidad de orden (o desorden) de un sistema; es decir, describe el grado de incertidumbre para predecir si un determinado individuo escogido al azar corresponde a una especie dada; mientras que, el segundo define la probabilidad de que dos individuos

seleccionados al azar pertenezcan a una misma especie (Vera, 1988). Sus expresiones son respectivamente:

$$H = - \sum_{i=1}^s (n_i/N) (\log_2 n_i/N)$$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s (n_i/N)^2$$

En donde para el primero:

H = Índice de Diversidad de Shannon-Wiener

s = Número de especies

n_i = Número de individuos de la especie i

N = Número total de individuos

y para el segundo:

D = Índice de Simpson

n_i = abundancia de la especie y

s = número de especies presentes

N = número de individuos estudiados

El valor obtenido mediante el Índice de Simpson tiene que ser restado de 1 para obtener el valor real de diversidad (entre 0 y 1).

Los índices de diversidad permiten entender y comparar la organización biológica de las comunidades (Odum, 1984, citado por Vera, 1988). Un buen índice de diversidad debe reflejar los cambios tanto en el número de especies de una comunidad como el patrón de distribución de individuos entre especies (Vera, 1988).

5.3.5. COMPLEJIDAD

Se sabe que conforme aumenta la humedad y la temperatura la vegetación se hace más exuberante y “compleja”; es decir que, aumenta la composición florística (número de especies), su densidad, altura y área basal; sin embargo, no existe una clara definición de este concepto. Una forma de evaluar la complejidad empleada por algunos ecólogos de diferentes regiones del mundo es por medio del uso del Índice de Complejidad.

El Índice de Complejidad se estima mediante la expresión propuesta por Holdridge (1979) de la siguiente expresión:

$$ICB = 10^{-3} h b d s$$

*b14Wx
Donde:

h = altura de rodal en metros. en rodales con dosel superior irregular, se promedian las alturas de los tres árboles más altos por parcela de un décimo de hectárea.

b = área basal en m², calculada del diámetro a la altura del pecho de los árboles con diámetros de 10 cm o mayores, por un décimo de hectárea.

d = densidad o número de tocones de árboles de 10 cm de diámetro normal (en este caso 7.6 cm) o mayores, por décimo de hectárea.

s = número de especies de árboles de 10 cm de D.N. o mayores, por un décimo de hectárea.

El producto de estos cuatro valores se divide por 1,000. Los valores del Índice de Complejidad varían mucho dentro de una misma zona de vida a causa de las asociaciones. El aumento y la disminución de los valores, motivados por influencias edáficas o atmosféricas, pueden ofrecer un enfoque prometedor para la evaluación cuantitativa de los efectos de los factores que limitan o favorecen el crecimiento de la vegetación (Holdridge, 1979).

La Figura 12 muestra los valores de complejidad propuestos por Holdridge (op. cit) para diferentes comunidades vegetales del mundo.

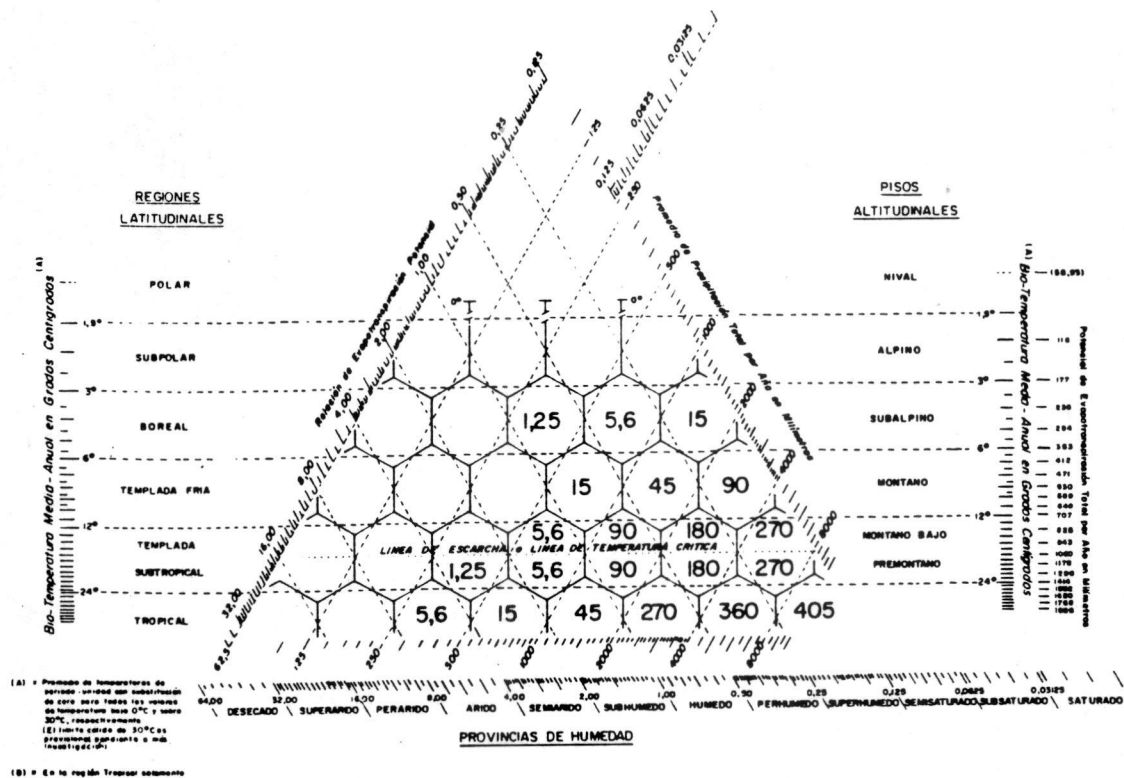


Fig. 3. Valores del índice de complejidad para unidades boscosas naturales maduras en las que no se presentan factores que limitan demasiado el crecimiento.

Figura 12. Índices de Diversidad propuestos por Holdridge (1979)

GUIA PARA EVITAR PROBLEMAS
CAUSADOS POR HONGOS EN
SEMILLAS Y GRANOS ALMACENADOS.

ERNESTO MORENO-VIAM

Karatel café

ANTONIO CHONG E.

WHEAT
HEALTH MANAGEMENT

COOK AND VESETH

Korotof verde done

Armas ctong E.

RICE, 5TH ED.

D. H. GRIST.

Koratsyl vade Jara

ARTURO CHONG F.

CORN AND CORN IMPROVEMENT - 30

SPRAGUE AND DUDLEY, ED.

Tono I

Keratol quinda.

ARTHUR CHONG E.

CORN AND CORN IMPROVEMENT-30

SPRAGUE AND DUDLEY, ED.

TOMO II.

Korotki gunda.

ARTURO CHONG E.

5.3.6. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA REGENERACIÓN

Finalmente, para la regeneración, con los datos obtenidos en campo, también se determinaron los porcentajes de regeneración por semilla, brote, raíz, rizoma o tocón; así como los patrones de distribución (de manera visual) para cada uno de los sitios en los diferentes años .

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para un buen uso y conservación de los ecosistemas es necesaria la comprensión de su organización y funcionamiento. Por ello, el estudiar la estructura y dinámica de las comunidades, además de su valor para la ecología, tiene una gran importancia en el manejo de ecosistemas, tanto naturales como modificados.

Debido a que el área más representativa de las diferentes condiciones y grados de afectación por los disturbios se localiza en el municipio de Benito Juárez, el cual cubre una superficie de 43,310 ha afectadas por fuego y viento, fue en esta zona donde se ubicaron los sitios de muestreo.

Con la finalidad de facilitar el manejo y análisis de la información obtenida, a continuación se describirán las condiciones de cada sitio y con base en ello se realizará la discusión general del trabajo.

6.1. SITIO 1. Central Vallarta

6.1.1. Características generales de la zona

Representa un acahual joven (aproximadamente 25 a 30 años) derivado de un bosque tropical subperennifolio, cuya vegetación fue afectada en 1988 por el huracán "Gilberto" de manera ligera, sin ser afectada posteriormente por los incendios forestales, en 1989. Debido a que no existe en el área lugar que no haya sido afectado por los disturbios, esta condición sirve como punto de comparación con la estructura arbolada residual de los lugares donde ocurrieron los incendios forestales o la afectación sólo por huracán.

Se ubica aproximadamente a 7 kilómetros de la carretera Chetumal-Cancún, desviándose por la carretera a Central Vallarta, frente al Jardín botánico del CIQRO, en el municipio de Benito Juárez.

La vegetación típica de esta zona prospera en terrenos con exposiciones dominantes zenitales de muy poca variación topográfica (García *et al.*, 1991). De acuerdo con la clasificación de FAO/UNESCO el suelo es de tipo litosol (correspondiente en nomenclatura maya al tipo Tzek'el); con una profundidad del mantillo orgánico de aproximadamente 8 cm en promedio y altos grados de pedregosidad. Estos se caracterizan por ser suelos someros, de color café oscuro, pH de neutro a ligeramente alcalino y drenaje eficiente o excesivo por la rápida infiltración del agua.

García *et al.* (1990) mencionan que para esta condición no existen riesgos de erosión debido a que la estructura vegetal no fue dañada en gran medida por el huracán y como ya se mencionó anteriormente, no fue afectada por los incendios.

6.1.2. Características de la estructura remanente

6.1.2.1. Composición florística

Como puede verse en el Cuadro 5 la estructura arbolada remanente a cinco años de ocurrido el huracán Gilberto se encuentra representada por 2,010 árboles/ha en pie correspondientes a 26 especies, 24 géneros y 17 familias botánicas. De acuerdo con el número de especies, las familias mejor representadas son: Polygonaceae y Fabaceae con cuatro y tres especies, respectivamente; seguidas por las Malpighiaceae, Sapindaceae, Euphorbiaceae y Myrtaceae con dos especies cada una; mientras que Anacardiaceae, Moraceae, Simaroubiaceae, Apocynaceae, Rubiaceae, Araliaceae, Verbenaceae, Arecaceae y Sapotaceae sólo son representadas por una especie.

Cuadro 5 Especies presentes en la estructura remanente afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendio en Central Vallarta, municipio de Benito Juárez, Quinta Roo, para el año de 1994.

Número	Especie	Familia	Nombre común	Densidad (ind./ha)
1	<i>Psidium sartorianum</i>	Myrtaceae	Guayabillo	590
2	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae	Chechem negro	420
3	<i>Bunchosia lanceolata</i>	Malpighiaceae	Desconocida 1	220
4	<i>Manilkara zapota</i>	Sapotaceae	Zapote	90
5	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Malpighiaceae	Sacpáh	90
6	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	Chakáh	70
7	<i>Exothea diphylla</i>	Sapindaceae	Guayancox	70
8	<i>Lysiloma bahamensis</i>	Fabaceae	Tzalam	70
9	<i>Coccoloba spicata</i>	Polygonaceae	Boop	50
10	<i>Talisia floresii</i>	Sapindaceae	Kolok	50
11	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	Polygonaceae	Boopchich	50
12	<i>Sebastiana sp.</i>	Euphorbiaceae	Chechem blanco	30
13	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Polygonaceae	Dzidzilche	30
14	<i>Ficus glaucescens</i>	Moraceae	Alamo	20
15	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Fabaceae	Kanasín	20
16	<i>Coccoloba acapulcensis</i>	Polygonaceae	Xtoos yuub	20
17	<i>Gymnanthes lucida</i>	Euphorbiaceae	Yaití	20
18	<i>Thrinax radiata</i>	Arecaceae	Chit	20
19	<i>Thevetia gaumeri</i>	Apocynaceae	Akitz	10
20	<i>Simarouba glauca</i>	Simaroubaceae	Pa'saak	10
21	<i>Dendropanax arboreus</i>	Araliaceae	Sac-chakáh	10
22	<i>Eugenia mayana</i>	Myrtaceae	Sacloob	10
23	<i>Gettarda combsii</i>	Rubiaceae	Tastab	10
24	<i>Vitex gaumeri</i>	Verbenaceae	Ya'axnic	10
25	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Fabaceae	Kitanché	10
26	<i>Randia truncata</i>	Rubiaceae	Kax	10
TOT.	26	15		2,010

Asimismo, puede apreciarse que, a pesar de la baja densidad de las especies en general, *Psidium sartorianum*, *Metopium brownei* y *Bunchosia lanceolata*, presentaron una buena

abundancia debido a sus densidades de 590, 420 y 220 individuos por hectárea, respectivamente.

Para 1987 (un año antes de la ocurrencia del huracán), Sánchez determinó que estas comunidades correspondían a una selva tropical perennifolia (según los criterios de Miranda y Hernández X., 1963) o un bosque tropical subperennifolio (de acuerdo con la clasificación de Rzedowski, 1988) constituidas principalmente por *Brosimum alicastrum*, *Manilkara zapota* y *Talisia olivaeformis*; mencionando además que, desde el punto de vista florístico, la comunidad guarda cierta relación con la selva de ramonal descrita por Miranda (1958) al sur de Quintana Roo, debido a la presencia en esta última, también de *B. alicastrum*, *M. zapota* y *T. olivaeformis*, además de *Protium copal*, *Exothea diphylla*, *Swartzia cubensis* y *Pouteria unilocularis*.

Rodríguez *et al.* (1989), evaluaron un total de 400 individuos arbóreos/ha. en la estructura remanente bajo esta condición, al año de ocurrido el huracán Gilberto, dichos individuos pertenecían a ocho especies y ocho familias. La familia dominante resultó ser Anacardiaceae (representada sólo por *M. brownii*), seguida por las Fabaceas (donde *Lysiloma bahamensis* fue la más abundante) y Burseraceas (representada por *Bursera simaruba*).

Por su parte, García *et al.* (1990), del inventario forestal realizado para la estructura remanente afectada por el huracán Gilberto obtuvieron una densidad total de 2,010 individuos/ha. pertenecientes a 16 familias botánicas (y una desconocida), 24 géneros y 26 especies, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este estudio. Ésto, además, indica que no ha habido cambios en la comunidad en cuanto al número de individuos y sus componentes.

Comparando estos resultados con los obtenidos por Snook (1993) en un bosque tropical subperennifolio de la parte central del estado, *Coccoloba cozumelensis*, *Dendropanax arboreus*, *Manilkara zapota*, *Metopium brownii*, *Simarouba glauca*, *Vitex gaumeri* y *Guettarda combsii* son en ambos casos especies sobrevivientes y tolerantes a

la acción del viento. Las cuales son especies intolerantes, de rápido crecimiento, algunas de las cuales no presentaron plántulas en el sotobosque.

6.1.2.2. Estructura de la vegetación

Diversos autores, siguiendo la descripción tradicional de los bosques templados en estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo), han pretendido identificar varios estratos en los bosques tropicales. Richards (1936) reconoce tres estratos en las selvas de Colombia, uno dominante de 34 m y dos inferiores de 18 y 8 m, respectivamente.

Una técnica comúnmente empleada en el estudio de la estructura en bosques tropicales es el uso de diagramas de perfil. La Figura 13 representa gráficamente la estructura de la vegetación afectada por el huracán Gilberto de manera moderada a cinco años de la ocurrencia de tal evento en la porción norte del estado de Quintana Roo.

Como puede verse, las formas de las copas de los árboles varían grandemente entre las especies que ocupan diferentes estratos; los árboles más altos generalmente, tienen las copas más anchas y aplanadas; mientras que los árboles jóvenes, de estratos inferiores tienden a presentar diversas formas.

Estructuralmente el bosque en este sitio se encuentra constituido por tres estratos arbóreos bien definidos; el primero, dominante, presenta una altura entre 18 y 24 m; está representado principalmente por *Manilkara zapota*, *Psidium sartorianum* y *Metopium brownei*; el segundo, intermedio, tiene una altura entre 13 y 17 m; en este estrato destacan *Bursera simaruba*, *Bunchosia lanceolata*, *Metopium brownei* y *Psidium sartorianum*; mientras que el tercero, considerado como un estrato inferior, alcanza una altura máxima de 12 m; siendo las especies más representativas *Bunchosia lanceolata* y *Lysiloma bahamensis*.

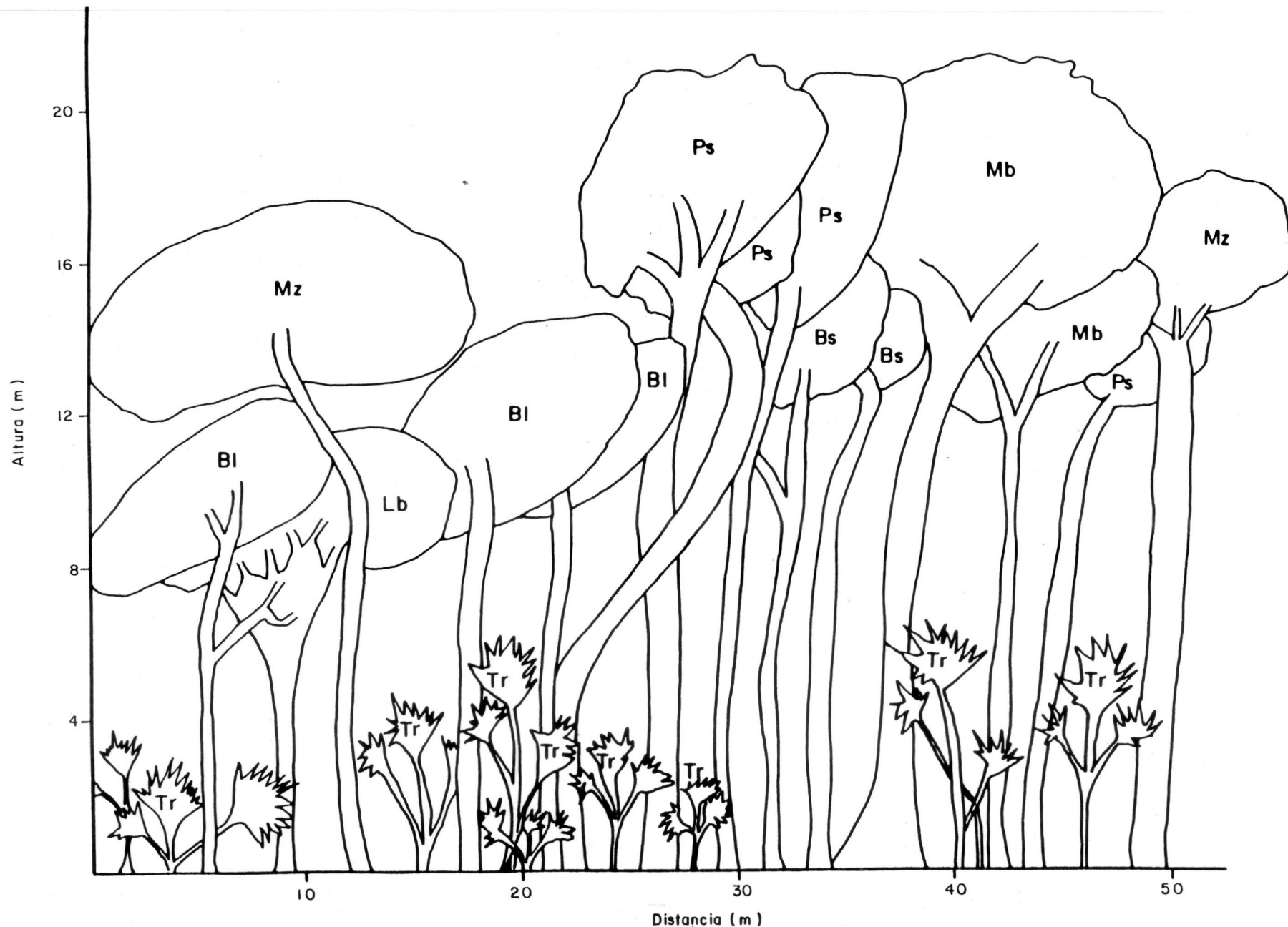


Figura 13. Estructura de la vegetación afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendio (Central Vallarta) en la zona norte de Quintana Roo, a cinco años de la ocurrencia de los disturbios. Tr - *Thrinax radiata*, BI - *Bunchosia lanceolata*, Mz - *Manilkara zapota*, Lb - *Lysiloma bahamensis*, Ps - *Psidium sartorianum*, Bs - *Bursera simaruba*, Mb - *Metopium brownei*.

Esto coincide con los resultados obtenidos por García *et al.* (1990), quienes encontraron la presencia de un estrato dominante ubicado en la categoría de 15 m de altura; uno intermedio y uno inferior de 10 y 5 m de altura, respectivamente.

No obstante, Rodríguez *et al.* (1989) reportan la presencia de dos estratos arbóreos bien definidos en la estructura remanente de la vegetación afectada sólo por el huracán de manera moderada; uno dominante que alcanza una altura máxima de 15 m y uno inferior de 10 cm. En el estrato superior sólo se observaron individuos de chechem negro (*M. brownei*); mientras que en el inferior hubo una buena representación de tzalam (*Lysiloma bahamensis*) y chakáh (*Bursera simaruba*); además del hule (*Castilla elastica*), boop (*Coccoloba cozumelensis*), aquiche (*Guazuma ulmifolia*), yuy (*Casimiroa tretamera*) y verde lucero (*Pithecellobium leucospermum*); de las cinco últimas ninguna se encontró en este estudio.

Asimismo, es común observar una gran cantidad de chit (*T. radiata*) la cual, probablemente, es una especie reconstructora de estados sucesionales intermedios, favorecida por disturbios de pequeña a intermedia intensidad (comunicación personal con Diódoro Granados S., División de Ciencias Forestales y del Ambiente, UACH).

El Cuadro 24 del Apéndice III muestra los valores de área basal, densidad y frecuencia absolutas, así como el índice de dominancia para la vegetación remanente afectada por el huracán, de acuerdo con éste puede verse que *Metopium brownei* y *Psidium sartorianum* son las especies que determinan las condiciones bajo las cuales se desarrollan las otras especies ya que presentan los valores altos de índice de dominancia, 3.67 y 3.51, respectivamente. Ocupando además, en su conjunto el 50 % de la dominancia total de la comunidad. Estas especies junto con *Manilkara zapota*, *Bunchosia lanceolata* y *Lysiloma bahamensis* ocupan el 77.4 % del área basal total.

Lo anterior, también nos habla de la “baja diversidad” de la comunidad, ya que a pesar de que existen varias especies arbóreas, la gran mayoría, solo está representada por unos

cuantos individuos. Lo cual es lógico esperar ya que la comunidad se encuentra en estadios tempranos de la sucesión.

No obstante, debido a la levedad de la afectación por el viento, este sitio es el que presenta los valores más altos de diversidad (Cuadro 28, Apéndice III) y complejidad (Cuadro 29, Anexo III) de todas las condiciones consideradas en este estudio.

6.1.2.3. Mortalidad

Aunque en este estudio no se evaluaron las características cualitativas de la estructura remanente, con base en las observaciones en campo, en las densidades de las especies arbóreas presentes en este sitio y tomando en cuenta los valores de la evaluación anterior realizada en 1993 por García y colaboradores se puede decir que en los dos últimos años no ha habido mortalidad de árboles en la estructura remanente; encontrando un 99.5 % del arbolado original vivo y solo un 0.5 %, resultó estar muerto en pie.

Asimismo, fue posible observar que no había señal alguna de árboles muertos por fuego, ni algún indicio de daño en los fustes debido a este factor como lo indican García *et al.* (1990)

6.1.3. Características de la Regeneración

6.1.3.1. Composición florística, origen y distribución

En el Cuadro 6 se presentan los resultados de la evaluación de la regeneración natural de especies forestales, se puede observar que la recuperación de la vegetación afectada por el huracán Gilberto de manera leve corresponde a una etapa temprana de la sucesión,

en donde se indica la presencia de 18 especies arbóreas, cuatro arbustivas y una palma. Estas especies pertenecen a 16 familias botánicas y 22 géneros; siendo las familias mejor representadas la Sapotaceae con tres especies; Fabaceae, Polygonaceae, Sapindaceae y Rubiaceae con dos especies y las restantes solo por una especie.

Se determinó que el número de renuevos es de 70,000 plántulas/ha originadas a partir de semilla y con un patrón de distribución aislado, aunque un pequeño porcentaje (2.6 %) tendió a formar grupos de unos cuantos individuos. Dentro de este último grupo se encuentran principalmente *Nectandra salicifolia*, *Thrinax radiata*, *Talisia floresii*, *Ardisia revoluta*, *Coccoloba spicata* y *Pouteria unilocularis*.

Estos resultados permiten observar que la estructura vegetal de este sitio tiene la capacidad de regenerarse en forma natural, ya que casi todas las especies (más del 52 %) presentes en los estratos superiores se encuentran representadas en el sotobosque, con la consecuente incorporación de nuevas especies como *N. salicifolia*, *Malvaviscus arboreus*, *Dyospiros cuneata*, *Chrysophyllum mexicanum*, *Hampea trilobata*, *Swartzia cubensis*, *Hippocratea excelsa*, *P. unilocularis* y *Sebastiana adenophora*, las cuales se encontraban probablemente en el banco de semillas en el suelo y al formarse claros por la caída y descope de algunos árboles, se favorecieron las condiciones, permitiendo su desarrollo.

Puede observarse, además, que el número de renuevos/ha es bajo, lo cual indica que probablemente existe una fuerte competencia inter e intra específica por nutrientes, luz, agua y espacio de crecimiento debido a que existe una alta densidad y cobertura en los estratos superiores.

Cabe resaltar que *Psidium sartorianum* es una especie bien representada tanto en la estructura remanente como en la regeneración natural; mientras que *M. brownei*, a pesar de presentar altas densidades en los estratos superiores no se encuentra en la regeneración.

Cuadro 6. Especies forestales presentes en la regeneración natural de la vegetación afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios (Central Vallarta, municipio de Benito Juárez), a cinco años de su ocurrencia.

Núm.	Nombre común	Nombre científico	Familia	F.B.	Orig	Dist.	Den. (ind./ha)
1	Laurelillo	<i>Nectandra salicifolia</i>	Lauraceae	A	S	sG	9,600
2	X-canan	<i>Hamelia patens</i>	Rubiaceae	a	S	s	9,200
3	Guayabillo	<i>Psidium sartorianum</i>	Myrtaceae	A	S	s	8,800
4	Tulipancillo	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Malvaceae	a	S	s	6,800
5	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	Aracaceae	P	S	sG	5,600
6	Kolok	<i>Talisia floresii</i>	Sapindaceae	A	S	sG	4,400
7	Toyub	<i>Coccoloba acapulcensis</i>	Polygonaceae	A	S	s	3,200
8	Ya'axnic	<i>Vitex gaumeri</i>	Verbenaceae	A	S	s	3,200
9	Chacbulumché	<i>Ardisia revoluta</i>	Myrsinaceae	A	S	sG	2,800
10	Desconocida 1	<i>Bunchosia lanceolata</i>	Malpighiaceae	A	S	sG	2,400
11	Silil	<i>Dyospyrus cuneata</i>	Ebenaceae	A	S	s	2,400
12	Cambalux	<i>Randia sp.</i>	Rubiaceae	a	S	s	2,400
13	Boopchich	<i>Coccoloba spicata</i>	Polygonaceae	A	S	sG	1,600
14	Kanasín	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Fabaceae	A	S	s	1,600
15	Caimitillo	<i>Chrisophyllum mexicanum</i>	Sapotaceae	A	S	s	1,200
16	Zapote	<i>Manilkara zapota</i>	Sapotaceae	A	S	s	1,200
17	Majahua	<i>Hampea trilobata</i>	Malvaceae	a	S	s	800
18	Sac-chakáh	<i>Dendropanax arboreus</i>	Araliaceae	A	S	s	800
19	Katalox	<i>Swartzia cubensis</i>	Fabaceae	A	S	s	400
20	Perezcutz	<i>Croton reflexifolius</i>	Euphorbiaceae	A	S	s	400
21	Roble blanco	<i>Hippocratea excelsa</i>	Hippocrateaceae	A	S	s	400
22	Zapotillo	<i>Puotera unicularis</i>	Sapotaceae	A	S	sG	400
23	Canchunup	<i>Sebastiana adenophora</i>	Euphorbiaceae	A	S		400
TOT.		23	16				70,000

F.B. = Forma biológica

P = Palma

G= Grupo

A = Árbol

S = Semilla

s = Aisla

a = Arbusto

No obstante, es notorio observar que a pesar de la buena regeneración natural en este sitio, ésta se concentra en unas cuantas especies (*Nectandra salicifolia*, *Hamelia patens*

y *Psidium sartorianum*), las cuales, en general, no son las de mayor importancia económica para la región.

6.1.3.2. Atributos de la regeneración

La densidad, frecuencia y área basal (cobertura en caso de plántulas y herbáceas) son parámetros que determinan la dominancia o importancia de una comunidad vegetal y sus especies. Los valores absolutos de éstos, indican en una forma más real, las características estructurales de las diferentes poblaciones y comunidades (Sánchez, 1987).

Comúnmente el término de dominancia se utiliza para expresar la importancia relativa de las especies en una comunidad; indica hasta que punto algunas especies o grupos de ellas influyen sobre aspectos de la comunidad como el número de individuos, la cantidad de reservas o la producción de energía (Kucera, 1983).

El Cuadro 7 muestra los valores de cobertura, densidad y frecuencia absolutas; así como el índice de dominancia de cada especie, para la regeneración del sitio afectado de manera moderada por el huracán Gilberto. Aquí puede verse que las especies dominantes son el guayabillo (*P. sartorianum*), el laurelillo (*N. salicifolia*) y el Chit (*T. radiata*) con cobertura, densidad y frecuencia de 7.97, 0.88 y 56, para el primero; 3.13, 0.96 y 60, para el segundo y 6.17, 0.56 y 40 para el tercero, respectivamente.

Asimismo, puede observarse que el valor más alto de índice de dominancia corresponde al guayabillo, 392.55; seguido por el laurelillo y el chit con índices de 180.12 y 138.16, respectivamente, las cuales ocupan el 84 % del índice de dominancia total.

Por lo que respecta a la diversidad, este sitio se encuentra entre los valores más altos de índice de diversidad tanto de Shannon-Wiener como de Simpson (Cuadro 8), lo cual indica que existe una buena recuperación de la vegetación en esta área.

Cuadro 7. Índice de Dominancia de Sarukhán para la regeneración natural en el sitio afectado por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios (Central Vallarta), en la zona norte de Quintana Roo, a cinco años de haber ocurrido los eventos de disturbio.

ESPECIE	COBERTUR A	DENSIDAD ABS.	FRECUENCIA	IND. DOMINANC.
<i>Psidium sartorianum</i>	7.97	0.88	56	392.55
<i>Nectandra salicifolia</i>	3.13	0.96	60	180.12
<i>Thrinax radiata</i>	6.17	0.56	40	138.16
<i>Hamelia patens</i>	0.87	0.92	56	44.69
<i>Malvaviscus arboreus</i>	0.72	0.68	44	21.56
<i>Talisia floresii</i>	1.38	0.44	32	19.39
<i>Coccoloba acapulcensis</i>	3.16	0.32	16	16.17
<i>Bunchosia lanceolata</i>	2.36	0.24	20	11.32
<i>Coccoloba spicata</i>	4.07	0.16	16	10.43
<i>Dyospyrus cuneata</i>	1.15	0.24	20	5.51
<i>Randia sp.</i>	0.67	0.24	16	2.60
<i>Chrisophyllum mexicanum</i>	0.56	0.12	12	0.80
<i>Katalox</i>	4.91	0.04	4	0.79
<i>Ardisia revoluta</i>	0.05	0.28	24	0.32
<i>Dendropanax arboreus</i>	0.54	0.08	4	0.17
<i>Vitex gaumeri</i>	0.02	0.32	24	0.14
<i>Croton reflexifolius</i>	0.57	0.04	4	0.09
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0.02	0.16	12	0.04
<i>Pouteria unilocularis</i>	0.07	0.04	4	0.01
<i>Hampea trilobata</i>	0.01	0.08	8	0.01
<i>Hippocratea excelsa</i>	0.03	0.04	4	0.01
Chiquinzotz	0.00	0.04	4	0.00
<i>Manilkara zapota</i>	0.02	0.12	----	-----
TOTAL	38.45	7.04	480	844.88

Cuadro 8. Índices de Diversidad de Shannon-Wiener y Simpson para la regeneración natural en sitios afectados por el huracán Gilberto y los incendios forestales de 1989 en la zona norte del estado de Quintana Roo, para el año de 1994.

SITIO	IND./Ha.	FRECUENCIA	H	D
1	70,000	23	3.91	0.92
2	70,000	27	4.31	0.93
3	53,600	24	3.06	0.94
4	87,700	29	3.78	0.90

H = Índice de Diversidad de Shannon-Wiener

D = Índice de Diversidad de Simpson

6.1.3.3. Dinámica de la regeneración

El inicio de la sucesión secundaria es el paso más importante en todo el proceso sucesional, ya que en los primeros años se integra prácticamente el conjunto florístico que se establecerá en el futuro en forma cada vez más permanente (Gómez-Pompa, 1971).

El Cuadro 9 muestra el comportamiento de la regeneración a través del tiempo, a cinco años de ocurridos el huracán Gilberto y los incendios forestales en la región norte de Quintana Roo

Con base en el número de individuos, puede observar que contrario a lo que dice la teoría de que conforme avanza la sucesión, se va disminuyendo el número de individuos y aumenta el número de especies; en este caso, no existe tendencia específica alguna, ya que para algunos casos, el número de individuos por especie aumenta a través del tiempo; mientras que para otros disminuye y para algunas se mantiene constante. Para el primer caso, cabe resaltar como ejemplos a tulipancillo (*Malvaviscus arboreus*), X-canan (*Hamelia patens*), chacbulumché (*Ardisia revoluta*) y Kolok (*Talisia floresii*), las cuales son especies típicas de lugares recién perturbados. Esto se debe a lo joven del bosque en desarrollo.

Cuadro 9. Dinámica de la regeneración natural en un bosque tropical afectado por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendio, en Central Vallarta, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

Núm.	Especie	1990	1992	1993	1994
1	<i>Metopium brownei</i>	51	1	1	
2	<i>Nectandra salicifolia</i>	43	5	33	24
3	<i>Psidium sartorianum</i>	30	25	26	22
4	<i>Acacia glomerosa</i>	30	11	15	
5	<i>Thrinax radiata</i>	18	13	17	14
6	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	13	5	4	4
7	<i>Coccoloba acapulcensis</i>	11	7	7	8
8	<i>Malvaviscus arboreus</i>	10	7	14	17
9	<i>Hamelia patens</i>	9	7	33	23
10	<i>Bunchosia lanceolata</i>	8	12	12	6
11	<i>Thevetia gaumeri</i>	4	3		
12	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	4		1	
13	<i>Casearea sp.</i>	4			
14	<i>Ardisia revoluta</i>	3	6	6	7
15	<i>Talisia floresii</i>	3	7	11	11
16	<i>Nectandra coriaceae</i>	3			
17	<i>Eugenia mayana</i>	3			3
18	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	2	2	3	
19	<i>Misanteca peckii</i>	2			
20	<i>Manilkara sapota</i>	2	2	1	3
21	<i>Cordia alliodora</i>	1			
22	<i>Coccoloba spicata</i>	1	1	4	4
23	<i>Thouinia paucidentata</i>	1			
24	<i>Eupatorium sp.</i>	1			
25	<i>Bauhinia sp.</i>	1	1	1	
26	<i>Hampea trilobata</i>	1		1	2
27	<i>Croton reflexifolius</i>	1	2	1	1
28	<i>Picramia sp.</i>	1	12		
29	<i>Hippocratea excelsa</i>	1	2	2	1
30	<i>Dendropanax arboreus</i>	1		2	2
31	<i>Dyospyrus cuneata</i>	1	4	6	6
32	<i>Guettarda combsii</i>	1		1	
33	<i>Randia sp.</i>	1			6
34	<i>Gymnanthes lucida</i>	1			
35	<i>Dipholis salicifolia</i>	1			
36	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1			
37	<i>Trichilia sp.</i>		1		
38	<i>Lysiloma bahamensis</i>		1		
39	<i>Vitex gaumeri</i>				8
40	<i>Swartzia cubensis</i>				1
41	<i>Pouteria unilocularis</i>				1

En el segundo caso, *Metopium brownei*, una especie muy empleada en la región en la elaboración de durmientes, presenta una gran mortalidad conforme avanza la sucesión, ya que de 51 individuos registrados al siguiente año de la ocurrencia de los disturbios, solo quedó uno en las siguientes dos evaluaciones, desapareciendo esta especie a los cinco años de haber ocurrido el huracán y los incendios forestales. Esto puede indicar la baja tolerancia de la especie a los disturbios naturales, pues a pesar de encontrarse entre las más abundantes en los estratos superiores, no se presenta en la regeneración natural.

Para el caso de las especies dominantes: guayabillo (*P. sartorianum*), laurelillo (*N. salicifolia*) y chit (*T. radiata*) existe una gran heterogeneidad en el comportamiento, ya que como lo muestra la Figura 14 el número de individuos aumenta y disminuye conforme avanza la sucesión. La primera y la tercera se comportan de manera muy similar, iniciando con una ligera disminución en el número de individuos por hectárea, después un pequeño aumento y nuevamente una leve disminución para la cuarta medición (cinco años del evento de disturbio).

Por otro lado, *N. coriacea*, presenta al inicio una fuerte disminución en el número de individuos, después un drástico aumento y luego una disminución más leve. Lo cual era de esperarse ya que muchos autores han encontrado que en las primeras etapas de la sucesión existen varios cambios en el número de individuos de las distintas especies. Por ejemplo, Vázquez-Yañez (1985) observó que el número de individuos por especie disminuía conforme aumentaba el número de especies a los tres meses, posteriormente tendió a mantenerse, disminuyendo después, ligeramente en los meses de sequía.

Asimismo, puede observarse la aparición de especies que no existían en evaluaciones anteriores como *Vitex gaumeri*, *Swartzia cubensis* y *Pouteria unilocularis*; así como la desaparición de otras como *M. brownei*, *Acacia glomerosa* y *Lysiloma bahamensis*, entre otras, las cuales probablemente son especies pioneras que solo permanecen en el sitio al inicio de la sucesión, desapareciendo posteriormente para dejar el espacio libre para el crecimiento de especies sucesionales tardías.

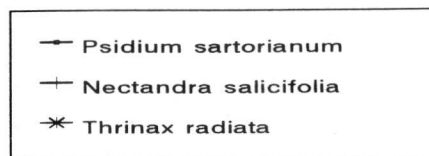
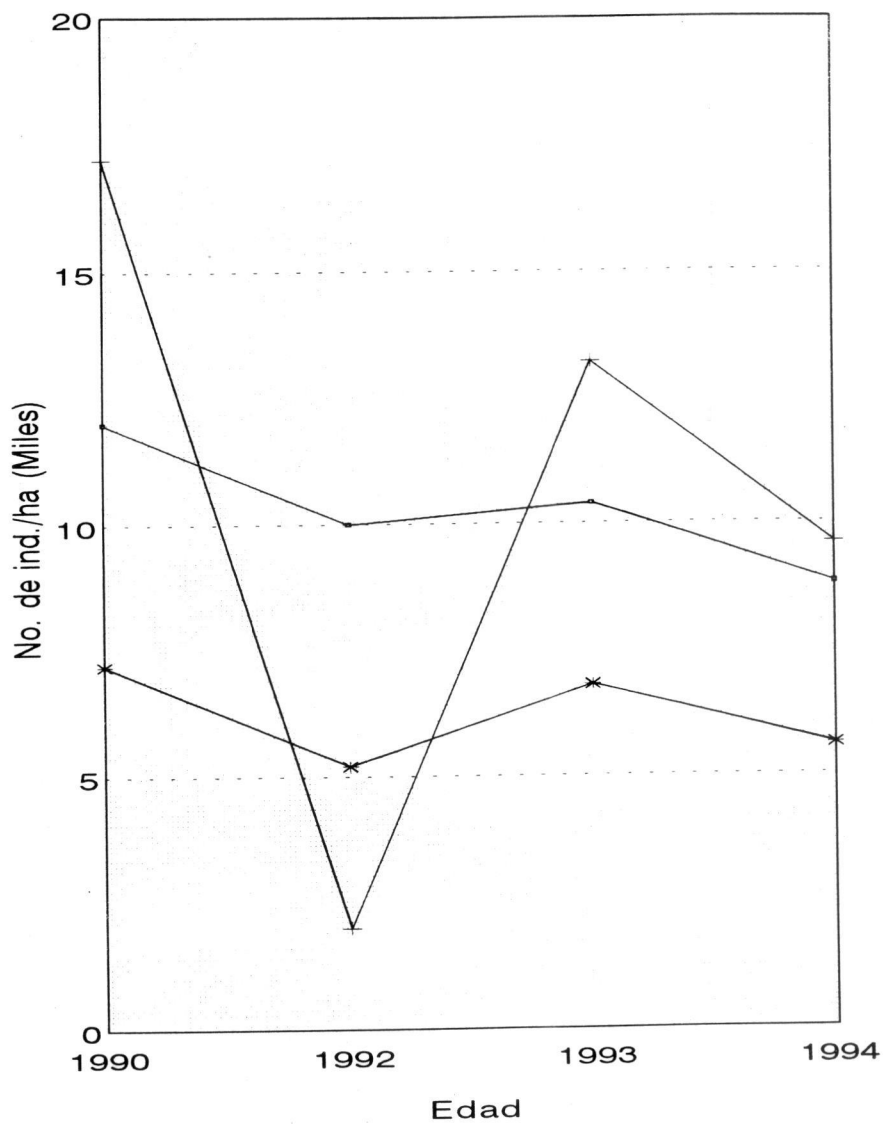


Fig. 14. Comportamiento de la regeneración natural de las especies dominantes, para la vegetación afectada por el huracán Gilberto, a cinco años de la ocurrencia de los disturbios.

6.2. SITIO 2. Central Vallarta

6.2.1. Características generales de la zona

Corresponde a un acahual joven derivado de un bosque tropical subperennifolio, cuya vegetación fue afectada tanto por el huracán como por los incendios forestales de manera moderada. Se ubica a un lado del sitio anterior, aproximadamente a 50 m. El tipo de suelo es litosol (de acuerdo con la clasificación de FAO/UNESCO); correspondiente al tipo Tzekel en nomenclatura maya; con un alto grado de pedregosidad e intercalaciones de parches pequeños donde se ha acumulado material orgánico.

Esos suelos se caracterizan por ser delgados que yacen sobre rocas calizas aflorantes (Ortíz, 1973 citado por García *et al.*, 1990), de color café oscuro, pH de neutro a ligeramente alcalino y drenaje eficiente. Prospera en exposiciones con poca variación topográfica.

En esta zona existen altos riesgos de erosión hídrica debido a que la estructura y cobertura, así como la capa de hojarasca fueron fuertemente dañadas o eliminadas por acción del fuego, quedando desprotegido el suelo y alterándose, algunas propiedades físicas y químicas-

Conviene señalar que en este caso, el área de estudio fue afectada por incendios de diferentes intensidades, por lo que representa la condición general de ocurrencia de los incendios con leve perturbación por efecto del huracán.

6.2.2. Características de la estructura remanente

6.2.2.1. Composición florística

El Cuadro 10 muestra las especies y las familias presentes en la estructura remanente del sitio afectado por el huracán Gilberto y los incendios forestales en 1988 y 1989 en forma moderada, respectivamente.

Cuadro 10. Especies presentes en la estructura remanente afectada por el huracán Gilberto e incendio forestal de manera moderada (Central Vallarta, municipio de Benito Juárez, Quinta Roo), a cinco años de la ocurrencia de los eventos de disturbio.

Número	Especie	Familia	Nombre común	Densidad (Ind./ha)
1	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae	Chechem negro	130
2	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Polygonaceae	Dzidzilche	70
3	<i>Manilkara zapota</i>	Sapotaceae	Zapote	40
4	<i>Coccoloba spicata</i>	Polygonaceae	Boopchich	10
5	<i>Talisia floresii</i>	Sapindaceae	Kolok	10
6	<i>Lysiloma bahamensis</i>	Fabaceae	Tzalam	10
7	<i>Ficus cotinifolia</i>	Moraceae	Copó	10
TOTAL	7	6		280

Debido a que esta vegetación fue afectada por ambos disturbios, un gran porcentaje de árboles murieron en el momento de la ocurrencia de éstos o bien siete meses después de ello, como lo mencionan Whigman *et al.* (1991), quedando a la fecha (a cinco años de los disturbios), solo un total de 280 árboles/ha vivos, correspondientes a siete especies, las cuales pertenecen a seis familias botánicas y siete géneros.

La familia mejor representada resultó ser la Polygonacea con dos especies, de las otras cinco solo hay una especie. En este sitio, las especies más abundantes son *Metopium*

brownei, *Gymnopodium floribundum* y *Manilkara zapota*, cada una de ellas con 130, 70 y 40 ind./ha, respectivamente.

6.2.2.2. Estructura de la vegetación

Como en el sitio anterior, la estructura de la vegetación de este bosque se encuentra constituida por tres estratos arbóreos bien definidos: el primero alcanza una altura máxima de 22 m y está representado principalmente por *M. zapota*, *P. sartorianum*, *B. simaruba* y *M. brownei*; en el segundo con una altura máxima de 14 m, destacan, básicamente *N. salicifolia* y *Cecropia peltata*; finalmente, el tercero, con una altura aproximada de 8 m está representado fundamentalmente por *T. radiata* y *T. floresii* (Figura 15).

6.2.2.4. Mortalidad

Bajo esta condición existe una elevada mortalidad (65 %) con respecto a la evaluación anterior ya que de las veinte especies presentes en 1992 solo lograron sobrevivir siete, lo cual representa un 35 % del arbolado original.

Esto concuerda con los resultados obtenidos en la evaluación anterior por García *et al.* (1992), quienes encontraron que de la evaluación anterior (1990) a la realizada por ellos solo sobrevivieron un total de 20 especies y 12 familias botánicas.

Asimismo, tomando en cuenta los resultados obtenidos por Whigman *et al.* (1991) en la misma zona, se puede decir que la alta mortalidad en este sitio se debe a que aunque el daño por efecto del huracán fue leve, destruyendo pocos árboles; muchos murieron durante los diecisiete meses siguientes a la ocurrencia del huracán.

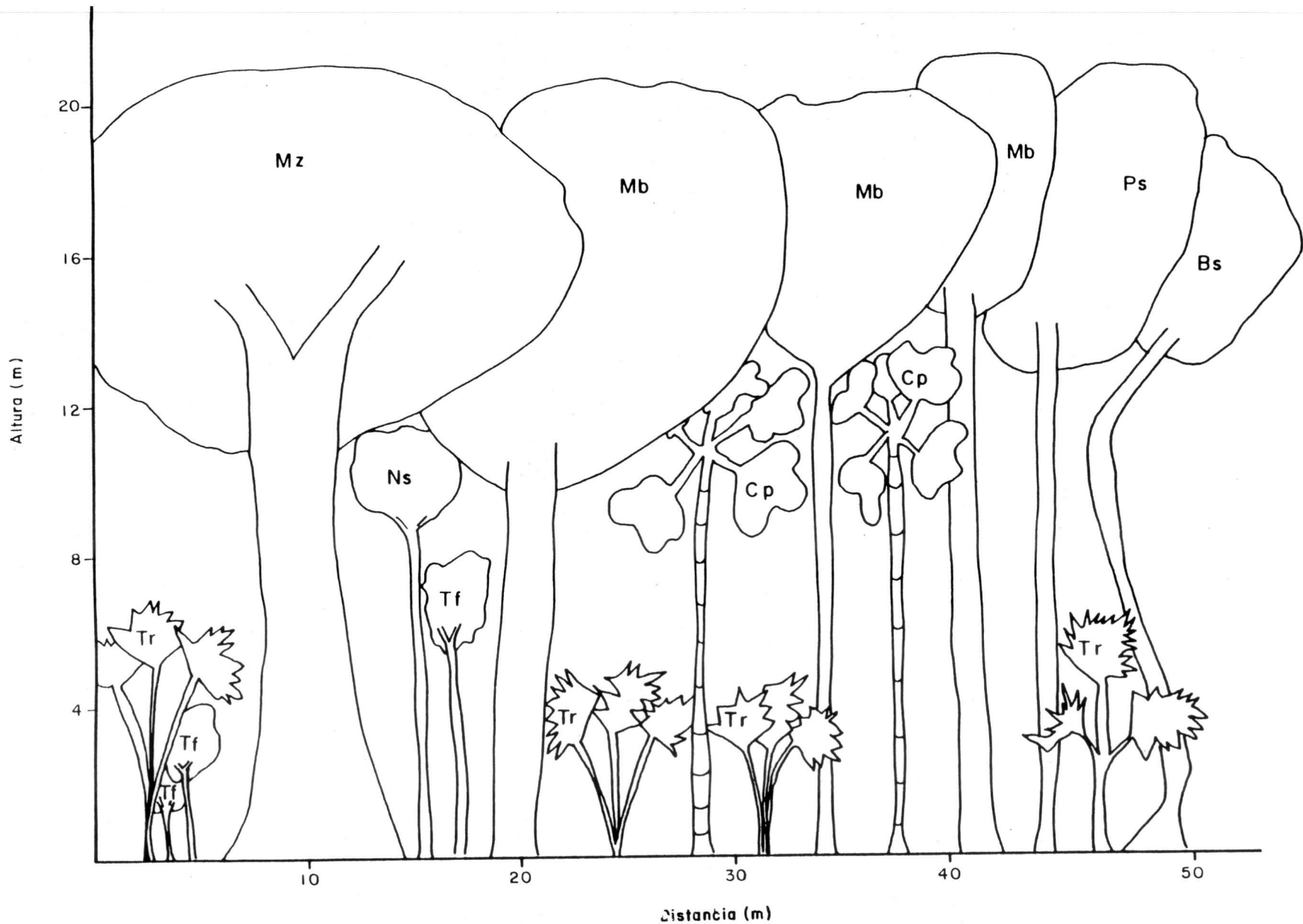


Figura 15. Estructura de la vegetación afectada por el huracán Gilberto e incendios forestales (Central Vallarta) en forma moderada en la zona norte de Quintana Roo, a cinco años de la ocurrencia de los disturbios. Tr - *Thrinax radiata*, Tf - *Talisia floresii*, Ma - *Manilkara zapota*, Ns - *Nectandra salicifolia*, Mb - *Metopium brownei*, Cp - *Cecropia peltata*, Ps - *Psidium sartorianum*, Bs - *Bursera simaruba*.

Estos mismos autores obtuvieron que para 1990 solo el 22.63 % del arbolado original estaba vivo; mientras que el 77.37 % se encontraba muerto en pie; presentando el 100 % de ellos marcados daños por efecto del fuego; lo cual puede ser una explicación de la baja densidad en los estratos superiores en la actualidad.

6.2.3. Características de la Regeneración

6.2.3.1. Composición florística, origen y distribución

El Cuadro 11 muestra los resultados de la evaluación de la regeneración natural de la vegetación afectada por el huracán Gilberto e incendio de manera moderada. Esta estructura se encuentra constituida por 20 especies arbóreas, 6 arbustivas, una palma y una desconocida, pertenecientes a 17 familias botánicas y 26 géneros. Las familias mejor representadas son Fabaceae con cuatro especies, Polygonaceae y Rubiaceae con tres, Malpighiaceae, Moraceae y Euphorbiaceae con dos especies, respectivamente.

Se determinó, además, que el número de renuevos es de 70,000 plántulas/ha originadas a partir de semilla y con un patrón de distribución dispersa, aunque un pequeño porcentaje (27.4 %), tendió a formar grupos de unos cuantos individuos. Entre las especies que incluyen esta categoría se encuentran principalmente *T. floresii*, *A. revoluta*, *N. salicifolia*, *kuech*, *Bunchosia lanceolata*, *Byrsonima bucidaefolia* y *Coccoloba spicata*.

Aunque solo el 25.9 % de las especies regenerándose se encuentran en los estratos superiores, puede decirse que la estructura vegetal de este sitio tiene una buena capacidad de regenerarse en forma natural, ya que además de éstas, aparecieron 20 especies más, las cuales muy probablemente se hayan encontrado en los bancos de semillas del piso forestal, que al crearse claros en el bosque por la caída de árboles debida a la acción del huracán y posteriormente, por el fuego, lo cual favoreció la germinación y establecimiento de estas especies. En este lugar se encontraron especies típicas de áreas

Cuadro 11. Especies leñosas presentes en la regeneración natural de la vegetación afectada por el huracán Gilberto e incendios forestales en forma moderada (Central Vallarta, municipio de Benito Juárez), a cinco años de su ocurrencia.

Núm.	Nombre común	Nomb. científico	Familia	F.B.	Orig.	Dist.	Den. (Ind./h)
1	X-canan	<i>Hamelia patens</i>	Rubiaceae	a	S	s	11,600
2	Kolok	<i>Talisia floresii</i>	Sapindaceae	A	S	sG	6,000
3	Chacbulumché	<i>Ardisia revoluta</i>	Myrsinaceae	A	S	sG	4,400
4	Chechem negro	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae	A	S	s	4,000
5	Laurelillo	<i>Nectandra salicifolia</i>	Lauraceae	A	S	sG	4,000
6	Silill	<i>Dyospyrus cuneata</i>	Ebenaceae	A	S	s	4,000
7	Copó	<i>Ficus cotinifolia</i>	Moraceae	A	S	s	3,600
8	Guayabillo	<i>Psidium sartorianum</i>	Myrtaceae	A	S	s	3,200
9	Kanasín	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Fabaceae	A	S	s	3,200
10	Lengua de vaca	<i>Bauhinia</i> sp.	Fabaceae	a	S	s	2,800
11	Zapote	<i>Manilkara zapota</i>	Sapotaceae	A	S	s	2,800
12	Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Moraceae	A	S	s	2,400
13	Cambalux	<i>Randia</i> sp.	Rubiaceae	a	S	s	2,400
14	Kuech			A	S	sG	2,000
15	Tastab	<i>Gettarda combsii</i>	Rubiaceae	A	S	s	2,000
16	Desconocida 1	<i>Bunchosia lanceolata</i>	Malpighiaceae	A	S	sG	1,600
17	Tulipancillo	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Malvaceae	a	S	s	1,600
18	Tzalam	<i>Lysiloma bahamensis</i>	Fabaceae	A	S	s	1,600
19	Perezcutz	<i>Croton reflexifolius</i>	Euphorbiaceae	A	S	s	1,200
20	Pata de vaca	<i>Bauhinia divaricata</i>	Fabaceae	a	S	s	1,200
21	Boop	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	Polygonaceae	A	S	s	800
22	Dzidzilché	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Polygonaceae	A	S	s	800
23	Sacpáh	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Malpighiaceae	a	S	sG	800
24	Yaití	<i>Gymnanthes lucida</i>	Euphorbiaceae	A	S	s	800
25	Boopchich	<i>Coccoloba spicata</i>	Polygonaceae	A	S	sG	400
26	Chakáh	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	A	S	s	400
27	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	Aracaceae	P	S	s	400
TOT.		27	17				70,000
F.B. = Forma biológica		P = Palma	G= Grupo		A = Árbol		
S =Semilla		s = Aislada	a = Arbusto				

recientemente perturbadas como algunas especies de los géneros *Picramnia*, *Hamelia*, *Malvaviscus*, *Croton*, *Bauhinia* y *Ardisia*.

Puede observarse , además que, con excepción de *Hamelia patens* el número de renuevos es bajo, aunque mayor al sitio anterior, lo cual puede indicar una competencia tanto inter como intraespecífica por nutrientes, luz, agua y espacio de crecimiento debido a que existe una alta densidad y cobertura en los estratos superiores.

6.2.3.2. Atributos de la regeneración

La cobertura, densidad y frecuencia absolutas así como el índice de dominancia se presentan en el Cuadro 12. De acuerdo con ello, puede observarse que bajo esta condición, las especies que presentan los mayores valores para estos parámetros son el X-canan (*H. patens*), el laurelillo (*N. salicifolia*) y el guarumbo (*C. peltata*) con cobertura, densidad y frecuencia de 4.98, 1.16 y 60, para el primero; 3.39, 0.40 y 24, para el segundo y 4.66, 0.24 y 20, respectivamente.

Esto indica que la estructura vegetal de esta área corresponde a una sucesión joven, recientemente afectada, ya que las especies dominantes en este sitio son características de áreas recientemente perturbadas.

Asimismo, puede observarse que el valor más alto de índice de dominancia corresponde al X-canan siendo éste de 346.77; seguido por el laurelillo y el guarumbo con índices de 32.56 y 22.37, respectivamente; las cuales en su conjunto ocupan el 42 % de la dominancia total.

De la misma manera que en el sitio anterior, los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson (3.91 y 0.93, respectivamente) se encuentran dentro de los reportados por otros autores; inclusive si se toma en cuenta la superficie considerada

hasta podrían resultar superiores; sin embargo, es notable la dominancia de las especies arriba mencionadas, las cuales además son especies pioneras, de rápido crecimiento que son favorecidas por las condiciones generadas por los disturbios.

Cuadro 12. Índice de Dominancia de Sarukhán para la regeneración en el sitio afectado por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera moderada (Central Vallarta), la zona norte de Quintana Roo, a cinco años de haber ocurrido los eventos de disturbio.

ESPECIE	COBERTURA	DENSIDAD ABS.	FRECUENCIA	IND. DOMINANC.
<i>Hamelia patens</i>	4.98	1.16	60	346.77
<i>Nectandra salicifolia</i>	3.39	0.40	24	32.56
<i>Cecropia peltata</i>	4.66	0.24	20	22.37
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1.86	0.32	28	16.65
<i>Talisia floresii</i>	0.70	0.60	28	11.79
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.73	0.36	32	8.41
<i>Ardisia revoluta</i>	0.78	0.44	24	8.24
<i>Bauhinia</i> sp.	1.12	0.28	24	7.56
<i>Manilkara zapota</i>	0.79	0.28	20	4.43
<i>Metopium brownei</i>	0.30	0.40	28	3.42
<i>Malvaviscus arboreus</i>	1.72	0.16	12	3.31
<i>Randia</i> sp.	0.61	0.24	20	2.93
<i>Croton reflexifolius</i>	1.95	0.12	12	2.82
<i>Bunchosia lanceolata</i>	1.05	0.16	16	2.69
<i>Guettarda combsii</i>	0.91	0.20	12	2.18
<i>Psidium sartorianum</i>	0.23	0.32	16	1.17
<i>Dyospirus cuneata</i>	0.11	0.40	24	1.08
<i>Lysiloma bahamensis</i>	0.08	0.16	16	0.22
<i>Coccoloba spicata</i>	0.78	0.04	4	0.13
<i>Kuech</i>	0.02	0.20	16	0.06
<i>Gymnopodium floribundum</i>	0.09	0.08	8	0.06
<i>Gymnanthes lucida</i>	0.07	0.08	8	0.05
<i>Coccoloba cozumelensis</i>	0.06	0.08	8	0.04
<i>Thrinax radiata</i>	0.12	0.04	4	0.02
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.03	0.12	4	0.02
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	0.00	0.08	8	0.00
<i>Bursera simaruba</i>	0.00	0.04	4	0.00
TOTAL	27.14	7.00	480	958.98

6.2.3.3. Dinámica de la regeneración

El Cuadro 13 muestra el comportamiento de la regeneración natural para la vegetación afectada tanto por acción del huracán como del fuego. Como en el caso anterior, dicho comportamiento es muy heterogéneo, existiendo desde las especies que aumentan su número de individuos, como los que los disminuyen conforme avanza la sucesión en el tiempo.

Metopium brownei, sigue presentando el mismo comportamiento que en la condición anterior, solo que en este caso, si conserva algunos individuos (2,000 ind./ha) hasta el momento de la evaluación para este trabajo. La alta densidad de esta especie en los estratos superiores y su permanencia en el sotobosque podría indicarnos que probablemente los árboles adultos están produciendo la suficiente semilla para permitir la continuación de la especie, a pesar de haber sido afectada por el viento y por fuego.

Bajo esta condición existe un gran crecimiento de especies indicadoras de disturbio, que solo permanecen durante un corto período de tiempo como *Croton reflexifolius*, *Lonchocarpus rugosus*, *Solanum verbascifolium*, *Picramnia* sp. y *Psychotria nervosa*, entre otras. Como era de esperarse, también es común la aparición de nuevas especies como *Bauhinia divaricata*, *Ficus cotinifolia* y una desconocida (kuech).

Asimismo, se ve al inicio de la sucesión la presencia de varias especies pioneras como *Cecropia peltata*, *Hamelia patens* y *Ficus glaucescens*, las cuales son favorecidas en un principio por las condiciones ocasionadas por los disturbios, pero conforme avanza la sucesión van desocupando el lugar para permitir el desarrollo de otras especies más tolerantes a las condiciones propiciadas por las primeras.

Cuadro 13. Dinámica de la regeneración natural en el sitio afectado por el Huracán Gilberto e incendio de manera moderada (Central Vallarta, Municipio de Benito Juárez), a cinco años de la ocurrencia de los disturbios.

Núm.	Especie	1990	1992	1993	1994
1	<i>Metopium brownei</i>	34	7	11	10
2	<i>Cecropia peltata</i>	21	12	12	6
3	<i>Hamelia patens</i>	19	23	17	29
4	<i>Ficus glaucescens</i>	15	10	5	
5	<i>Nectandra salicifolia</i>	10	11	9	10
6	<i>Ardisia revoluta</i>	9	16	9	11
7	<i>Dyospyrus cuneata</i>	9	1	8	10
8	<i>Gymnopodium floribundum</i>	9		3	2
9	<i>Bauhinia sp.</i>	7	5	8	7
10	<i>Lysiloma bahamensis</i>	6	5	4	4
11	<i>Croton reflexifolius</i>	4	6	4	3
12	<i>Pouteria unicularis</i>	4	1		
13	<i>Trema micrantha</i>	3	3	2	8
14	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	3	5	4	
15	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	3		1	2
16	<i>Coccoloba spicata</i>	2	2	2	1
17	<i>Psidium sartorianum</i>	2	15	4	8
18	<i>Malvaviscus arboreus</i>	2	12	4	4
19	<i>Cordia alliodora</i>	1			2
20	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	1	2	2	
21	<i>Bunchosia lanceolata</i>	1	17	6	4
22	<i>Talisia floresii</i>	1	10	14	15
23	<i>Solanum verbascifolium</i>	1			
24	<i>Guettarda combsii</i>	1	5	5	5
25	<i>Manilkara sapota</i>	1	2	4	7
26	<i>Acacia glomerosa</i>		9		
27	<i>Randia sp.</i>		9		6
28	<i>Coccoloba acapulcensis</i>		6		
29	<i>Thrinax radiata</i>		4	1	1
30	<i>Hippocratea celastroides</i>		4		
31	<i>Picramia sp.</i>		3		
32	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>		2		
33	<i>Eupatorium sp.</i>		2		
34	<i>Hampea trilobata</i>		2		
35	Sapindaceae		2		
36	<i>Psychotria nervosa</i>		2		
37	<i>Annona primigenia</i>		1		

Continua.....

Cuadro 13. Dinámica de la regeneración natural en el sitio afectado por el Huracán Gilberto e incendio de manera moderada (Central Vallarta, Municipio de Benito Juárez), a cinco años de la ocurrencia de los disturbios.

38	<i>Swartzia cubensis</i>	1		
39	<i>Hippocratea excelsa</i>	1	1	
40	<i>Dendropanax arboreus</i>	1		
41	<i>Samida sp.</i>	1		2
42	<i>Gymnanthes lucida</i>	1	1	1
43	<i>Bursera simaruba</i>		2	
44	<i>Bunchosia glandulosa</i>		1	
45	<i>Ficus cotinifolia</i>			9
46	<i>Kuech</i>			5
47	<i>Bauhinia divaricata</i>			3

Para el caso de las especies dominantes (Figura 16) pueden observarse las tres tendencias: el X-canan (*H. patens*) tiende a aumentar su número de individuos conforme avanza la sucesión; el laurelillo (*N. salicifolia*) mantiene su mismo número de individuos; mientras que el guarumo (*Cecropia peltata*), lo disminuye. En esta condición la recuperación de la vegetación ha sido un poco más lenta que en el caso anterior.

Las dos primeras especies presentan una tendencia similar (aunque en la primera el comportamiento es más pronunciado) en donde al inicio hay un ligero aumento en el número de individuos, posteriormente, una pequeña disminución y finalmente a los cinco años un aumento en la cuarta evaluación. Sin embargo, *C. peltata* presenta abundantemente al inicio de la sucesión, disminuyendo paulatinamente conforme avanza, lo cual se debe a su carácter de especie pionera, heliófita, de rápido crecimiento.

Puede observarse además, que aunque *Gymnopodium floribundum* se encuentra en segundo lugar de abundancia en los estratos superiores, tiene algunos problemas para mantenerse en la regeneración natural; mientras que *Manilkara zapota*, tercera en abundancia, se está recuperando de una manera adecuada, aunque lentamente, a través del tiempo.

Puede observarse además, que aunque *Gymnopodium floribundum* se encuentra en segundo lugar de abundancia en los estratos superiores, tiene algunos problemas para mantenerse en la regeneración natural; mientras que *Manilkara zapota*, tercera en

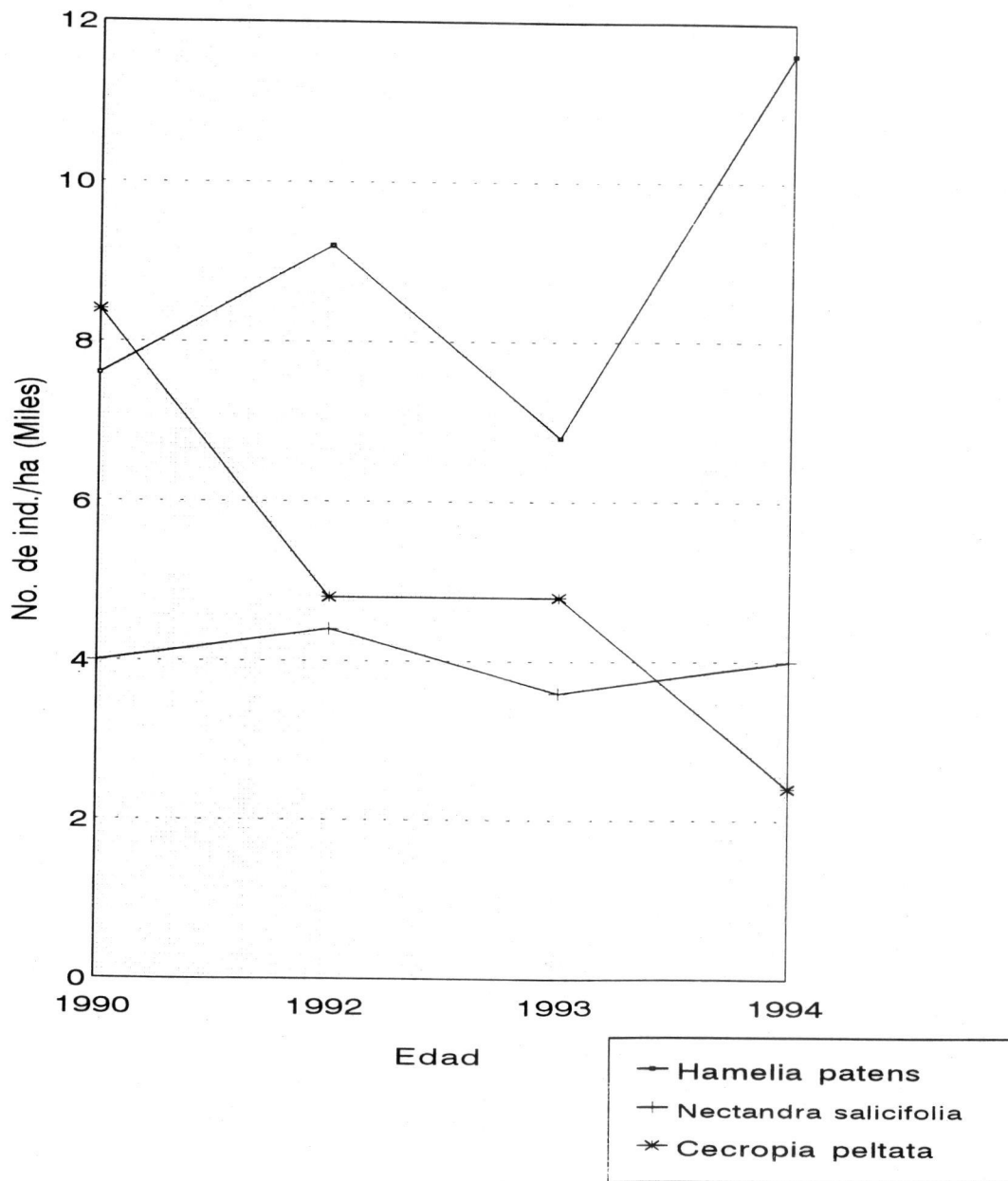


Fig. 16. Comportamiento de la regeneración natural de las especies dominantes, para la vegetación afectada por el huracán Gilberto e incendio forestal de manera moderada, a cinco años de la ocurrencia de los disturbios.

6.3. SITIO 3. Zona de Pozos

6.3.1. Características de la estructura remanente

Corresponde a una selva mediana, donde la vegetación fue afectada por el huracán "Gilberto" y por los incendios forestales intensamente. Se encuentra ubicado entre los postes No. 20 y 21 aproximadamente a 300 m de la carretera Cancún-Valladolid-Mérida, entrando por el pozo No. 6.

De acuerdo con la clasificación de FAO/UNESCO, el tipo de suelo es correspondiente al tipo Luvisol (Kankab en nomenclatura maya), con una profundidad media y un alto grado de pedregosidad. En toda la zona predomina una exposición dominante zenital, con poca variación topográfica. Estos se caracterizan por ser suelos someros que yacen sobre rocas calizas aflorantes (Ortega, 1973 citado por García *et al.*, 1990), con un alto contenido de fierro, el cual les da coloraciones brillantes de rojo a café oscuro, su pH tiende a la alcalinidad. El drenaje eficiente de estas zonas determina la existencia de altos riesgos de erosión hídrica.

Se considera que ésta es posiblemente una de las condiciones en donde se observa que tanto el huracán como los incendios alcanzaron sus máximas intensidades, pues de las zonas estudiadas, ésta es la que se encuentra más dañada tanto por los efectos del fuego como del viento.

6.3.2.1. Composición florística

El Cuadro 14 presenta los resultados de la evaluación de la estructura arbórea remanente, el cual indica que este sitio se encuentra dominado por un solo individuo de *Manilkara zapota*, de los individuos que existían en pie inmediatamente después de los disturbios; debido a que como esta área fue afectada fuertemente por acción del fuego existió un alto nivel de mortalidad (98.7 %) de la vegetación original; lo cual es más claro si se comparan estos resultados con los obtenidos por García *et al* (1990) quienes

encontraron que el número de árboles en pie en la estructura remanente era de 770 ind./ha, los cuales correspondían al 8.75 % del arbolado total en el área.

Cuadro 14. Especies presentes en la estructura remanente afectada por el huracán Gilberto e incendio forestal de manera intensa (Zona de Pozos, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo), a cinco años de la ocurrencia de los eventos de disturbio.

Número	Especie	Familia	Nombre común	Densidad (Ind./ha)
1	<i>Manilkara zapota</i>	Sapotaceae	Zapote	10
TOTAL	1	1		10

García *et al.* (1992) mencionan que la zona estaba cubierta por una comunidad de selva mediana subperennifolia (de acuerdo con la clasificación de Miranda y Hernández, 1963) dominada por Zapote (*Manilkara zapota*), Guayabillo (*Psidium sartorianum*), *Bunchosia lanceolata*, Yaití (*Gymnanthes lucida*) y Kolok (*Talisia floresii*).

6.3.2.2. Estructura de la vegetación

Para esta condición, apesar de que sólo se encontró un individuo en la estructura remanente, debido al tamaño y dirección del perfil realizado se presenta la estructura que muestra la figura 17 en donde, de la misma manera que los sitios anteriormente mencionados, la estructura de la vegetación del sitio afectado tanto por el huracán como por los incendios de manera intensa se encuentra constituido por tres estratos arbóreos bien definidos: el primero con una altura máxima de 22 m, está representado principalmente por *T. gaumeri*, *B. simaruba* y *N. salicifolia*; en el segundo destacan básicamente *C. peltata* y *T. gaumeri*

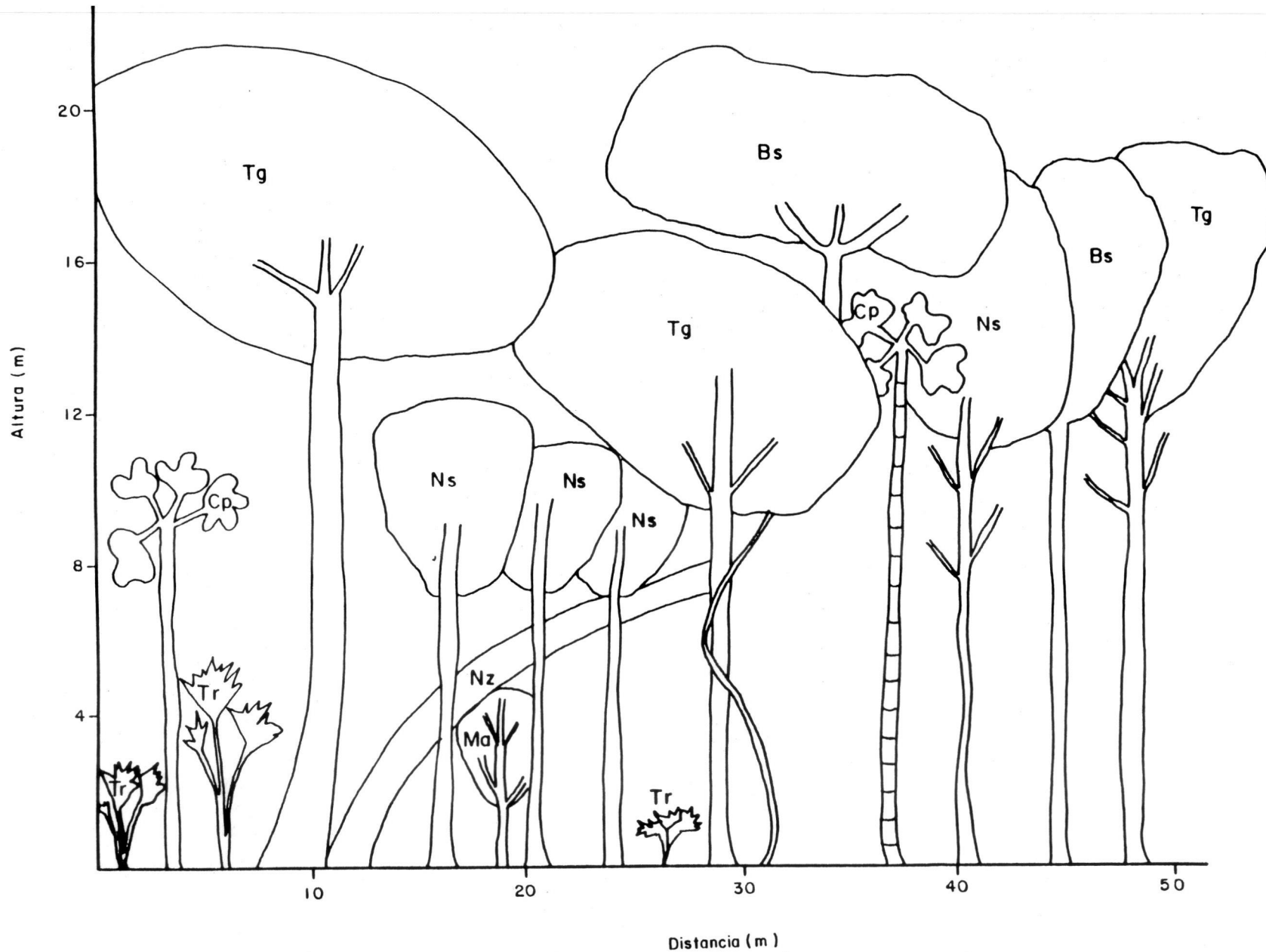


Figura 17. Estructura de la vegetación afectada por el huracán Gilberto e incendios (Zona de Pozos) forestales de manera intensa, en la zona norte de Quintana Roo, a cinco años de la ocurrencia de los disturbios. Tr - *Thrinax radiata*, Cp - *Cecropia peltata*, Tg - *Thevetia gaumeri*, Ns - *Nectandra salicifolia*, Nz - *Manilkara zapota*, Ma - *Malvaviscus arboreus*, Bs - *Bursera simaruba*.

con una altura promedio aproximada de 16 m, finalmente, el tercer estrato con una altura máxima de 12 m esta constituido principalmente por *N. salicifolia* y *C. peltata*.

Asimismo, es posible observar que el sotobosque se encuentra dominado fundamentalmente por *Thrinax radiata* y *Malvaviscus arboreus*, así como una gran cantidad de árboles caídos debido a que este bosque fue afectado por la acción tanto del huracán Gilberto como por los incendios en forma intensa.

6.3.2.3. Mortalidad

Debido al fuerte impacto recibido sobre la vegetación por el huracán Gilberto y los incendios forestales, en este sitio ha habido una gran mortalidad, estimándose en la actualidad solo un 1.3 % de sobrevivientes de la vegetación original; mientras que el porcentaje restante están muertos en pie o derribados. Además, el 100 % presentan daños marcados por efecto del fuego y viento.

Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos por García *et al.* (1990) quienes evaluarón un 91.25 % del arbolado muerto, con diferentes grados de daños físicos por efectos del viento y fuego. Los mismos autores mencionan que para ese año sólo dos especies estaban vivas y correspondían a las familias Sapotaceae y Myrtaceae, resultando esta última muerta para 1994.

6.3.3. Características de la Regeneración

6.3.3.1. Composición florística, origen y distribución

La respuesta de las plantas al fuego varía grandemente y dependen del tipo y severidad del fuego, así como de las especies existentes en el lugar.

Como lo muestra el Cuadro 15, en la evaluación de la regeneración natural de este sitio existen 19 especies arbóreas y 4 arbustivas; además de una desconocida. Estas especies pertenecen a 16 familias y 22 géneros; las familias mejor representadas son la Malpighiaceae, Rubiaceae y Moraceae con tres especies.

Cuadro 15. Especies leñosas presentes en la regeneración natural de la vegetación afectada por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera intensa (Zona de Pozos, municipio de Benito Juárez), a cinco años de la ocurrencia de los siniestros.

Núm.	Nombre común	Nomb. científico	Familia	F.B.	Orig.	Dist.	Den. (ind./ha)
1	Laurelillo	<i>Nectandra salicifolia</i>	Lauraceae	A	S	sG	10,800
2	Desconocida 1	<i>Bunchosia lanceolata</i>	Malpighiaceae	A	S	sG	10,400
3	Kuech			A	S	sG	6,800
4	Guayabillo	<i>Psidium sartorianum</i>	Myrtaceae	A	S	s	4,000
5	Sacpáh	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Malpighiaceae	a	S	sG	2,400
6	Boop	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	Polygonaceae	A	S	s	2,000
7	Sipché	<i>Bunchosia glandulosa</i>	Malpighiaceae	A	S	s	2,000
8	Akitz	<i>Thevetia gaumeri</i>	Apocynaceae	A	S	s	2,000
9	Chacbulumché	<i>Ardisia revoluta</i>	Myrsinaceae	a	S	sG	1,600
10	Elemuy	<i>Malmea depressa</i>	Annonaceae	A	S	s	1,600
11	Chakáh	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	A	S	s	1,200
12	Tastab	<i>Guettarda combsii</i>	Rubiaceae	A	S	s	1,200
13	Yaití	<i>Gymnanthes lucida</i>	Euphorbiaceae	A	S	s	1,200
14	Alamo	<i>Ficus glaucescens</i>	Moraceae	A	S	s	800
15	Botoncillo	<i>Casearia sylvestris</i>	Flacourtiaceae	A	S	s	800
16	Cacaoché	<i>Alseis yucatanensis</i>	Rubiaceae	A	S	s	800
17	Chechem negro	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae	A	S	s	800
18	Silil	<i>Dyospyrus cuneata</i>	Ebenaceae	A	S	s	800
19	Ya'axnic	<i>Vitex gaumeri</i>	Verbenaceae	A	S	s	800
20	Copó	<i>Ficus cotinifolia</i>	Moraceae	A	S	s	400
21	Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Moraceae	A	S	s	400
22	Guaya	<i>Talisia olivaeformis</i>	Sapindaceae	a	S	s	400
23	X-canan	<i>Hamelia patens</i>	Rubiaceae	a	S	s	400
TOT.		23	16				53,600
F.B.= Forma biológica		P = Palma		G = Grupo		A= Árbol	
S = Semilla		s = Aislada		a = Arbusto			

Se estimó un número de renuevos promedio de 53,6000 ind./ha de los cuales el 100 % se originaron a través de semilla. Las especies más abundantes son *N. salicifolia* y *B. lanceolata* con 10,800 y 10,400 plántulas/ha, respectivamente. Como puede verse este es el sitio con menor densidad, lo cual se debe a los fuertes daños ocasionados por el fuego principalmente, lo que indica que en este caso la recuperación del bosque se está llevando a cabo más lentamente que en los sitios anteriores.

Esto también es debido a que la intensidad del fuego fue tal que dañó tanto a plántulas y plantas jóvenes del sotobosque como a la vegetación de estratos superiores; así como las propiedades físicas y químicas del suelo.

El 56.70 % de la regeneración presenta un patrón de distribución en grupos; mientras que el resto se distribuye de manera aleatoria., existiendo un elevado porcentaje del helecho *Pteridium equilinum*.

La regeneración natural no corresponde totalmente a los individuos de las especies remanentes que se encuentran vivas en el terreno, pero, a pesar de lo fuerte de los disturbios, la vegetación se está regenerando con nuevas especies, por lo que es de esperarse que la naturaleza prosiga con el proceso de sucesión natural característico de áreas perturbadas.

6.3.3.2. Atributos de la regeneración

En el Cuadro 16 se muestran los valores de cobertura, frecuencia y densidad absolutas; así como el índice de dominancia obtenidos por especie y por hectárea para la regeneración de la vegetación afectada tanto por el huracán Gilberto como por los incendios forestales de 1989 en el norte de Quintana Roo.

Cuadro 16. Índice de Dominancia de Sarukhán para la regeneración natural en el sitio afectado por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera intensa (Zona de Pozos), en la zona norte de Quintana Roo, a cinco años de haber ocurrido los eventos de disturbio.

ESPECIE	COBERTURA	DENSIDAD ABS.	FRECUENCIA	IND. DOMINANC.
<i>Nectandra salicifolia</i>	10.87	1.08	56	657.36
<i>Bunchosia lanceolata</i>	1.47	1.04	60	91.81
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	3.56	0.24	24	20.50
<i>Bunchosia glandulosa</i>	2.16	0.20	20	8.66
<i>Psidium sartorianum</i>	0.49	0.40	28	5.50
<i>Bursera simaruba</i>	5.04	0.12	8	8.84
<i>Kuech</i>	0.12	0.68	52	4.17
<i>Thevetia gaumeri</i>	1.58	0.20	12	3.79
<i>Coccoloba cozumelensis</i>	0.75	0.20	20	3.00
<i>Gymnanthes lucida</i>	1.35	0.12	12	1.95
<i>Dyospyrus cuneata</i>	1.07	0.08	8	0.68
<i>Ardisia revoluta</i>	0.23	0.16	12	0.43
<i>Ficus glaucescens</i>	0.56	0.08	8	0.36
<i>Cecropia peltata</i>	1.77	0.04	4	0.28
<i>Guettarda combsii</i>	0.20	0.12	8	0.19
<i>Malmea depressa</i>	0.12	0.16	4	0.07
<i>Alseis yucatanensis</i>	0.11	0.16	4	0.07
<i>Metopium brownei</i>	0.07	0.08	8	0.05
<i>Vitex gaumeri</i>	0.13	0.08	4	0.04
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.12	0.04	4	0.02
<i>Talisia olivaeformis</i>	0.06	0.04	4	0.01
<i>Cacearia sylvestris</i>	0.02	0.08	4	0.01
<i>Hamelia patens</i>	0.03	0.04	4	0.01
Chiquinzotz	0.00	0.04	4	0.00
TOTAL	31.88	5.48	372	807.8

Las especies con valores más altos son el laurelillo (*N. salicifolia*) y *B. lanceolata*; aunque el kuech presenta alta frecuencia, su densidad y cobertura son bajas, lo que lo hacen no entrar dentro de la categoría de dominante. Aunque puede observarse una clara

dominancia de *N. salicifolia* con un índice de dominancia de 657.36, el cual representa el 81.38 % de la dominancia total de la comunidad.

Junto con *B. lanceolata*, *N. salicifolia* ocupan el 93 % de la dominancia en la comunidad; aunque la primera sí se encontraba en los estratos superiores y la segunda no, esta última es más importante en el sitio ya que se regenera más exitosamente, lo cual pudiera indicar que es una especie sobreviviente a la acción del fuego.

De la misma manera que en los sitios anteriores, es notable la baja diversidad y por lo tanto, baja complejidad de esta área; siendo este sitio el que presenta los valores más bajos de índices de diversidad y complejidad (nula) de todos los sitios estudiados (Cuadros 26 y 27, Anexo III), debido, también a la fuerte intensidad de daño por acción del fuego más que del huracán.

6.3.3.3. Dinámica de la regeneración

A pesar de que en esta condición solo quedó un árbol de zapote (*Manilkara zapota*) en pie (4 %); muriendo los demás por acción del viento y principalmente del fuego; se observa (Cuadro 17) una buena recuperación de la vegetación de este sitio, ya que a través del proceso de sucesión, han “aparecido” y “desaparecido” un total de 36 especies forestales, quedando hasta el momento 23 especies.

A diferencia de las condiciones anteriores, en este caso se observa en general una leve tendencia al aumento en el número de individuos de *N. salicifolia*, *B. lanceolata* y *P. sartorianum*, lo cual podría hablarnos de la alta capacidad de estas especies para regenerarse naturalmente en áreas que han sido perturbadas por fuego.

Cuadro 17. Comportamiento de la regeneración natural en el sitio afectado por el huracán Gilberto e incendio forestal en forma drástica (Zona de Pozos, municipio de Benito Juárez), a un año de la ocurrencia de los disturbios.

Núm.	Especie	1990	1992	1993	1994
1	<i>Nectandra salicifolia</i>	26	15	25	27
2	<i>Bunchosia lanceolata</i>	8	5	2	26
3	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	7	5	7	5
4	<i>Bunchosia glandulosa</i>	6	11	5	5
5	<i>Annona primigenia</i>	5			
6	<i>Gymnanthes lucida</i>	4	2	1	3
7	<i>Thevetia gaumeri</i>	3		4	5
8	<i>Casearia sylvestris.</i>	3		2	2
9	<i>Psidium sartorianum</i>	3	2	7	10
10	<i>Byrsonima bucidæfolia</i>	3	6	5	6
11	<i>Bursera simaruba</i>	2	3	3	3
12	<i>Cecropia peltata</i>	2	1	1	1
13	<i>Dyospyrus cuneata</i>	2	1	1	2
14	<i>Guettarda combsii</i>	2	2	2	3
15	<i>Vitex gaumeri</i>	2	1	1	2
16	<i>Ardisia revoluta</i>	2	1	4	4
17	<i>Ficus glaucescens</i>	1		2	2
18	<i>Malmea depressa</i>	1	3	2	4
19	<i>Buhinia sp.</i>	1			
20	<i>Hampea trilobata</i>	1			
21	<i>Eugenia mayana</i>	1			
22	<i>Gymnopodium floribundum</i>	1			
23	<i>Hamelia patens</i>	1		1	1
24	<i>Sebastiania sp.</i>	1			
25	<i>Simarouba glauca</i>		4	1	
26	<i>Ficus sp.</i>		2		
27	<i>Thouinia paucidentata</i>		2		
28	Alamo blanco		1		
29	<i>Metopium brownei</i>		1	1	2
30	<i>Nectandra coriaceae</i>		1		
31	<i>Alseis yucatanensis</i>			3	2
32	<i>Malvaviscus arboreus</i>			3	
33	<i>Sabal yapa</i>			1	
34	<i>Talisia olivaeformis</i>			1	1
35	<i>Kuech</i>				17
36	<i>Ficus cotinifolia</i>				1

Cuadro 17. Comportamiento de la regeneración natural en el sitio afectado por el huracán Gilberto e incendio forestal en forma drástica (Zona de Pozos, municipio de Benito Juárez), a un año de la ocurrencia de los disturbios.

Núm.	Especie	1990	1992	1993	1994
1	<i>Nectandra salicifolia</i>	26	15	25	27
2	<i>Bunchosia lanceolata</i>	8	5	2	26
3	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	7	5	7	5
4	<i>Bunchosia glandulosa</i>	6	11	5	5
5	<i>Annona primigenia</i>	5			
6	<i>Gymnanthes lucida</i>	4	2	1	3
7	<i>Thevetia gaumeri</i>	3		4	5
8	<i>Casearia sylvestris.</i>	3		2	2
9	<i>Psidium sartorianum</i>	3	2	7	10
10	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	3	6	5	6
11	<i>Bursera simaruba</i>	2	3	3	3
12	<i>Cecropia peltata</i>	2	1	1	1
13	<i>Dyospirus cuneata</i>	2	1	1	2
14	<i>Guettarda combsii</i>	2	2	2	3
15	<i>Vitex gaumeri</i>	2	1	1	2
16	<i>Ardisia revoluta</i>	2	1	4	4
17	<i>Ficus glauscenscens</i>	1		2	2
18	<i>Malmea depressa</i>	1	3	2	4
19	<i>Buhinia sp.</i>	1			
20	<i>Hampea trilobata</i>	1			
21	<i>Eugenia mayana</i>	1			
22	<i>Gymnopodium floribundum</i>	1			
23	<i>Hamelia patens</i>	1		1	1
24	<i>Sebastiana sp.</i>	1			
25	<i>Simarouba glauca</i>		4	1	
26	<i>Ficus sp.</i>		2		
27	<i>Thouinia paucidentata</i>		2		
28	Alamo blanco		1		
29	<i>Metopium brownei</i>		1	1	2
30	<i>Nectandra coriaceae</i>		1		
31	<i>Alseis yucatanensis</i>			3	2
32	<i>Malvaviscus arboreus</i>			3	
33	<i>Sabal yapa</i>			1	
34	<i>Talisia olivaeformis</i>			1	1
35	<i>Kuech</i>				17
36	<i>Ficus cotinifolia</i>				1

6.4. SITIO 4. Zona de Pozos

6.4.1. Características generales de la zona

Representa a una selva mediana, donde la vegetación fue afectada solo por el huracán "Gilberto". Se localiza dentro del municipio de Benito Juárez, aproximadamente a 50 m de la Estación de Bombeo No. 10; desviándose por un camino de tercería en el Km. 195 de la carretera Cancún-Valladolid-Mérida. De acuerdo con la clasificación de FAO/UNESCO, el tipo de suelo preponderante es Luvisol, Kankab en nomenclatura maya.

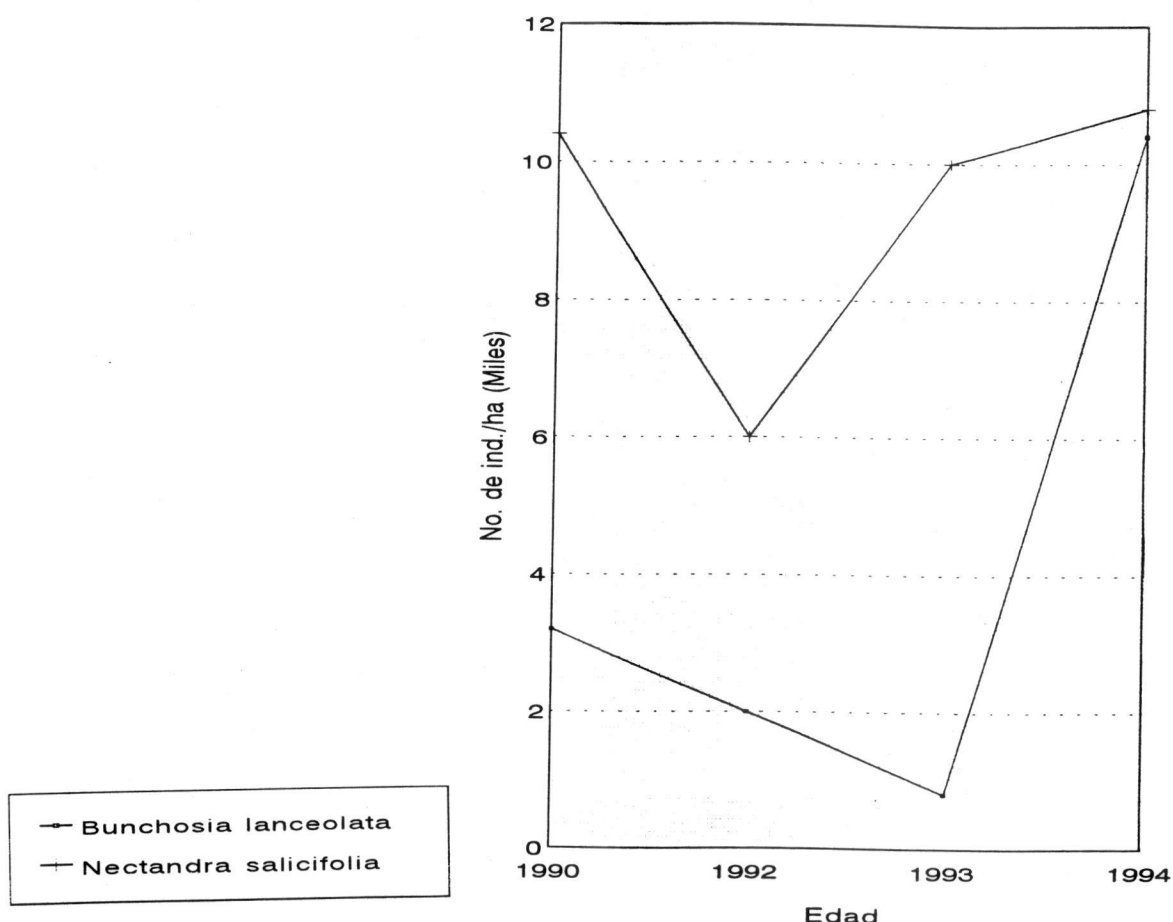


Figura 18. Comportamiento de la regeneración natural de las especies dominantes, para la vegetación afectada por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera intensa, a cinco años de la ocurrencia de los disturbios.

Estos suelos se caracterizan por ser someros, con poca variación topográfica, yacen sobre rocas calizas aflorantes (Ortíz, 1973 citado por García *et al.*, 1990) con alto contenido de fierro, lo que le da colores brillantes de rojo a café oscuro, su pH tiende a la alcalinidad. El drenaje eficiente de estos suelos determina que existan altos riesgos de erosión hídrica cuando quedan desprovistos de vegetación o materia orgánica, como en este caso.

Esta es una de las condiciones en donde se observa que fue severamente dañada por el huracán Gilberto, ya que es la zona más afectada por efecto del viento, pues hay un buen número de árboles derribados, inclinados, quebrados y descopados.

6.4.2. Características de la estructura remanente

6.4.2.1. Composición florística

En el Cuadro 18 se presentan las principales características de la vegetación arbórea de esta estructura después de huracán Gilberto, que la afectó de manera intensa. Se observa que el número de árboles en pie es de 2,800 ind./ha. Las especies más abundantes son el chit (*Thrinax radiata*), Zapotillo (*Pouteria unilocularis*) y el zapote (*Manilkara zapota*) con 660 árboles/ha para el primero y 220 árboles/ha para los dos últimos. Dicho número es mayor que el presentado (1,540 ind./ha pertenecientes a 25 familias botánicas) por García *et al* para 1990 .

De acuerdo con el número de especies, las familias mejor representadas son la Sapotacea con cuatro especies, Sapindaceae con tres, Fabaceae, Rubiaceae y Anacardicaeae con dos especies. Las familias restantes solo incluyen una especie.

Cuadro 18. Especies presentes en la estructura remanente afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendio (Zona de Pozos, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo), a cinco años de la ocurrencia de los eventos de disturbio.

Número	Especie	Familia	Nombre común	Densidad (ind./ha)
1	<i>Thinx radiata</i>	Aracaceae	Chit	660
2	<i>Pouteria unilocularis</i>	Sapotaceae	Zapotillo	220
3	<i>Manilkara sapota</i>	Sapotaceae	Zapote l	220
4	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae	Ramón	90
5	<i>Talisia floresii</i>	Sapindaceae	Kolokh	60
6	<i>Protium copal</i>	Burseraceae	Copal blanco	50
7	<i>Simarouba glauca</i>	Simaroubiaceae	Pa'saak	40
8	<i>Thevetia gaumeri</i>	Apocynaceae	Akitz	30
9	<i>Pouteria campechiana</i>	Sapotaceae	Kanisté	30
10	<i>Ardisia revoluta</i>	Myrsinaceae	Chacbulumché	20
11	<i>Cupania glabra</i>	Sapindaceae	Copal colorado	20
12	<i>Malmea depressa</i>	Annonaceae	Elemuy	20
13	<i>Zuelania guidonia</i>	Flacourtiaceae	Tamay	20
14	<i>Vitex gaumeri</i>	Verbenaceae	Ya'axnic	20
15	<i>Alseis yucatanensis</i>	Rubiaceae	Cacaoché	10
16	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae	Chechem negro	10
17	<i>Bunchosia lanceolata</i>	Malpighiaceae	Desconocida l	10
18	<i>Psidium sartorianum</i>	Myrtaceae	Guayabillo	10
19	<i>Exothea diphylla</i>	Sapindaceae	Guayancox	10
20	<i>Astronium graveolens</i>	Anacardiaceae	Jobillo	10
21	<i>Swartzia cubensis</i>	Fabaceae	Katalox	10
22	<i>Hampea trilobata</i>	Malvaceae	Majahua	10
23	<i>Dendropanax arboreus</i>	Araliaceae	Sac-chakáh	10
24	<i>Gettarda combsii</i>	Rubiaceae	Tastab	10
25	<i>Coccoloba acapulcensis</i>	Polygonaceae	Toyub	10
26	-----	Sapotaceae	Sapotaceae	10
27	<i>Lonchocarpus castilloi</i>	Fabaceae	Machiche	10
TOTAL	27	19		2,800

Al igual que el sitio 1, éste presenta las más altas densidades en la estructura remanente, lo cual indica que apesar del daño ocasionando por el huracán, el efecto del disturbio es menor sobre la vegetación adulta, que el ocasionado por los incendios forestales.

6.4.2.2. Estructura de la vegetación

De la misma manera que en los otros sitios, estructuralmente, el bosque se encuentra constituido por tres estratos arbóreos bien definidos: uno dominante de 24 m de altura, se encuentra constituido principalmente por *B. alicastrum*, *M. zapota* y *B. simaruba*, el segundo , alcanza una altura máxima de 18 m; en el destacan *P. copal* y *T. floresii*, mientras que en el tercero y último, se encuentran *T. radiata*, *C. peltata* y *T. gaumeri*, alcanzando una altura máxima de 13 m (Figura 19). De igual forma, García *et al.* reportan para 1990, un estrato superior cuya altura máxima es de 16 m en promedio, en el cua sobresalen *Swartzia cubensis*, *Dendropanax arboreus*, *B. alicastrum*, *Metopium brownei*, *Thevetia gaumeri* y *Simarouba glauca* entre otras.

Asimismo, es posible ver una gran abundancia de árboles inclinados, caídos y quebrados, así como la presencia de la bromeliaceae localmente conocida como piñuela (*Annona comosus*) en el sotobosque. Cabe mencionar además que entre las especies dominantes del estrato arbóreo las más importantes son *T. radiata*, *M. zapota* y *P. unilocularis*.

6.4.2.4. Mortalidad

De acuerdo con García *et al.* (1990) para esta condición se estimó que el 99.35 % de los árboles de la estructura remanente, están vivos después de los disturbios; de éstos, el

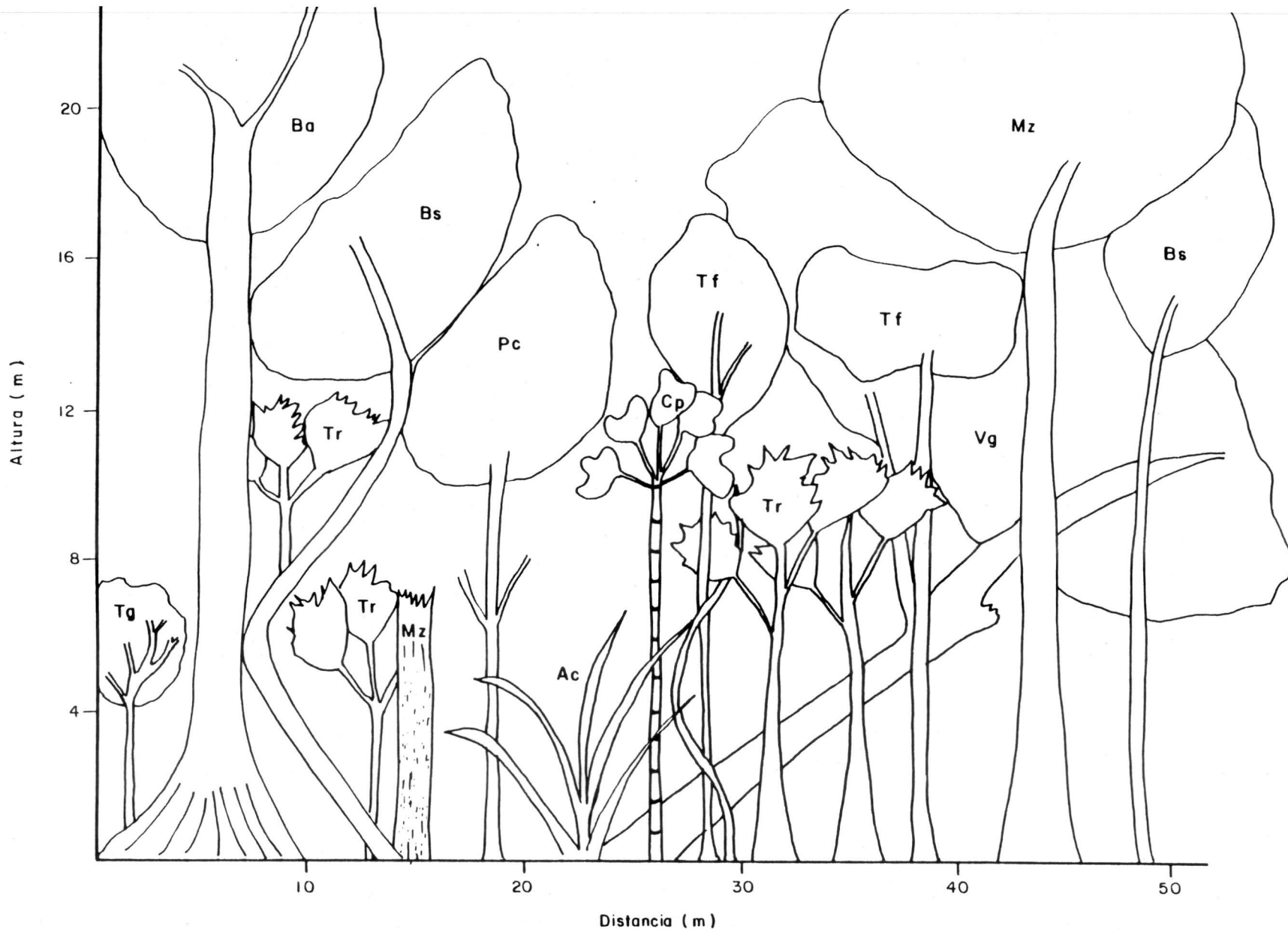


Figura 19. Estructura de la vegetación afectada de manera intensa por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios (Zona de Pozos) , en la zona norte de Quintana Roo, a cinco años de la ocurrencia de los disturbios. Tg - *Thevetia gaumeri*, Ba - *Brosimum alicastrum*, Tr - *Thrinax radiata*, Mz - *Manilkara zapota*, Pc - *Protium copal*, Ac - *Annanas commosus*, Cp - *Cecropia peltata*, Tf - *Talisia floresii*, Vg - *Vitex gaumeri*, Bs - *Bursera simaruba*.

5.84 % son árboles descopados, el 4.54 % derribados, 3.9 % inclinados y 1.30 % quebrados, todos por acción del viento ya que esta área fue fuertemente azotada por el huracán Gilberto.

Asimismo, el 100 % de los árboles presenta daños en mayor o menor grado por efectos del viento o fuego.

6.4.3. Características de la Regeneración

6.4.3.1. Composición florística, origen y distribución

En el Cuadro 19 se presentan los resultados de la evaluación de la regeneración natural para el área que fue afectada por acción del huracán Gilberto de manera intensa. Dicha área se encuentra constituida por 22 especies arbóreas, 3 arbustivas y dos palmas pertenecientes a 18 familias botánicas y 27 géneros. Las familias mejor representadas son Rubiaceae y Sapindaceae con cuatro especies; Sapotaceae, Polygonaceae, Burseraceae, Fabaceae y Aracaceae con dos especies.

Con base en la densidad, las especies más abundantes son *P. unilocularis* (zapotillo), *N. salicifolia* (laurelillo) y *T. floresii* (Kolok) con 22,000, 9,600 y 9,200 plántulas/ha. Cabe resaltar el hecho de que este sitio es el que presenta las mayores densidades en la regeneración natural.

En este sitio se determinó un número total de 87,700 plántulas/ha originadas a partir de semilla y con un patrón de distribución aleatorio, en general; aunque el 59.75 % presentó una distribución tanto aleatoria como en pequeños grupos de unos cuantos individuos.

Cuadro 19. Especies leñosas presentes en la regeneración natural de la vegetación afectada por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendios (Zona de Pozos, municipio de Benito Juárez), a cinco años de su ocurrencia.

Núm.	Nombre común	Nomb. científico	Familia	F.B.	Orig.	Dist.	Den. (ind./ha)
1	Zapotillo	<i>Pouteria unilocularis</i>	Sapotaceae	A	S	sG	22,000
2	Laurelillo	<i>Nectandra salicifolia</i>	Lauraceae	A	S	sG	9,600
3	Kolok	<i>Talisia floresii</i>	Sapindaceae	A	S	sG	9,200
4	Guayabillo	<i>Psidium sartorianum</i>	Myrtaceae	A	S	s	6,400
5	Guaya	<i>Talisia olivaeformis</i>	Sapindaceae	a	S	s	4,400
6	Sacpáh	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Malpighiaceae	a	S	sG	4,400
7	Copal colorado	<i>Cupania glabra</i>	Sapindaceae	A	S	s	3,600
8	Chacbulumché	<i>Ardisia revoluta</i>	Myrsinaceae	a	S	sG	3,200
9	Kuech			A	S	sG	2,800
10	Zapote	<i>Manilkara zapota</i>	Sapotaceae	A	S	s	2,400
11	Botoncillo	<i>Casearia sylvestris</i>	Flacourtiaceae	A	S	s	2,000
12	Cacaoché	<i>Alseis yucatanensis</i>	Rubiaceae	A	S	s	2,000
13	Guayancox	<i>Exothea diphylla</i>	Sapindaceae	A	S	s	2,000
14	Toyub	<i>Coccoloba acapulcensis</i>	Polygonaceae	A	S	s	1,600
15	Boop	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	Polygonaceae	A	S	s	1,200
16	Sac-chakáh	<i>Dendropanax arboreus</i>	Araliaceae	A	S	s	1,200
17	Tulipancillo	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Malvaceae	a	S	s	1,200
18	X-canan	<i>Hamelia patens</i>	Rubiaceae	a	S	sG	1,200
19	Guano botán	<i>Sabal japa</i>	Aracaceae	P	S	s	800
20	Chakáh	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	A	S	s	800
21	Copal blanco	<i>Protium copal</i>	Burseraceae	A	S	s	800
22	Kanasín	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Fabaceae	A	S	s	800
23	Silil	<i>Dyospirus cuneata</i>	Ebenaceae	A	S	s	800
24	Muc	<i>Dalbergia glabra</i>	Fabaceae	A	S	s	800
25	Akitz	<i>Thevetia gaumeri</i>	Apocynaceae	A	S	s	400
26	Chit	<i>Thrinax radiata</i>	Aracaceae	P	S	s	400
27	Jobillo	<i>Astronium graveolens</i>	Anacardiaceae	A	S	s	400
28	Kanisté	<i>Pouteria campechiana</i>	Sapotaceae	A	S	s	400
29	Tastab	<i>Guettarda combsi</i>	Rubiaceae	A	S	s	400
30	Cambalux	<i>Randia sp.</i>	Rubiaceae	a	S	s	400
TOT.		27	18				87,700

F.B. = Forma biológica

P = Palma

G = Grupo

A = Árbol

S = Semilla

s = Aislado

a = Arbusto

6.4.3.2. Atributos de la regeneración

De acuerdo con el Cuadro 21, las especies dominantes en orden de importancia son el zapotillo (*P. unilocularis*), el laurelillo (*N. salicifolia*) y el Kolok (*T. floresii*) con cobertura, densidad y frecuencia de 9.93, 2.20 y 60, para el primero; 10.66, 0.92 y 64, para el segundo y 3.46, 0.96 y 48, respectivamente.

Asimismo, puede observarse que el valor más alto de índice de dominancia corresponde al zapotillo, 1,311.09; seguido por el laurelillo y el chit con índices de 627.71 y 159.57, respectivamente. El primero ocupa casi el 60 % de la dominancia total de la comunidad, prácticamente, la única especie dominante.

Puede verse también que, este sitio es el que presenta el mayor número de especies y los valores más altos de densidad y dominancia; sin embargo, los valores de diversidad son de los más bajos, lo cual puede explicarse por la alta dominancia de unas cuantas especies. De acuerdo con García *et al.* (1992) para esta condición sobreviven 17 familias y 25 especies, por lo que la diversidad se mantiene.

Como este sitio es el más afectado por el huracán Gilberto, existe el mayor número de árboles descopados, caídos e inclinados, lo cual favoreció la creación de claros de diferentes tamaños, lo que a su vez, mejoró las condiciones para que todas las especies demandantes de luz como *P. unilocularis*, *A. yucatanensis*, *Astronium graveolens*, *P. campechiana*, *B. simaruba* y *P. copal*, entre otras pudieran desarrollarse al permitir la mayor cantidad de entrada de luz hacia el piso forestal. Es notable también, la alta densidad no solo del sitio sino de cada especie en particular.

Cuadro 21. Índice de Dominancia de Sarukhán para la regeneración natural en el sitio (Zona de Pozos) afectado por el huracán Gilberto en la zona norte del estado de Quintana Roo a cuatro años de haber ocurrido los eventos de disturbio. 94

ESPECIE	COBERTURA	DENSIDAD ABS.	FRECUENCIA	IND. DOMINANC.
Zapotillo	9.93	2.20	60	1311.09
Kolok	10.66	0.92	64	627.71
Laurelillo	3.46	0.96	48	159.57
Guayabillo	0.95	0.64	48	29.18
Guayancox	5.34	0.20	16	17.08
Copal colorado	1.29	0.36	28	12.98
Guaya	0.78	0.44	36	12.33
Cacaoché	1.58	0.20	16	5.04
Chacbulumché	0.36	0.32	24	2.74
Zapote	0.46	0.24	24	2.68
Tulipancillo	1.83	0.12	12	2.63
Sacpáh	0.14	0.44	36	2.16
Botoncillo	0.75	0.20	12	1.81
Chit	7.07	0.04	4	1.13
Boop	0.95	0.12	8	0.91
Chakáh	1.17	0.08	8	0.75
Kuech	0.05	0.28	24	0.35
Sac-chakáh	0.28	0.12	8	0.27
Guano botán	0.79	0.08	4	0.25
Kanasín	0.35	0.08	8	0.23
Copal blanco	0.32	0.08	8	0.21
X-canan	0.17	0.12	8	0.17
Jobillo	0.78	0.04	4	0.13
Kanisté	0.78	0.04	4	0.13
Toyub	0.03	0.16	8	0.03
Akitz	0.20	0.04	4	0.03
Silil	0.03	0.08	8	0.02
Cambalux	0.03	0.04	4	0.00
Tastab	0.02	0.04	4	0.00
TOTAL	50.55	8.68	540	2191.61

6.4.3.3. Dinámica de la regeneración

El Cuadro 22 muestra el comportamiento de la regeneración natural a través del proceso sucesional en el sitio afectado de manera intensa por el huracán Gilberto.

De acuerdo con las especies presentes bajo esta condición, puede decirse que este sitio se encuentra en un estado sucesional temprano ya que dominan el área especies típicas de lugares recientemente perturbados. Ejemplo de ellas son *B. bucidaefolia*, *C. peltata*, y *Zuelania guinodia*; que además solo están presentes al inicio de la sucesión.

A diferencia de las condiciones anteriores, en este caso, la mayor tendencia parece ser el aumento en el número de individuos por especie (Figura 20), en general, siendo este hecho más visible en *P. unilocularis* (zapotillo), *N. salicifolia* (laurelillo) y *T. floresii* (Kolok), las cuales además de encontrarse abundantemente en los estratos superiores (con excepción de la segunda), presentan unas altas densidades en la regeneración natural, resultando ser también las especies dominantes de esta área.

No obstante, puede verse que, *T. floresii* una especie sucesional temprana de rápido crecimiento, presenta un aumento drástico al inicio de la sucesión, disminuyendo después también fuertemente, para aumentar de la misma manera en la cuarta evaluación.

Entre las nuevas especies destacan *B. bucidaefolia*, *Dalbergia glabra* y *Randia* sp., especies comunes en áreas con reciente perturbación.

Cuadro 22. Comportamiento de la regeneración natural en el sitio afectado por el Huracán Gilberto sin ocurrencia de incendio (Zona de Pozos, municipio de Benito Juárez), a cinco años de ocurridos los eventos de disturbio.

Núm.	Especie	1990	1992	1993	1994
1	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	28			
2	<i>Pouteria unculocularis</i>	22	63	34	55
3	<i>Nectandra salicifolia</i>	16	17	25	24
4	<i>Cupania glabra</i>	9	9	10	9
5	<i>Exothea diphylla</i>	8	8	10	5
6	<i>Alseis yucatanensis</i>	6	1	6	5
7	<i>Talisia floresii</i>	6	8	13	23
8	<i>Psidium sartorianum</i>	6	18	15	16
9	<i>Ardisia revoluta</i>	5	5	5	8
10	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	4	3	4	3
11	<i>Casearia sylvestris</i>	4	2	5	5
12	<i>Cecropia peltata</i>	4	2		
13	<i>Annona primigenia</i>	3			
14	<i>Thrinax radiata</i>	3	1		1
15	<i>Protium copal</i>	3	4	1	2
16	<i>Malvaviscus arboreus</i>	3	2	5	3
17	<i>Hamelia patens</i>	3	3	3	3
189	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	2	2	2	2
19	<i>Cupania dentata</i>	2			
20	<i>Dendropanax arboreus</i>	2	2		3
21	<i>Eugenia mayana</i>	2			
22	<i>Guettarda combsii</i>	2	2	2	1
23	<i>Bursera simaruba</i>	2	2	2	2
24	<i>Thevetia gaumeri</i>	1	1	1	1
25	<i>Sabal yapa</i>	1		2	2
26	<i>Talisia olivaeformis</i>	1			11
27	<i>Astronium graveolens</i>	1	1	1	1
28	<i>Pouteria campechiana</i>	1	3	1	1
29	<i>Hippocratea excelsa</i>	1		1	
30	<i>Zuelania guinodia</i>	1			
31	<i>Coccoloba acapulcensis</i>	1	3	6	4
32	<i>Manilkara sapota</i>	1	2	1	6
33	<i>Thouinia paucidentata</i>		2		
34	<i>Metopium brownei</i>		2		
35	<i>Bunchosia lanceolata</i>		1	2	
36	<i>Malmea depressa</i>		1	12	
37	<i>Platymiscium yucatanum</i>		1		
38	<i>Sabal yapa</i>		1		
39	<i>Acacia glomerosa</i>		1		
40	<i>Sebastiana sp.</i>		1		
41	<i>Zuelania guinodia</i>			1	
42	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>				11
43	<i>Kuech</i>				7
44	<i>Dyospirus cuneata</i>				2
45	<i>Dalbergia glabra</i>				2
46	<i>Randia sp.</i>				1

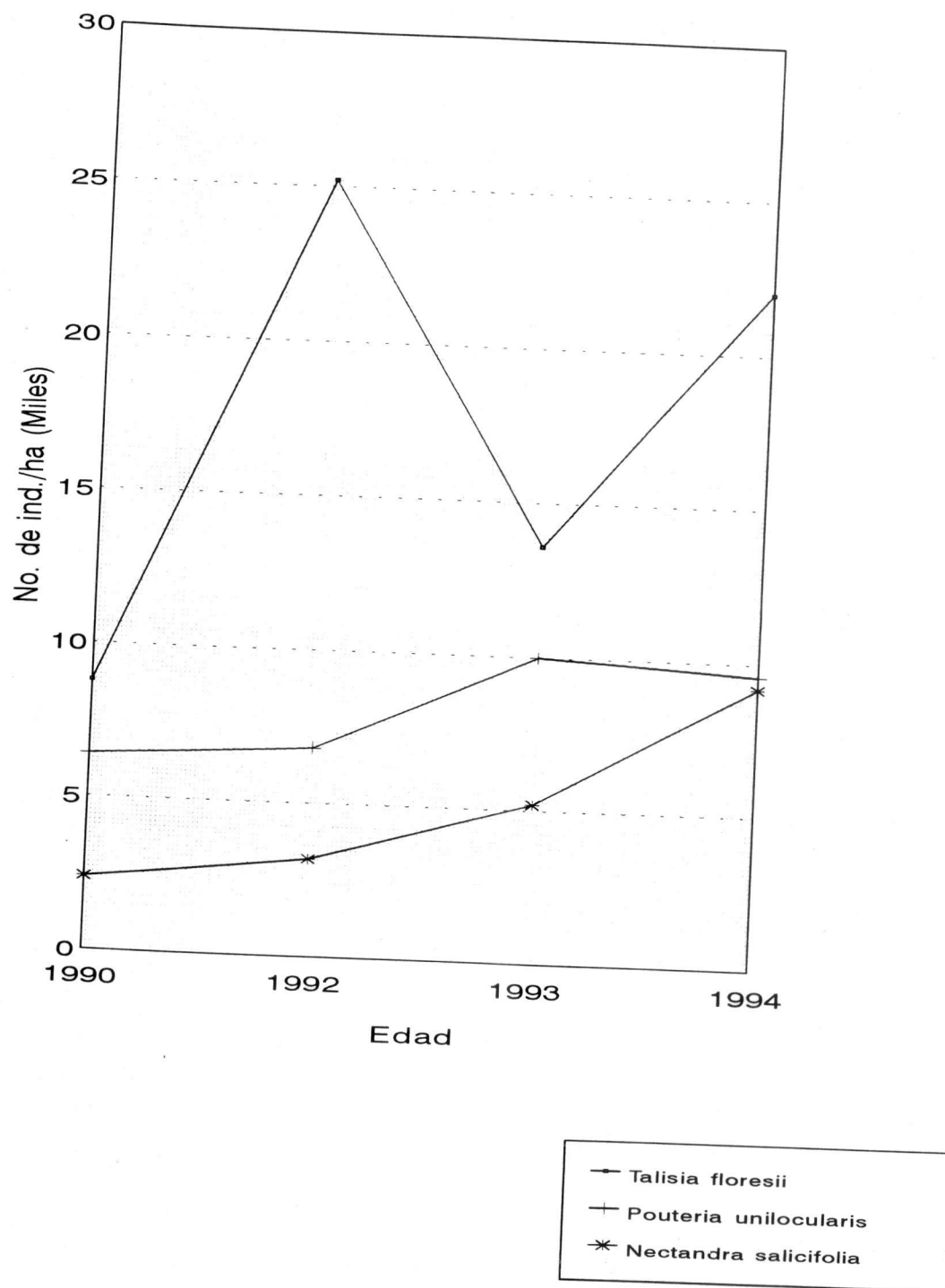


Figura 20. Comportamiento de la regeneración natural de las especies dominantes, para la vegetación afectada por el huracán Gilberto de manera intensa, a cinco años de la ocurrencia de los disturbios.

6.5. DISCUSION GENERAL

6.5.1. VEGETACIÓN REMANENTE

6.5.1.1. Estructura y composición

Diversos autores concuerdan en que un disturbio que causa mortalidad en un rodal representa un punto de iniciación para el desarrollo de un nuevo rodal; así, un disturbio, es como un “filtro” que afecta diferencialmente la sobrevivencia de los individuos y poblaciones de las especies existentes en el lugar, dependiendo de sus atributos, de su historia de vida y de las estrategias ecológicas utilizadas por éstas para sobrevivir.

De esta manera, los disturbios definen la composición de especies y la estructura de los rodales después del disturbio; en primer lugar por acción selectiva de cada especie de acuerdo a su capacidad para mantenerse después del disturbio y, en segundo lugar, por su capacidad para colonizar el “espacio de crecimiento” y los recursos liberados por los individuos muertos. La variación de la estructura y la fisonomía del bosque tropical está estrechamente relacionada con las condiciones del sitio y del suelo (Bruenig, 1989).

En este trabajo se encontró que la vegetación predominante en la zona de estudio corresponde a una comunidad secundaria derivada de un bosque tropical subperennifolio (según los criterios de Rzedowski, 1988), constituido por un total de 123 especies leñosas pertenecientes a 46 familias y 94 géneros.

El 74 % (91 especies) corresponde en su conjunto a los estratos arbóreo y arbustivo (ANEXO IV); siendo las familias más representadas las siguientes: Fabaceae con trece especies; Euphorbiaceae, Sapindaceae y Rubiaceae con ocho especies; Moraceae, Polygonaceae y Sapotaceae con seis especies; Flacourtiaceae y Malpighiaceae con cuatro especies y Lauraceae con tres especies. De las especies presentes en este sitio una proporción importante pertenece al dosel que en común se observa en las comunidades menos perturbadas de Quintana Roo (López-Portillo, *et al.*, 1990).

Por otra parte, con la finalidad de tener una visión más clara del desarrollo sucesional en esta área se realizaron tres perfiles de vegetación (Figuras 21-23) más en una zona adyacente (también perturbada), cada uno de los cuales presentaba una edad de uno, tres y cinco años.

Como puede verse a un año del disturbio se ve la aparición de once especies heliófitas, de rápido crecimiento como *Bursera simaruba*, *Cryosophyllum mexicanum*, *Nectandra salicifolia* y *Metopium brownei*, las cuales están también presentes en estados más avanzados de la sucesión. Asimismo, es evidente la presencia de algunos arbustos como *Byrsonima bucidaefolia*, *Malvaviscus arboreus*, *Helianthus* sp. y el árbol *Ficus cotinifolia*, los cuales no se encuentran en estados más avanzados o sus densidades son muy bajas. En esta etapa la especie más abundante es *Helianthus* sp.

A los dos años, muchas de estas especies son sustituidas por otras especies también demandantes de luz y rápido crecimiento como *Simarouba glauca*, *Coccoloba cozumelensis*, *Thevetia gaumeri*, *Lysiloma bahamensis*, *Bunchosia glandulosa*, *Hampea trilobata*, *Jatropha gaumeri* que permanecen durante más tiempo en el bosque; aunque también hay algunas especies de corta vida como *Chiococca alba* y *Dipholis salicifolia*.

Finalmente en el bosque de cinco años, se encuentran nuevamente *N. salicifolia*, *M. brownei*, *B. simarouba*, *T. gaumeri* y *J. gaumeri*, incorporándose algunos individuos de *Lonchocarpus rugosus*, *Ficus glaucescens*, *Eupatorium albicaule* y *Piscidia comunis*.

Es notable ver que desde los inicios de la sucesión los bosques de la zona norte de Quintana Roo se encuentran constituidos básicamente por tres estratos arbóreos bien definidos compuestos por especies pioneras, heliófitas, de rápido crecimiento.

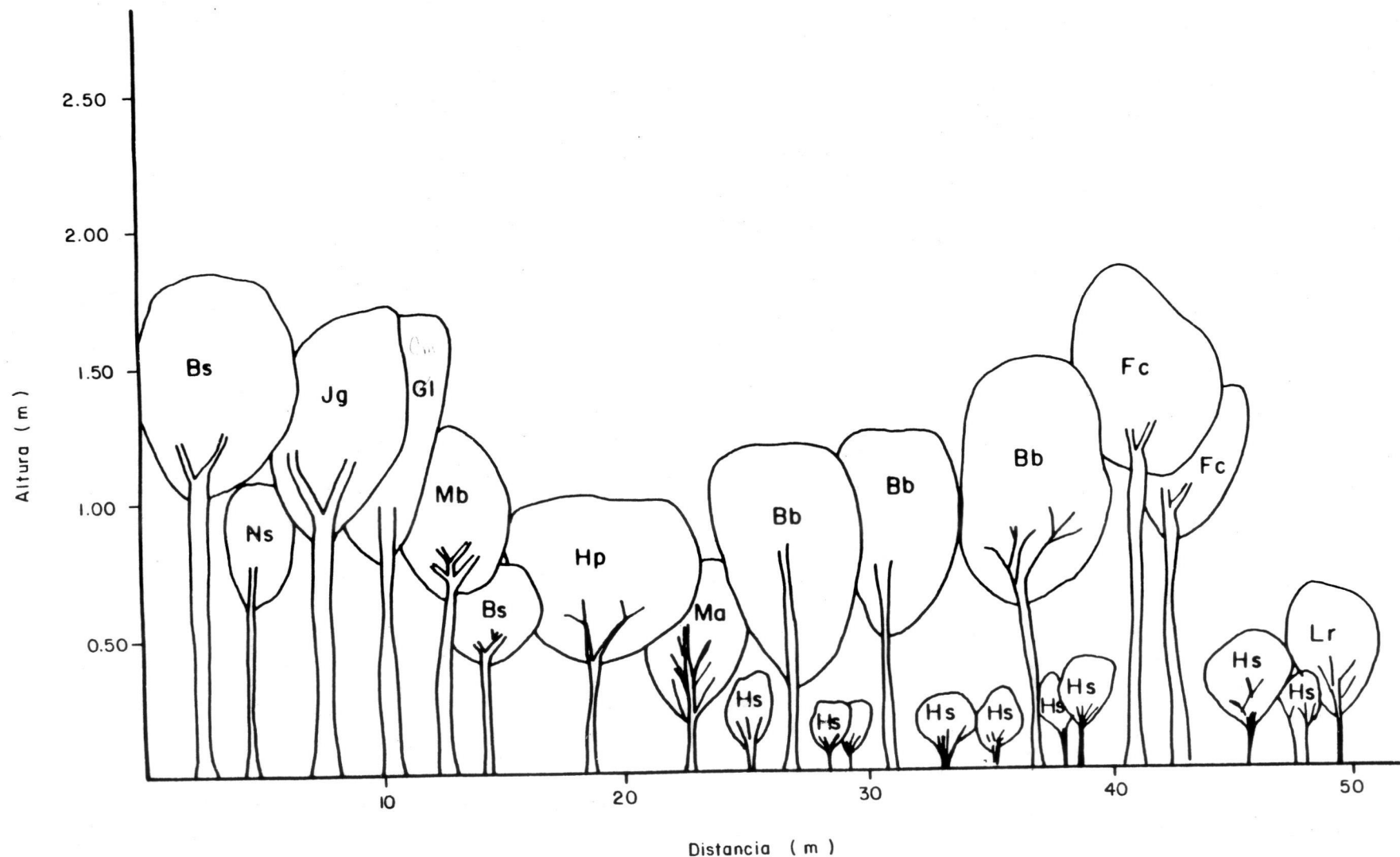


Figura 21. Estructura de la vegetación en un acahual de un año aledaño a la zona afectada por disturbios en la zona norte de Quintana Roo.
 Br - *Bursera simaruba*, Ns - *Nectandra salicifolia*, Jg - *Jatropha gaumeri*, Cm - *Crysophyllum mexicanum*, Mb - *Metopium brownei*, Hp - *Hamelia patens*, Ma - *Malvviscus arboreus*, Bb - *Byrsonima bucidaefolia*, Hs - *Helianthus* sp., Fc - *Ficus cotinifolia*, Lr - *Lonchocarpus rugosus*.

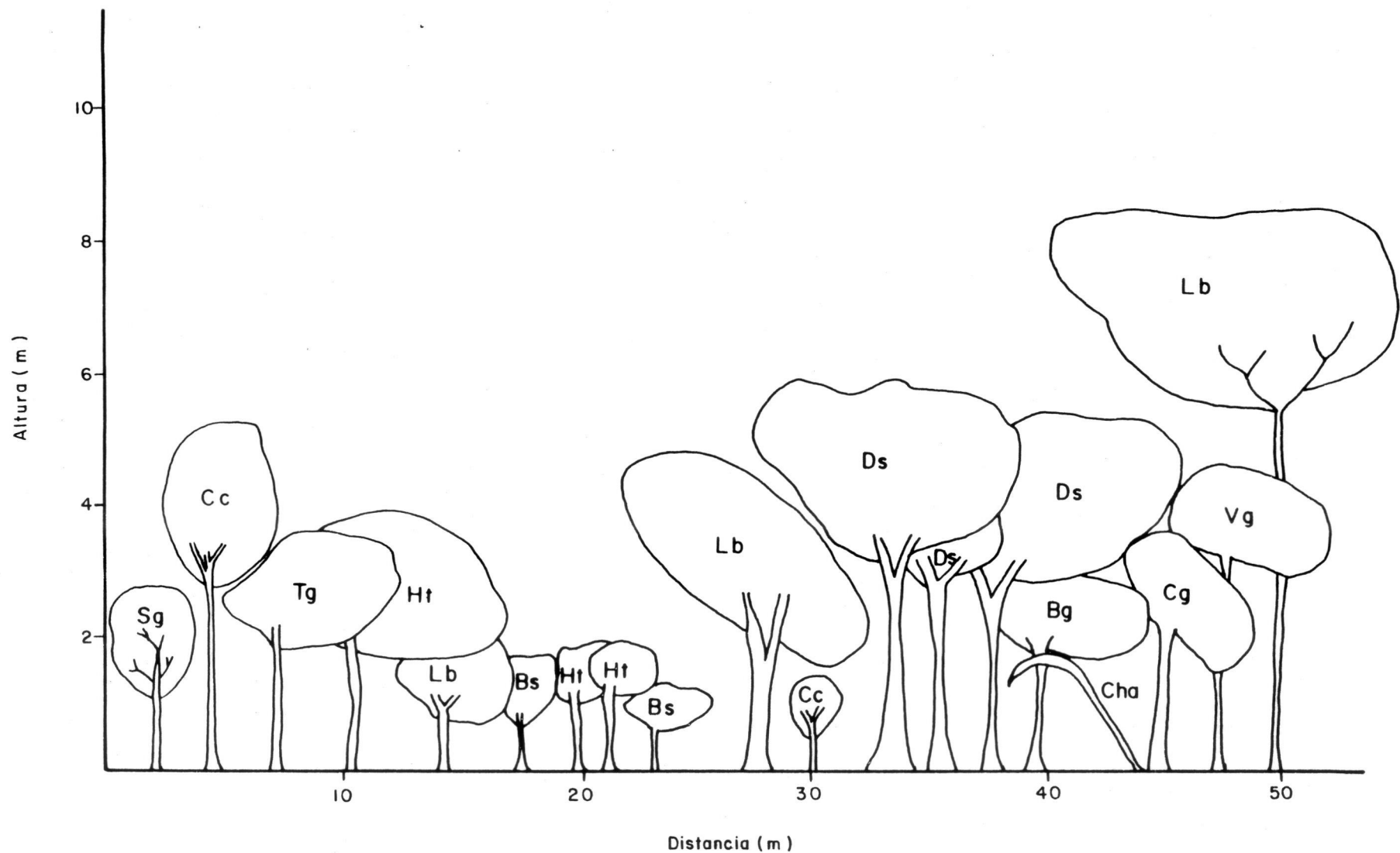


Figura 22. Estructura de la vegetación en un acahual de dos años aledaño a la zona afectada por disturbios en la zona norte de Quintana Roo.
 Sg - *Simaruba glauca*, Cc - *Coccoloba cozumelensis*, Tg - *Thevetia gaumeri*, Ht - *Hampea trilobata*, Lb - *Lysiloma bahamensis*,
 Bs - *Bursera simaruba*, Ds - *Dipholis salicifolia*, Bg - *Bunchosia glandulosa*, Cg - *Caesalpinia gaumeri*, Cha - *Chioccoca alba*,
 Vg - *Vitex gaumeri*.

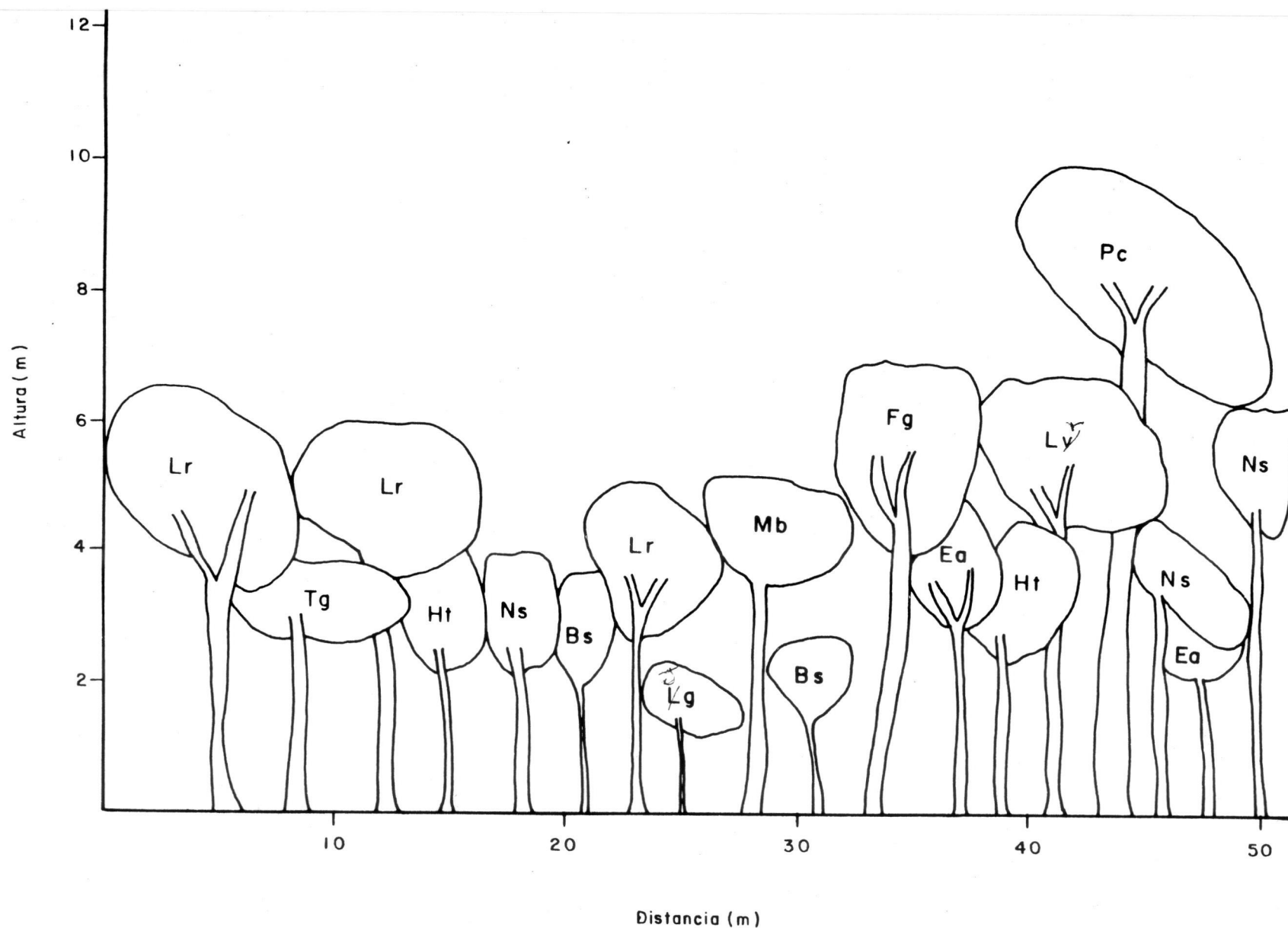


Figura 23. Estructura de la vegetación en un acahual de cinco años aledaño a la zona afectada por disturbios en la zona norte de Quintana Roo.
 Lr - *Lonchocarpus rugosus*, Tg - *Thevetia gaumeri*, Ht - *Hampea trilobata*, Ns - *Nectandra salicifolia*, Bs - *Bursera simaruba*,
 Jg - *Jatropha gaumeri*, Mb - *Metopium brownei*, Fg - *Ficus glaucescens*, Ea - *Eupatorium albicaule*, Pc - *Piscidia communis*.

6.5.1.2. Dominancia y Diversidad totales

Los Cuadros 23-26 y 27 (ANEXO III) presentan los valores de los índices de dominancia y diversidad para la vegetación remanente de los sitios afectados por el huracán Gilberto en 1988 y los incendios forestales de 1989.

Puede verse que entre los sitios 1 y 2, ubicados en Central Vallarta, existe una fuerte diferencia por lo que se refiere a la dominancia total de la comunidad; siendo sus valores, respectivamente, 7.92 y 0.41. Este es debido a que el primero presenta casi cuatro veces mas el número de especies sobrevivientes a los disturbios que el segundo.

Lo anterior se explica porque como ya se ha venido mencionando, el sitio uno solo fue afectado levemente por la acción del viento, lo que permitió que permanecieran un mayor número de individuos en los estratos superiores; mientras que en el sitio 2, los daños fueron ocasionados tanto por el viento como por el fuego, aunque de manera moderada, ocasionando una mayor muerte de los árboles adultos.

Por otra parte, mientras que en el sitio 1 la comunidad se encuentra dominada por el chechem negro (*M. brownei*) y el guayabillo (*P. sartorianum*), los cuales ocupan el 90.66 % de la dominancia total; en el sitio 2, prácticamente, domina el chechem negro (*M. brownei*) con un 97.56 %.

Esto puede indicar que *M. brownei* es capaz de sobrevivir tanto a huracanes como al fuego en estado adulto, pero *P. sartorianum* es más tolerante a la acción del viento que al fuego ya que aparece abundantemente (590 ind./ha.) en los estratos superiores de la comunidad en el sitio uno, pero en el sitio 2 no aparece.

Por lo que respecta a la diversidad, una medida directamente relacionada con la dominancia, el sitio uno presenta también valores más altos de índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson que el dos, correspondiendo al 52 y 36 % de la diversidad total, respectivamente. Lo anterior se atribuye también al menor grado de afectación por

los disturbios en el primero que en el segundo; además de que en el sitio uno la formación de claros por la caída de ramas y algunos árboles permitió el desarrollo de especies que se encontraban reprimidas.

Aunque existe dominancia de algunas especies en ambos sitios, lo cual indicaría una baja diversidad, debido al mayor número de especies en bosques tropicales no existe una relación tan marcada como en el caso de bosques templados.

Por otra parte, los sitios tres y cuatro, ubicados en la zona de Pozos, en donde las condiciones de afectación sobre la vegetación fueron las mismas que en los sitios anteriores, solo que en mayor intensidad, se puede observar que el primero presenta un único individuo de zapote (*M. zapota*) en los estratos superiores, debido a que este sitio fue dañado por la acción del viento y del fuego de manera intensa. Tal hecho, ocasiona que no existe dominancia en la comunidad (Cuadro 25), ya que este individuo no tiene con quien competir por los recursos disponibles.

Por el contrario, el sitio 4, a pesar de haber sido fuertemente afectado por acción del viento permitió la permanencia de 27 especies arbóreas en los estratos superiores en donde el chit (*Thrinax radiata*) y el zapote (*M. zapota*) son las especies dominantes, ocupando en su conjunto el 83.6 % de la dominancia total de la comunidad.

Como puede verse, *M. zapota* se encuentra nuevamente entre las especies sobrevivientes tanto a la acción del viento como del fuego es estado adulto; lo cual concuerda con lo obtenido por Snook (1993) en un bosque tropical de la zona centro del estado en donde concluye que esta especie sobrevive mejor que otras especies a ambos disturbios.

En este estudio algunas especies que logran sobrevivir mejor a la acción del viento que del fuego son *P. unilocularis* (zapotillo), *B. alicastrum* (Ramón) y *Simarouba galuca* (Pa'saak).

Por lo que respecta a la diversidad en el sitio tres debido a la casi nula presencia de individuos en la vegetación remanente, la diversidad también es nula, como era de esperarse; sin embargo, el sitio cuatro al igual que el uno resulta entre los valores más altos de diversidad, ésto se debe probablemente a que estos sitios presentaron el mismo tipo de disturbio aunque en diferentes intensidades.

Lo anterior pareciera indicar que la vegetación arbórea resiste más a los daños ocasionados por viento que por fuego, ya que como lo indica Whigham *et al.* (1991) la mayoría de los árboles de la estructura remanente en esta zona se recuperó rápidamente; el mismo autor menciona que hubo mayor mortalidad ocasionada por el fuego que por el huracán. De hecho, fuertes incendios pueden destruir el bosque a tal grado que requerirán de siglos para restaurarse completamente (Bruenig, 1989).

Comparando estos valores con los obtenidos por otros autores (Cuadro 27, ANEXO III) para diferentes tipos de bosques tropicales de México y otras regiones del mundo, se puede decir que los valores se encuentran dentro de los “rangos” aceptable e inclusive si se toma en cuenta la superficie muestreada éstos resultan ser más altos que los obtenidos para otros estudios. Esto indica que en la zona de estudio existe una alta diversidad de especies forestales lo que a su vez explica la poca dominancia de algunas especies en el área.

6.5.1.3. Densidad total

Los Cuadros 6 y 9 muestran las especies presentes en los sitios uno y dos, así como sus densidades por hectáreas. Es claro observar que debido al mayor número de especies en el primero que en el segundo, por consiguiente la densidad total es más alta (siete veces más), lo cual se debe nuevamente a que el sitio uno fue afectado por la acción de un solo evento; mientras que el sitio dos fue dañado por la acción combinada de dos

Cuadro 27. Número de individuos, especies y valores de diversidad reportados por distintos autores para bosques tropicales de América.

Fuente	Localidad	Tipo de vegetación	Superficie muestreada	D.N. utilizado	Número de individuos	Número de especies	Índice de Diversidad	
							H	D
Forman y Hahn, 1980	Islas Virgenes, U.S.A.	Caribbean semievergreen forest	4 Ha.	10 cm	132	28	4.37	
Thorington <i>et al.</i> , 1982	Isla Barro Colorado, Panamá	Viejo bosque secundario	5 Ha.	19 cm	856	112	3.81	
Meave del Castillo	Bonampak, Chiapas	Selva alta perennifolia	1 Ha. (4 sitios de 2,500 m ²)	3.3 cm	1,893	267	4.38	0.68
							5.44	0.85
							4.98	0.80
							4.25	0.68
Sánchez, 1987	Uxpanapa, Veracruz	Selva alta perennifolia	1 sitio de 1.5 Ha. y 4 sitios de 2,500 m ² (2 Ha.)	3.3 cm	318	56	4.95	0.95
					429	47	4.36	0.92
					414	52	4.76	0.94
					335	44	4.55	0.93
					144	38	4.60	0.94
Vázquez, 1991	Uxpanapa, Veracruz	Selva alta perennifolia	5 Ha	28.5 cm	545	264	1.57	0.96
					93*	35*	1.44*	0.97*
					99*	32*	1.30*	0.93*
					115*	37*	1.50*	0.97*
					116*	40*	1.44*	0.96*
					123*	39*	1.40*	0.95*
Vera, 1988	Chimalapa, Oaxaca	Selva alta perennifolia	5 Ha	27.5 cm	654	62	1.54	0.91
					156*	28*	1.99	0.90*
					136*	25*	1.10*	0.86*
					104*	35*	1.31*	0.92*
					132*	29*	1.18*	0.90*
					126*	34*	1.26*	0.91*

* = Valores por Hectárea

H = Índice de Diversidad de Shannon-Wiener

D = Índice de Diversidad de Simpson

fenómenos de disturbio natural. Algunas especies en común son *M. zapota*, *B. lanceolata*, *L. bahamensis*, *T. floressi* y *C. spicata*, aunque en general presentan mayores densidades en el sitio uno que en el dos.

Por lo que respecta a la densidad total por hectárea en los sitios ubicados en la zona de Pozos, en el sitio uno existe una bajísima densidad (10 ind./ha.) correspondiente a *M. zapota*, mientras que en el sitio cuatro, a pesar de haber sido intensamente afectado por el huracán Gilberto, además de presentar un mayor número de especies, presenta una densidad total en la estructura remanente mucho mayor que el sitio anterior; lo cual se debe a que el primero fue dañado por la fuerte acción tanto del viento como del fuego, pero al segundo solo lo afectó el viento.

Cabe resaltar que en el sitio cuatro *M. zapota* se encuentra también entre las especies más abundantes. Si comparamos estos sitios con los de Central Vallarta, esta especie resulta estar entre las especies con valores más altos de densidad, lo cual nos habla de su alta tolerancia a huracanes y a fuego.

6.5.1.3. Complejidad

El Cuadro 28 muestra los valores de densidad, área basal, altura promedio y número de especies por sitio, así como sus valores de índice de complejidad para las cuatro condiciones de estudio. Siendo los valores de complejidad para los sitios que fueron afectados de manera ligera y fuerte por el huracán Gilberto de 204.91 y 233.51, respectivamente. Tales valores están muy cercanos a los propuestos por Holdridge (1979) para zonas boscosas tropicales (270-360) que no han sido perturbadas.

De la misma forma que en los parámetros anteriores, se puede observar que si se comparan los valores de complejidad del sitio uno con los del sitio dos, existe una mayor

Cuadro 28. Índice de Complejidad para la vegetación secundaria derivada de un bosque tropical subperennifolio en la zona del estado de Quintana Roo.

SITIO	NUM. ESP.	ALT.PROM.	DENSIDAD	A. BASAL	IND. COMP.
1	26	16.0	180	3.12	233.51
2	7	14.8	28	0.74	2.14
3	1	10.0	1	0.08	0.00
4	28	19.3	129	2.94	204.91

complejidad en el sitio uno que en el dos, lo cual se debe a que como en el primero el impacto por acción del viento fue moderada, no se afectó grandemente el proceso sucesional, por lo que esta comunidad se encuentra en un estado sucesional más avanzado que el sitio uno e inclusive que los otros dos de la Zona de Pozos, siendo además, por lo tanto, la comunidad más estable.

Siendo el sitio tres el que presenta los valores más bajos de complejidad (0.00) debido a que fue éste el más afectado por el viento y por el fuego. De la misma forma que el sitio uno El cuatro se encuentra entre los valores más altos de complejidad. Esto indica que la vegetación remanente se recupera más rápidamente de los daños por huracán que por fuego.

El hecho de que los primeros sean inferiores a los segundos puede deberse a que estas comunidades se encuentran en estados sucesionales avanzados, sin alcanzar aún la madurez.

Para los sitios afectados por fuego en diferentes intensidades, la complejidad es de nula a muy baja (2.14), lo cual se debe a que, además de haber sido fuertemente dañadas estas comunidades, los valores de densidad y área basal son muy bajos, ocasionados por los daños sobre el suelo y la vegetación misma.

6.5.2. REGENERACIÓN

6.5.2.1. Dominancia y Diversidad totales

Los Cuadros 7 y 11 muestran los valores de Índice de Diversidad de Sarukhán para los sitios ubicados en Central Vallarta. Es claro observar que aunque en cada sitio en

particular existe una cierta dominancia de algunas especies entre ellos no existen diferencias significativas

Debido a que ambos se encuentran en estados tempranos de la sucesión tomando en cuenta el tiempo desde la ocurrencia de los disturbios, en ellos se encuentran especies pioneras de rápido crecimiento como el guarumo (*Cecropia peltata*) y el X-canan (*Hamelia patens*). En ambos sitios el laurelillo (*N. salicifolia*) se encuentra en el segundo lugar de dominancia.

Por el contrario al comparar los sitios 3 y 4 ubicados en la Zona de Pozos, existe una fuerte diferencia, siendo la dominancia total del segundo tres veces mayor que el primero. Esto se debe a que como el sitio tres fue el más fuertemente afectado de todos los sitios estudiados se está recuperando más lentamente que los otros tres. Siendo el sitio cuatro el que presenta la mayor dominancia.

Como en los sitios anteriores, en estos últimos *Nectandra salicifolia* se encuentra entre las especies dominantes, lo cual podría indicar una buena resistencia de esta especie tanto al huracán como al fuego.

Apesar de que los cuatro sitios fueron impactados de diferente manera a intensidades distintas, no existen diferencias significativas en cuanto a diversidad en las cuatro condiciones de estudio.

6.5.2.2. Densidad total

Como ya se ha mencionado, de las cuatro condiciones estudiadas los sitios 3 y 4 son los que presentan las menores y mayores densidades por especie totales en general, lo cual se debe a que debido a los fuertes daños sufridos por el primero tanto sobre la

vegetación como sobre el suelo, la recuperación del lugar se ha llevado a cabo más lentamente; mientras que el segundo, al abrirse el dosel por la caída de ramas y árboles de doseles superiores permitió la germinación de las semillas almacenadas en el suelo y el desarrollo de plántulas y plantas jóvenes de especies arbóreas que se encontraban suprimidas en el sotobosque por la falta de entrada de luz hacia el piso forestal.

6.5.2.3. Dinámica de la regeneración

La Figura 24 muestra el comportamiento de la regeneración de las especies en la zona de estudio, puede verse que como mencionan Gómez Pompa y Vázquez-Yañez (1985) y Rico (1983) al principio de la sucesión existe una fuerte dinámica en cuanto al número de individuos y especies que van ingresando y desapareciendo del ecosistema pero que conforme avanza este proceso se va tendiendo a la estabilidad.

En general, puede observarse que como era de esperarse al inicio de la sucesión el número de especies es menor comparado con el número de individuos, pero conforme avanza la sucesión el número de especies va aumentando paulatinamente.

Aunque quemadas severas pueden destruir la capacidad de rebrotar, las plántulas e individuos jóvenes casi siempre sobreviven a disturbios tales como tormentas, aprovechamientos o ataque de insectos, los cuales generalmente matan a los árboles adultos más que a la vegetación del sotobosque.

Sin embargo, como puede verse para el caso del sitio tres, cuya vegetación fue dañada por fuego, la regeneración sufre una fuerte disminución en el número de especies, incrementándose éste paulatinamente conforme transcurre la sucesión; tal hecho se explica porque a diferencia del viento, el fuego daña principalmente a los individuos más

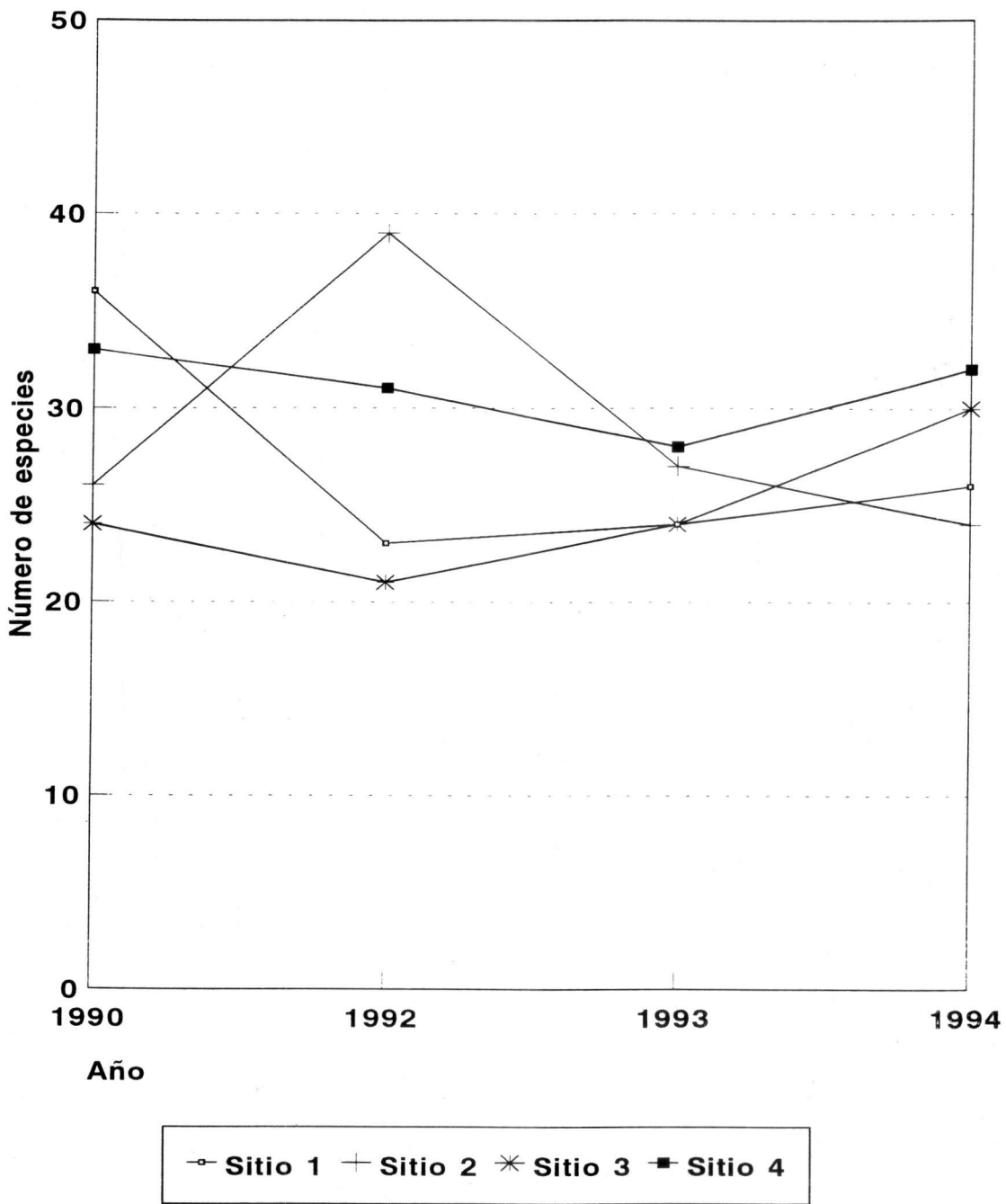


Figura 24. Número de especies presentes en la regeneración natural a través del proceso sucesional a cinco años de ocurridos los disturbios en el norte de Quintana Roo.

Si se compara este sitio con los otros tres, es notorio observar que con excepción del sitio cuatro, el cual también fue afectado por el huracán sólo que de manera más intensa, presenta las más altas densidades de árboles en pie, lo cual se debe a que como efecto del huracán sobre la vegetación y el suelo fue leve, no hubo una gran caída y muerte de los árboles de los estratos superiores; sin embargo, en los sitios dos y tres, cuya vegetación fue afectada por ambos disturbios en diferentes intensidades, ésto provocó una muerte mayor de los árboles adultos y el sotobosque.

Asimismo, es posible observar en el sotobosque una gran abundancia de chit (*Thrinax radiata*), una especie de palma que muestra un patrón muy especial de desarrollo, lo cual hace pensar que pareciera que ésta juega un papel fundamental en la dinámica del bosque, ya que además de ser una especie tolerante a la sombra, de rápido crecimiento, alcanza una altura máxima de aproximadamente 10 m en un periodo de vida relativamente corto (ocho años), que al morir deja un hueco en el piso forestal, el cual pudiera servir como madriguera para algunos animales del bosque o bien como una fuente de almacenamiento de agua.

7. CONCLUSIONES

La vegetación predominante en la zona de estudio corresponde a comunidades secundarias derivadas de un bosque tropical subperennifolio (según los criterios de Rzedowski, 1988) en diferentes estados sucesionales, siendo los sitios afectados por la acción del viento los menos dañados y por tanto los más avanzados (Cuadro 29).

El 74 % de la vegetación de la región corresponde a especies leñosas (árboles y arbustos), encontrándose dentro de las especies dominantes de los estratos superiores representantes de la vegetación original como *Manilkara zapota* (zapote), *Psidium*

sartorianum (guayabillo) y *Talisia floresii* (Kolock). *Manilkara zapota* sobrevive mejor que otras especies a la acción del huracán y del fuego.

Cuadro 29. Principales características de la vegetación remanente para cada uno de los sitios afectados por el huracán Gilberto y los incendios de 1989 en la zona norte de Quintana Roo.

SITIO	A.B. (M ²)	No. DE ESP..	DENSID.	I. D.	H	D	I. C.
1	3.10	23	2,010	7.92	3.46	0.85	233.51
2	0.66	7		0.41	2.00	0.77	2.14
3	0.00	1		0.00	0.16	0.00	0.00
4	3.11	27		3.23	3.24	0.79	204.91

Existe en general, una buena regeneración, ya que la mayor parte de las especies de los estratos superiores se encuentran representadas en la regeneración natural.

Aunque *Nectandra salicifolia* (laurelillo) no se encuentra en los estratos superiores, presenta una buena regeneración natural originda a partir de semilla, lo que indica que es una especie sucesional temprana, capaz de adaptarse a las condiciores generadas por los disturbios; *Thrinax radiata* (choit) es una especie reconstrutora sucesional intermedia capaz de sobrevivir a disturbios de intensidad moderada (Cuadro 30).

El huracán afecta de manera moderrada las características y estructura de la vegetación; mientras que el fuego en combinación con el viento las afecta fuertemente (Cuadro 31).

Los sitios 2 y 3 se encuentran en estados sucesionales más tempranos que el 1 y 4 debido al tipo y grado de afectación por los siniestros.

Los estudios de sucesión ecológica permiten conocer y evaluar la potencialidad biológica de una región determinada.

Cuadro 30. Especies más abundantes en la regeneración natural de la vegetación derivada de un bosque tropical perennifolio afectado por el huracán Gilberto y los incendios de 1989 en el norte de Quintana Roo.

ESPECIE	SITIO 1	SITIO 2	SITIO3	SITIO4
<i>Nectandra salicifolia</i>	9,600	4,000	10,800	9,600
<i>Psidium sartorianum</i>	8,800	3,200	4,000	6,400
<i>Ardisia revoluta</i>	2,000	4,400	1,600	3,200
<i>Talisia floressi</i>	4,400	6,000	-----	9,200
<i>Bunchosia lanceolata</i>	2,400	1,600	10,400	-----
<i>Hamelia patens</i>	9,200	11,600	400	1,200
<i>Manilkara zapota</i>	1,200	2,800	800	-----
<i>Metopium brownei</i>	-----	4,000	-----	1,200
<i>Malvaviscus arboreus</i>	6,800	1,600	-----	2,400
<i>Thrinax radiata</i>	5,600	-----	-----	400

Cuadro 31. Principales características de la regeneración natural para cada uno de los sitios sfectados por el huracán Gilberto y los incendios de 1989 en la zona norte de Quintana Roo.

SITIO	COBERT. (cm ²)	No. DE ESP.	DENSID.	I. D.	H	D
1	38.45	23	70,600	844.88	3.91	0.92
2	27.14	24	70,600	958.98	4.31	0.93
3	31.88	23	53,800	807.80	3.06	0.94
4	50.55	30	87,500	2191.61	3.78	0.90

8. LITERATURA CITADA

- Barbour, G. M.; H. Burk and D.W. Pitts. 1980. Terrestrial plant ecology. Benjamín Cummings Publishing Company. 603 p.
- Blood E.; R. Anderson; J. Smith; C. Nybro and A. Ginsberg. 1991. Effects of Hurricane Hugo on coastal soil solution chemistry in South Carolina. *Biotropica* 23 (4a): 348-355.
- Brokaw, N. V. L. & J.S. Grear. 1991. Forest structure before and after hurricane Hugo at three elevations in the Luquillo Montains, Puerto Rico. *Biotropica* 23 (4a):386-392.
- _____ & L. R. Walker. 1991. Summary of the effects of Caribbean hurricanes on vegetation. *Biotropica* 23 (4a):442-446.
- Buenig, E. F. 1989. Use and misuse of tropical rain forest. *In: Ecosistemas of the world* 14B. Tropical Rain Forest, Biogeographycal and Ecological Studios. Ed. by H. Lieth and M.J.A Werger. Elseir Vol. 2. Amsterdam.
- Budowski, G. 1963. Forest succession in tropical lowland. *Turrialba* 15:42-44.
- _____ 1965. Distribution of tropical american rain forest species in the light of successional process.
- Butterlin, J. M. y F. Bonet. 1963. Las formaciones cenozoicas de la Península de Yucatán. *Ingeniería Hidráulica en México*. Instituto de Geología, UNAM. México.
- Cabrera C., E.F. Sousa y O. Téllez V. 1992. Imágenes de la flora quintanarroense. CIQRO/Instituto de Biología, UNAM. Puerto Morelos, Quintana Roo. México. 223 p.
- Campbell, R.S. 1929. Vegetative succession in the *Prosopis* sand dunes of southern New Mexico. *Ecology* 10 (4). 392-398.

- Centeno E., L.R. 1989. Análisis estructural de cuatro etapas sucesionales de la selva mediana subperennifolia en la región de Escárcega, Campeche. Tesis de Lic. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 178 p.

- Clark, D. B. 1990. The role of disturbance in the regeneration of neotropical moist forests. *In*: Bawa K. S. & M. Hadley (eds.) Reproductive ecology of tropical forest plants. MAB/UNESCO. Paris. 421 p.

- Clements, F. E. 1916. Plant succession: an analysis of the development of vegetation. Carnegie Inst. Washington Pub. No. 242. 512 p.

- Colinvaux, P.A. 1978. Por qué son escasas las fier. Blume. Barcelona, España. 95-107 pp.

- _____. 1993. Introducción a la ecología. Limusa. México. 679 p.

- Colmenero R., L. C.; J. J Palma G.; A. Ferreira N. 1990. Medio ambiente y desarrollo en Quintana Roo. Grupo ecologista del Mayab. Cancún, Quintana Roo, México. 137 p.

- Connell, J. H. y R. O. Slatyer. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *American naturalist* 3(982):1119-1144.

- Cox, W. G. 1980. Laboratory manual of general ecology. Brown Co. Dubuque, Iowa. E. U. A. 232 P.

- Crawley, M. J. 1986. Plant ecology. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London. 496 p.

- Chavelas P., J. 1982. Catalogo de nombres comunes de plantas recogidas por la Comisión de Estudios sobre la Ecología de Dioscoreas. Cuaderno No. 6. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. 267 p.
- Dansereau, P. 1957. Biogeography: an ecological perspective. The Royal Press, New York. 394 p.
- Daubenmire, R. 1972. Some ecologic consequences of converting forest to savanna in northwestern Costa Rica. Trop. Ecol. 13(1):31-51.
- Drury, W. H. & J. C. Nisbet. 1973. Succession. Journal of the Arnold Arboretum 54:331-368.
- Emmel, T. C. 1975. Ecología y biología de las poblaciones. Interamericana, México. 182 p.
- Escoto P., J. C. 1987. Estudio florístico-sinecológico de una selva mediana subperennifolia en la parte central de Quintana Roo. Resis de Lic. Fac. de Agric., Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. 96 p.
- Frangi, J. L. & A. E. Lugo. 1991. Hurricane damage to a flood plain forest in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Biotropica 23(4a):324-335.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª de.. Instituto de Geografía, UNAM. México. 217 p.
- García C., X.; B. Rodríguez S.; J. Chavelas P. y J. C. Escoto P. 1990. Evaluación de áreas afectadas por el huracán Gilberto e incendios forestales en Quintana Roo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, México.
- _____. 1992. Regeneración antural en sitios afectados por el huracán Gilberto e incendios forestales en Quintana Roo. Rev. Ciencia Forestal en México 17(72):75-99.

- _____ . 1992. Regeneración natural a tres años del paso del huracán Gilberto e incendios forestales en Quintana Roo. Trabajo presentado en el II Congreso Forestal Mexicano. México. 10 p.
- García G., A. 1983. Algunos aspectos de los ciclos de vida de las especies arbóreas tropicales de diferentes estados sucesionales. *In: Regeneración de selvas. Vol I.* INIREB, Xalapa, Veracruz. México. 676 p.
- Gleason, H. A. 1927. Further views on the succession concepts. *Ecology* 8 (3):292-326.
- Gómez-Pompa, A. 1971. Posible papel de la vegetación secundaria en la evolución de la flora tropical. *Biotropica* 3(2):125-135.
- Gómez-Pompa, A. y C., Vázquez-Yañez. 1983. Estudio sobre la sucesión secundaria en los trópicos cálido-húmedos: el ciclo de vida de las especies secundarias. *In: Regeneración de selvas. Vol I.* INIREB, Xalapa, Veracruz. México. 676 p.
- Gómez-Pompa, a.; s. Del Amo R.; Vázquez-Yañez y A. Butanda C. 1983. Introducción general a la regeneración en selvas. *In: Regeneración de selvas. Vol I.* INIREB, Xalapa, Veracruz. México. 676 p.
- Gómez -Pompa, A. y Wiechers, B. L. 1983. Regeneración de los ecosistemas tropicales y subtropicales. *In: Regeneración de selvas. Vol I.* INIREB, Xalapa, Veracruz. México. 676 p.
- Gómez-Pompa, A. y C. Vázquez-Yañez. 1985. Estudios sobre la regeneración de selvas en regiones cálido-húmedas de México. *In: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas de Veracruz, México. Vol II.* INIREB/Alhambra Mexicana. México. 421 p.
- Granados S., D. y A. Ortega S. 1993. Sucesión ecológica: dinámica del ecosistema. Universidad Autónoma Chapingo (Inédito). México. p.
- _____ y R. Tapia V. 1992. Comunidades vegetales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

- Guariguata, M. R. 1990. Landslide disturbance and forest regeneration in the upper Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Journal Ecology* 78:814-832.
 - Hall, J. B. and D. U. U. Okali. 1979. A structural and floristic analysis of woody fallow vegetation near Ibadan, Nigeria. *Journal of Ecology* 67:321-346.
 - Halffter, G. 1992. Diversidad biológica y cambio global. *Ciencia y Desarrollo* 18 (104):33-38.
 - Hartshorn, G. S. 1978. Tree falls and tropical forest dynamics. In: Tomlinson P. B. & Zimmerman, M. H. (eds.) *Tropical trees as living systems*. Cambridge University Press, Cambridge. 617-638 pp.
 - _____. 1989. Gap-phase dynamics and tropical trees richness. In Holm-Nielsen L. B., Y. C. Nielsen & H. Balslev (eds). *Tropical forests: botanical dynamics, speciation and diversity*. Academic Press. London. 65-73 pp.
 - Holdridge, L. R. 1979. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. 216 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias/Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos/Gobierno del Estado de México. 1990. Establecimiento de sitios permanentes para investigación y recuperación en áreas afectadas por el ciclón Gilberto. Chetumal, Quintana Roo, México. p.
- Jauregui, E.; Vidal, J. F. Cruz. 1980. Los ciclones y tormentas tropicales en Quintana Roo durante el período de 1971-1978. In. Memoria del Simposium "Quintana Roo: Problemática y perspectiva". CIQRO/Instituto de Geografía, UNAM. México. 47-63 pp.
 - Kauffman, J. B. 1991. Survival by sprouting following fire in tropical forests of the eastern Amazon. *Biotropica* 23(3):219-224.
 - Keshaw, K. A. 1964. *Quantitative and dynamic ecology*. De. Arn. Pub. Co. Ltd. London. 183 p.

- Kenoyer, L. A. 1929. General and successional ecology of the lower tropical rain-forest at Barro Colorado Island, Panamá. *Ecology* 10(2):201-222.
- Kimmins, J. P. 1987. *Forest ecology*. McMillan Publishing Company. New York. 531 p.
- Knockaert, H. P.; J. Ramírez R.; A. Nolasco M.; A. Islas S.; C. Tejeda G. y J. L. Meléndez. 1991. Prevención y control de incendios forestales en la región norte del estado de Quintana Roo. Proyecto FAO/PCT/Méx./0054 (A). SARH/FAO. Cancún, Quintana Roo, México. 139 p y anexos.
- Kramer, P. J. & T. T. Kozlowski. 1979. *Physiology of woody plants*. Academic Press, Inc. New York. 811 p.
- Kucera, c. l. 1983. *El reto de la ecología*. Continental, S. A. de C. V. México. 223p.
- Lamprech, H. 1989. *Silviculture in the tropics*. Deutsche Gesellschaft für Technicsche Zusammenarbeit (GTZ), GmbH. Alemania. 296 p.
- Larsen, J. A. 1929. Firest and forest succession in the Bitterroot Montains of Northern Idaho. *Ecogy* 10(1):67-76.
- Levy T., S. 1990. Sucesión secundaria en Yucatán. Antecedentes para su manejo. Trsis de Maestría especialista en Botánica. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 173 p.
- Lodge, D. T. & W. H. Mcdowell. 1991. Summary of ecosystems-level effects on Caribbean hurracanes. *Biotropica* 23(4a):373-378.
- López-Portillo, J; M. R. Keyes; A. González; E. Cabrera C. y O. Sánchez. 1990. Los incendios de Quintana Roo: ¿Catástrofe ecológica o evento periódico?. *Ciencia y Desarrollo* 16(91):43-57.
- Luken, J. O. 1990. *Directing ecological succession*. Chapman aqnd Hall. London. 251 p.

- Macario M., P. A. 1991. Repoblación en una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo bajo aprovechamiento forestal. Tesis de Maestría es pecialista en Botánica. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. 130 p.
- _____; S. A. Torres P. y L. Serralta P. 1992. Estructura y composición de una selva mediana subperennifolia de San Felipe Bacalar, Quintana Roo, México. *AviCient* 4:3-11.
- Margaleff, R. 1963. Succession of populations. *Adv. Frontiers of Plant. Science* 2:137-188.
- _____. 1968. *Perspectives in ecological theory*. University of Chicago Press, Chicago. 112 p.
- Martínez-Ramos, M. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. *In: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas de Veracruz, México. Vol II. INIREB/Alhambra Mexicana. México. 421 p.*
- _____; E. Alvarez B.; J. Sarukhán K. and D. Piñero. 1988. Treefall age determination and gap dynamics in the tropical forest. *Journal of Ecology* 76:700-716.
- Matteuci, S. D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos/Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D. C. 168 p.
- Morales J., J. 1993. Los huracanes en la Península de Yucatán. Cálizas Industriales del Carmen, S. A., Gobierno del estado de Quntana Roo. Quintana Roo, México.
- Muller-Dumbois, D. & H. Ellenberg. 1974. *Aims and mwthods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons. New York, U S. A. 550 p.
- Negreros C., P. 1991. Ecology and management of mahomany (*Swietenia macrophylla* King.) regeneration in Quintana Roo, México. Doctoral Dissertation, Iowa State University, Ames. 125 p.

- Noble, Y. R. & R. O. Slatyer. 1980. The use the vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. *Vegetatio* 43:5.21.
- Nolasco M., A.; A. Islas S.; C. Tejeda G.; J. L. Melendez V. 1991. Prevención y control de incendios forestales en la región norte del estado de Quintana Roo. SARH/FAO. Proyecto FAO PCT/México/0054 (A). Cancún, México.
- Nolasco M., A. 1993. La protección contra incendios forestales en el estado de Quintana Roo. Memoria de experiencia profesional. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- North American Forestry Commission. 1989. Hurricane Gilbert impact on the forest of Quintana Roo, Mexico. Technical Assistance Project for North American Forestry Commission. 17 p.
- Nuñez-Farfán, J. y R. Dirzo. 1985. Herviboria y sucesión en una selva alta perennifolia. *In: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas de Veracruz, México. Vol II. INIREB/Alhambra Mexicana. México. 421 p.*
- Odum, E. P. 1986. Fundamentos de ecología. Nueva Editorial Interamericana. 424 p.
- Oldeman, R. A. A. 1989. Dynamics in tropical rain forest. *In: Holm-Nielsen L. B., Y. C. Nielsen & H. Balslev (eds). Tropical forest: botanical dynamics, speciation and diversity. Academic Press. London. 3-21 pp.*
- Patiño V., F. y J. Marín Ch. 1991. Regeneración y manejo de selvas. *In: IV Reunión Anual del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias en el estado de Veracruz. 231-256 p.*
- Pnnington, T. D. y J. Sarukhán K. 1968. Manual para la identificación de los principales árboles tropicales de México. INIF/FAO. MÉXICO. 413 p.
- Ramírez, J. R. 1991. Prevención y control de incendios forestales en la región norte del estado de Quintana Roo. Informe presentado por el consultor de la FAO con la colaboración de Alfredo Nolasco Morales. SARH/FAO.

- Ramos P., J. M.; M. Delgado R.; S. del Amo y E. Fernándezx. 1982. Análisis estructural de un área de vegetación secundaria en Uxpanapan, Veracruz. *Biotica* 7(1):7-29.
- Reilly, A. E. 1991. The effects of hurricane Hugo in three tropical forest in the U. S. Virgin Islands. *Biotropica* 23 (4a):
- Rico B., M. y A. Gómez-Pompa. 1983. Estudio de las primeras etapas sucesionales de una selva alta perennifolia en Veracruz, México. *In: Regeneración de selvas. Vol I.* INIREB, Xalapa, Veracruz. México. 676 p.
- Richards, P. W. 1979. The tropical rain forest. An ecological study. Cambridge University Press. New York. 450 p.
- Rodríguez F., C.; G. Vera C.; F. Carrillo A.; J. Chavelas P.; J. C. Escoto P. Y C. Parraguirre L. 1989. Evaluación de daños en el área afectada por el huracán "Gilberto" y el incendio ocurrido en el presente año. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Inédito. México. 79 p.
- Rodríguez t.; D. A. 1989. Nociones de ecología forestal. *In: Memoria del I Congreso Forestal Mexicano.* México. 581-611 pp.
- Rzedowski, J. 1988. Vegetación de México. Limusa, México. 432 P.
- Sánchez V., L. R. 1988. Sucesión forestal en la Sierra de Manatlán, Jalisco, México. Tesis de Maestría especialista en Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 54 p.
- Sandford Jr., R. L.; W. J. Parton: D. S. Ojima and D. J. Lodge. 1991. Hurricane effects on soil organic matter dynamics and forest, Puerto Rico: results of simulation modeling. *Biotropica* 23 (4a):364-372.
- Sarukhán K., J. 1964. Estudio sucesional de un área talada en Tuxtepec, Oaxaca. *In: Comisión de Estudios sobre la Ecología de Dioscoreas, SAG/SFF/INIF, México. Pub. Esp. No. 3.* 107-172 pp.

- _____. 1968. Análisis sinecológico de una selva de *Terminalia amazonia* en la planicie costera del Golfo de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo. México.
- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1988. El huracán Gilberto en la Península de Yucatán: impacto y acciones de restauración y protección forestal. Distrito de Desarrollo Rural No. 3. Cancún, Quintana Roo, México-
- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1989a. Informe general de las actividades realizadas por el personal técnico especializado en el combate de incendios forestales. Distrito de Desarrollo Rural No. 3, Delegación en Quintana Roo. Cancún, México.
- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1989b. Resumen técnico de la evaluación de daños causados por el huracán Gilberto y el incendio ocurrido en el presente año en Quintana Roo. Distrito de Desarrollo Rural No. 3. Cancún, México.
- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1989c. Prevención de incendios forestales "Programa para la realización de brechas cortafuego y quemas controladas en la región norte de Quintana Roo, afectada por el huracán Gilberto": Anteproyecto de la Subsecretaría Forestal. Dirección General de Protección Forestal.
- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1989d. Programa de prevención y combate de incendios forestales en el área afectada por el huracán "Gilberto" en el norte de Quintana Roo, Subdelegación Forestal. Programa de Sanidad y Protección Forestal. Dirección General de Protección Forestal. México.
- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1992. Análisis de cambio en la ocupación de suelo entre 1987 y 1992 por comparación de imágenes Spot para la cuantificación del material combinado en las selvas del estado de Quintana Roo, México. Dirección General de Estadística.

- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1993. Propuesta preliminar para la modificación o levantamiento de la veda forestal en la zona norte del estado de Quintana Roo. Delegación Estatal en Quintana Roo. Distrito de Desarrollo Rural No. 3.

- Secretaria de Gobernación. 1987. Los municipios del estado de Quintana Roo. Colección: Enciclopedia de los municipios de México. México. 55 p.

- Secretaria de Programación y Presupuesto/Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1984e. Carta de uso de suelo y vegetación, Cancún. F16-8, Escala 1:250,000. Dirección General de Geografía.

- Secretaria de Programación y Presupuesto/Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1984d. Carta hidrológica de aguas superficiales, Cancún. F16-8, Escala 1:250,000. Dirección General de Geografía.

- Secretaria de Programación y Presupuesto/Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1984c. Carta edafológica, Cancún. F16-8, Escala 1:250,000. Dirección General de Geografía.

- Secretaria de Programación y Presupuesto/Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1984a. Carta topográfica, Cancún. F16-8, Escala 1:250,000. Dirección General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática.

- Secretaria de Programación y Presupuesto/Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1984b. Carta geológica, Cancún. F16-8, Escala 1:250,000. Dirección General de Geografía.

- Skutch, A. F. 1929. Early stages of plant succession following forest fires. Ecology 10(12):177-190.

- Snoot, L. K. 1993. Stand dynamics of mahogany (*Swietenia macrophylla* King.) and associated species after fire and hurricane in the tropical forests of the Yucatan Peninsula, Mexico. Doctoral Dissertation Yale University. 240 p.

- Sousa S., M. 1964. Estudio de la vegetación secundaria en la región de Tuxtepec, Oaxaca. *In: Comisión de Estudios sobre la Ecología de Dioscoreas, SAG/SFF/INIF, México. Publicación Especial No. 3. 91-105 pp.*
- _____ y E. F. Cabrera C. 1983. Listados florísticos México. II. Flora de Quintana Roo. Instituto de Biología, UNAM. México. 100 p.
- Tamayo L., J. 1991. Geografía moderna de México. 10ª edición. Trillas, México. 400 p.
- Tatoni, T.; F. Magnin; G. Bonin and J. Vaudour. 1994. Secondary successions on abandoned cultivation terraces in calcareous Provence. I - Vegetation and soil. *Acta Oecológica* 15(4):431-447.
- Transley, A. G. 1935. The use and abuse of vegetation concepts and terms. *Ecology* 16:284-307.
- UNESCO. 1980. Ecosistemas de bosques tropicales. UNESCO/CIFCA. Madrid/París.
- Vázquez-Yañez, C. 1983. Estudio sobre ecofisiología de la germinación en una zona cálido-húmeda de México. *In: Regeneración de selvas. Vol. Y. INIREB, Xalapa, Ver. México. 676 p.*
- _____. 1991. Flora vascular y diversidad de especies arbóreas del dosel superior (en una muestra de selva alta sobre sustrato kárstico en la zona de Uxpanapa). Universidad Veracruzana. Xalpa, Ver. 184 p.
- Vera C., P. 1988. Diversidad de árboles una selva alta perennifolia de Santa María Chimalapa, Oaxaca. Tesis de Lic. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM. Méxicp. 189 p.
- Vickery, M. L. 1991. Ecología de plantas tropicales. Limusa, México. 232 p.
- Walker, L. R. 1991. Tree damage and recovery from hurricane Hugo in Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. *Biotropica* 23 (4a):379-385.

- _____; D.J. Lodge; N. V. L. Brokaw and R. B. Waide. 1991. An introduction to hurricanes in the Caribbean. *Biotropica* 23(4a):313-316.
- Whigham, D. F.; I. Olmsted; E. Cabrera C. and M. E. Hartman. 1991. The impact of Hurricane Gilbert on trees, litterfall, and woody debris in a dry tropical forest in the northeastern Yucatan Peninsula. *Biotropica* 23(4a):434-441.
- Whitmore, T. C. 1978. Gaps in the forest canopy. *In*: Tomlinson P. B. y M. H. Zimmerman (eds.). *Tropical trees as living systems*. Cambridge University Press, Cambridge. 639-655 pp.
- _____. 1982. On patterns and process in forest. *In*: E. Y. Newman (eds.). *The plant communities as a working mechanisms*. Blackwell, Oxford. England. 45-58 pp.
- Wittaker, H. R. 1975. *Communities and ecosystems*. McMillan Pub., London. 385 p.

ANEXO I. Formato para la toma de información del arbolado remanente en los sitios afectados por el huracán Gilberto y los incendios de 1989 en el norte de Quintana Roo.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS
RED DE MANEJO INTEGRADO DE RECURSOS NATURALES FORESTALES, MEJORAMIENTO GENETICO
Y PLANTACIONES FORESTALES

DATOS DE CONTROL:

Municipio: _____

Predio: _____

Fecha: _____

Altitud: _____ m.s.n.m.. Exposición: _____ Profundidad del mantillo orgánico: _____ cm

No. de sitio: _____

No. Árbol	ESPECIE	D.N.	D.C.	A.T.	A.F.L.	Vigor	M.P.	Quemado	Plagado	No. brotes	Vigor de Brot.	Forma

D.N. = Diámetro normal

D.C. = Diámetro de copa

A.T. = Altura total

A.F.L. = Altura de fuste limpio

M.P. = Muerto en pie

ANEXO II. Formato empleado en la toma de la información ecológico-silvícola de la regeneración en los sitios de estudio.

**SECRETARIA DE RECURSOS AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAÚLICOS
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS
CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL SURESTE
CAMPO EXPERIMENTAL FORESTAL SAN FELIPE BACALAR**

SITIO: _____ HOJA: _____ FECHA: _____
 ANOTADOR: _____ A.S.N.M.: _____
 PEND.: _____ VEG.: _____ PERT.: _____
 DOSEL: _____ SUELO: _____ TEXT.: _____
 COLOR: _____ PROF.: _____ PEDREG.: _____
 ESTADO: _____ MUNICIPIO: _____ REGION: _____
 PARAJE: _____

[illegible]

Cuadro 22. Índice de Dominancia de Sarukhán para la estructura remanente en el sitio afectado por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendio (Central Vallarta), en la zona norte de Quintana Roo, a cinco años de los disturbios.

ESPECIE	ÁREA BASAL	DENSIDAD ABS.	FREC. ABS.	IND. DE DOMIN.
Chechem negro	0.87	0.04	100	3.67
Guayabillo	0.59	0.06	100	3.51
Zapote	0.45	0.01	70	0.28
Desconocida 1	0.15	0.02	70	0.23
Tzalam	0.34	0.01	60	0.14
Sacpáh	0.10	0.01	50	0.04
Chakáh	0.08	0.01	40	0.02
Boopchich	0.06	0.00	40	0.01
Guayancox	0.05	0.01	30	0.01
Boop	0.04	0.00	30	0.01
Ya'axnic	0.18	0.00	10	0.00
Kolok	0.02	0.00	20	0.00
Dzidzilche	0.02	0.00	20	0.00
Chechem blanco	0.01	0.00	20	0.00
Kanasín	0.03	0.00	10	0.00
Toyub	0.03	0.00	10	0.00
Yaití	0.02	0.00	10	0.00
Alamo	0.01	0.00	20	0.00
Chit	0.01	0.00	20	0.00
Pa'saak	0.01	0.00	10	0.00
Sac-chakáh	0.01	0.00	10	0.00
Kitanché	0.01	0.00	10	0.00
Sacocloc	0.01	0.00	10	0.00
Tastab	0.00	0.00	10	0.00
Akitz	-----	0.00	10	-----
Machiché	-----	0.00	10	-----
TOTAL	3.1	0.17	800	7.92

Cuadro 23. Índice de Dominancia de Sarukhán para la estructura remanente en el sitio afectado por el huracán Gilberto y los incendios de 1989 de manera moderada en el norte de Quintana Roo.

ESPECIE	ÁREA BASAL (m ²)	DENSIDAD ABS.	FREC. ABS.	IND. DE DOMIN.
Chechem negro	0.38	0.01	80	0.40
Zapote	0.15	0.00	20	0.01
Desconocida 1	0.07	0.01	10	0.00
Tzalam	0.01	0.00	10	0.00
Kolok	0.03	0.00	10	0.00
40	0.02	0.00	10	0.00
Boopchich	0.00	0.00	10	0.00
TOTAL	0.66	0.02	150	0-41

Cuadro 24. Índice Dominancia de Sarukhán para el sitio afectado por el huracán Gilberto e incendios forestales de manera intensa en el norte de Quintana Roo, a cinco años de la ocurrencia de los disturbios.

ESPECIE	ÁREA BASAL	DENSIDAD ABS.	FREC. ABS.	IND. DE DOMIN.
Zapote	0.08	0.00	10	0.00
TOTAL	0.08	0.00	100	0.00

Cuadro 25. Índice de Dominancia de Sarukhán para la estructura remanente en el sitio afectado por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendio (Zona de Pozos), en la zona norte de Quintana Roo, a los cinco años de los disturbios.

ESPECIE	ÁREA BASAL	DENSIDAD ABS.	FREC. ABS.	IND. DE DOMIN.
Chit	0.27	0.06	100	1.74
Zapote	1.06	0.01	70	0.96
Zapotillo	0.14	0.02	100	0.32
Ramón	0.33	0.01	50	0.15
Pa'saak	0.17	0.00	40	0.03
Kolok	0.04	0.01	50	0.01
Copal blanco	0.05	0.00	50	0.01
Kanisté	0.12	0.00	20	0.00
Ya'axnic	0.35	0.00	10	0.01
Akitz	0.02	0.00	30	0.00
Copal colorado	0.02	0.00	20	0.00
Elemuy	0.02	0.00	20	0.00
Cedro	0.02	0.00	30	0.00
Chacbukumché	0.01	0.00	20	0.00
Sac-chakáh	0.03	0.00	10	0.00
Tamay	0.01	0.00	20	0.00
Chechen negro	0.02	0.00	10	0.00
Toyub	0.02	0.00	10	0.00
Tastab	0.02	0.00	10	0.00
Majahua	0.01	0.00	10	0.00
Guayabillo	0.01	0.00	10	0.00
Cacaoche	0.01	0.00	10	0.00
Desconocida 1	0.01	0.00	10	0.00
Zapotaceae	0.01	0.00	10	0.00
Jobillo	0.00	0.00	10	0.00
Guayancox	-----	0.00	10	-----
Katalox	-----	0.00	10	-----
TOTAL	2.77	0.11	1740	3.23

Cuadro 26. Índice de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson para la estructura remanente en los sitios afectados por el huracán Gilberto sin ocurrencia de incendio (Central Vallarta y Zona de Pozos) a cinco años de la ocurrencia de los disturbios.

SITIO	FRECUENCIA	H	D
1	26	3.46	0.85
2	7	2.00	0.77
3	1	0.16	1.00
4	27	3.24	0.79
TOTAL	52	6.67	1.64

ANEXO IV.. Listado general de especies presentes en la zona norte del estado de Quintana Roo.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	FORMA
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	Jobillo	Árbol
	<i>Metopium brownei</i>	Chechem negro	Árbol
Annonaceae	<i>Annona primigenia</i>	Anonilla	Arbusto
	<i>Malmea depressa</i>	Elemuy	Árbol
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sac-chakáh	Árbol
Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akitz	Árbol
Bignoniaceae	<i>Cydista potosina</i>	Ekix	Bejuco
Bombacaceae	<i>Bernoullia flammea</i>	Amapola	Arbusto
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	Bojón	Árbol
Bromeliaceae	<i>Annanas comosus</i>	Piñuelo	Hierba
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chakáh	Árbol
	<i>Protium copal</i>	Copal blanco	Árbol
Celastraceae	<i>Maytenus repandus</i>	-----	
Compositae	<i>Eupatorium albicaule</i>	Sac-táh	Arbusto
	<i>E. daleoides</i>	Xtocaban	Arbusto

Connaraceae

Rourea glabra Chilillo Bejuco

Ebenaceae

Dyospirus cuneata Silil Árbol

Euphorbiaceae

Croton reflexifolius Perezcutz Árbol
Euphorbia daleoides Xtocabal Arbusto
Gymnanthes lucida Yaití Árbol
Jagrophia gaumeri Pomolché Árbol
Tragia nepetaefolia Popox Bejuco

Flacourtiaceae

Casearia sylvestris Botoncillo Árbol
Zuelania guinodia Tamay Árbol

Gramineae

Lasciacis divaricata Zacate Hierba

Hippocrataceae

Hippocratea celastroides Tadzí Arbusto
H. excelsa Roble blanco Árbol

Lauraceae

Misanteca peckii Pimientillo Árbol
Nectandra coriacea Laurel Árbol
N. salicifolia Laurelillo Árbol

Leguminosae

Bauhinia divaricata Pata de vaca Arbusto
Caesalpinia gaumeri Kitanché Árbol
Dalbergia glabra Muc Árbol
Lonchocarpus castilloi Machiche Árbol
L. rugosos Kanasín Árbol
Lysiloma bahamensis Tzalam Árbol
Piscidia communis Jabín Árbol
Platymiscium yucatanum Granadillo Árbol

<i>Swartzia cubensis</i>	Katalox	Árbol
--------------------------	---------	-------

Malpighiaceae

<i>Bunchosia glandulosa</i>	Sipché	Arbusto
<i>B. lanceolata</i>	Desconocida 1	Árbol
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Sacpáh	Arbusto
<i>B. crassifolia</i>	Nance	Arbusto

Malvaceae

<i>Hampea trilobata</i>	Majahua	Arbusto
-------------------------	---------	---------

Malvaceae

<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo	Arbusto
-----------------------------	--------------	---------

Meliaceae

<i>Cedrela odorata</i>	Cedro rojo	Árbol
------------------------	------------	-------

Moraceae

<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón	Árbol
<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	Árbol
<i>Dorstenia contrajierva</i>	Contra hierba	Hierba
<i>Ficus cotinifolia</i>	Copó	Árbol
<i>F. glaucescens</i>	Alamo	Árbol

Myrsinaceae

<i>Ardisia revoluta</i>	Chacbulumché	Árbol
-------------------------	--------------	-------

Myrtaceae

<i>Eugenia mayana</i>	Saclooc	Árbol
<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo	Árbol

Palmae

<i>Thrinax radiata</i>	Chit	Palma
<i>Sabal japonica</i>	Guano botán	Palma

Papaveraceae

<i>Argemone mexicana</i>	Cardo santo	Hierba
--------------------------	-------------	--------

Passifloraceae

<i>Passiflora coriacea</i>	Chiquinzotz	Bejuco
----------------------------	-------------	--------

Piperaceae

<i>Piper auritum</i>	Makulán	Arbusto
----------------------	---------	---------

Polygonaceae

<i>Coccoloba acapulcensis</i>	Toyub	Árbol
<i>C. cozumelensis</i>	Boop	Árbol
<i>C. spicata</i>	Boopchich	Árbol
<i>Gymnopodium floribundum</i>	Dzidzilché	Árbol

Polypodiaceae

<i>Pteridium aquilifolium</i>	Helecho	Hierba
-------------------------------	---------	--------

Rhamnaceae

<i>Krugiodendron ferreum</i>	Chintoc	Árbol
------------------------------	---------	-------

Rubiaceae

<i>Alseis yucatanensis</i>	Cacaché	Árbol
<i>Chiococca alba</i>	Sac'ac	Hierba
<i>Guettarda combsii</i>	Tastab	Árbol
<i>Hamelia patens</i>	X-canan	Arbusto
<i>Psychotria nervosa</i>	X-canan negro	Arbusto
<i>Randia truncata</i>	Kax	Arbusto

<i>Casimiroa tetramera</i>	Yuy	Árbol
----------------------------	-----	-------

Sapindaceae

<i>Cupania dentata</i>	Quiebrahacha	Árbol
<i>C. glabra</i>	Copal colorado	Árbol
<i>Exothea diphylla</i>	Guayancox	Árbol
<i>Talisia floresii</i>	Ekulub	Árbol
<i>T. olivaeformis</i>	Guaya	Árbol
<i>Thouinia paucidentata</i>	Canchunup	Árbol

Sapotaceae

<i>Crisophyllum mexicanum</i>	Caimitillo	Árbol
<i>Dipholis salicifolia</i>	Zapote faisán	Árbol
<i>Manilkara zapota</i>	Zapote	Árbol
<i>Pouteria campechiana</i>	Kanisté	Árbol
<i>P. unilocularis</i>	Zapotillo	Árbol

Simaruobiaceae

<i>Simarouba glauca</i>	Pasa'ak	Árbol
-------------------------	---------	-------

Smilacaceae

<i>Smilax mollis</i>	Diente de perro	Bejuco
----------------------	-----------------	--------

Solanaceae

<i>Solanum verbascifolium</i>	Ucuch	Arbusto
-------------------------------	-------	---------

Sterculiaceae

<i>Byttneria aculeata</i>	Cariñosa	Bejuco
---------------------------	----------	--------

Ulmaceae

<i>Trema micrantha</i>	Capulín	Árbol
------------------------	---------	-------

Verbenaceae*Petrea arborea*

Optzimín

Bejuco

Vitex gaumeri

Ya'axnic

Árbol

Vitaceae*Vitis bourgaena*

Bejuco de agua

Bejuco

Listado de especies indeterminadas o desconocidas en la zona norte del estado de Quintana Roo.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	FORMA
Araceae			
	Xanthosoma sp.	Motusay	Bejuco
Compositae			
	Eupatorium sp.	Chioplé blanco	Arbusto
	Helianthus sp.	Táh	Arbusto
Convolvulaceae			
	Ipomoea sp.	Ipomoea	Bejuco
Euphorbiaceae			
	Sebastiana sp.	Chechem blanco	Árbol
Flacourtiaceae			
	Casearia sp.	Casearia	Arbusto
	Samyda sp.	Samida	Arbusto
Hippocrataceae			
	Hippocratea sp.	Desconocida 2	Bejuco
Leguminosae			
	Acacia sp.	Ic-bach	Arbusto
	Bauhinia sp.	Lengua de vaca	Arbusto
	Pithecellobium sp.	-----	Árbol
	-----	-----	Hierba

Meliaceae

Trichilia sp.	Limonaria	Arbusto
---------------	-----------	---------

Moraceae

Ficus sp.	Camechín	Árbol
-----------	----------	-------

Orquidaceae

		Epífita
--	--	---------

Piperaceae

Peperomia sp.	Peperomia	Hierba
Piper sp.	Cordoncillo	Hierba

Polypodiaceae

Hypolepsis sp.		
----------------	--	--

Rubiaceae

Randia sp.	Cambalux	Arbusto
Randia sp.	Randia	Arbusto
Zanthoxylum sp.	Zanthoxylum	Árbol

Sapindaceae

Paullinea sp.	Paulinea	Bejuco
Serjania sp.	Serjania	Bejuco

Simaroubiaceae

Picramnia sp.	Picramnia	Árbol
---------------	-----------	-------

Theofrastaceae

Jacquinea sp.	Punza huevo	Hierba
---------------	-------------	--------

Vitaceae

Vitis sp.

Uva cimarrona

Bejuco

Desconocida 3

Hierba

Desconocida 4

Hierba

Alamo blanco

Árbol

Piña'ac

Bejuco

Malva

Hierba