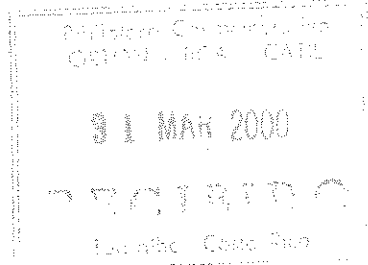


41  
63

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA**  
**PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION**

**ESCUELA DE POSGRADO**



**IMPACTO DEL HURACAN MITCH EN RODALES INTERVENIDOS Y NO INTERVENIDOS, EN TRES SITIOS DE LA ZONA NORTE DE HONDURAS.**

**POR**

**HARLAND RIVAS COOPER**

**CATIE**

Turrialba, Costa Rica  
1999

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSTGRADO**

Biblioteca Central  
OSTON - IICA - CATIE

RECIBIDO

Turrialba, Costa Rica

**IMPACTO DEL HURACAN MITCH EN RODALES INTERVENIDOS Y NO  
INTERVENIDOS, EN TRES SITIOS DE LA ZONA NORTE DE HONDURAS.**

**Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Postgrado, Programa de  
Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de  
Investigación y Enseñanza como requisito parcial para optar por el grado de:**

***Magister Scientae***

**Por**

**Harland Rivas Cooper**

**Turrialba, Costa Rica  
1999**

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Postgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

**MAGISTER SCIENTIAE**

**FIRMANTES:**



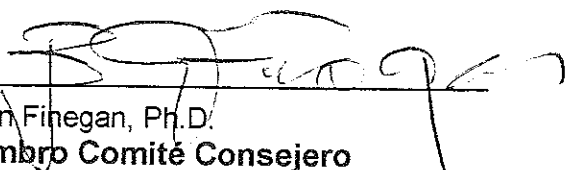
---

Markku Kanninen, Ph.D.  
**Consejero Principal**



---

Glenn Galloway, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



---

Bryan Finegan, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



---

Bastiaan Louman, M.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**



---

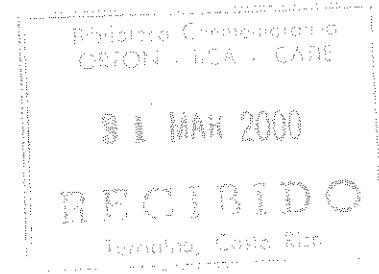
Gilberto Faez, Ph.D.  
**Director y Decano de la Escuela de Postgrado**



---

Harland Rivas  
**Candidato**

# Dedicatoria



*A mis padres,*

*autores de este gran logro en mi vida...*

## Agradecimientos

*Quiero expresar mi mas profundo agradecimiento al Dr. Markku Kanninen, por su amistad, su valioso asesoramiento y constante apoyo como profesor consejero.*

*A los demás miembros del comité de tesis: Glenn Galloway, Ph.D.; Bryan Finegan, Ph.D. y Bastiaan Louman, M.Sc., por sus contribuciones en la elaboración y culminación de la tesis.*

*A los Proyectos CATIE/TRANSFORMA-Honduras, Proyecto PROINEL, Proyecto de Desarrollo del Bosque Latifoliado en Honduras, Proyecto Forestal COSPE y a la Administración Forestal del Estado AFE-COHDEFOR.*

*A los grupos Agroforestales Toncontin y La Victoria de la Cooperativa COATLAHL, muy especialmente a los miembros de los grupos con quienes tuve el gusto de trabajar en el bosque.*

*A todos los funcionarios del CATIE que de una u otra forma me brindaron su apoyo.*

*A Johny Perez y Hugo Brenes por su contribución en el procesamiento de los datos, a los demás miembros del centro de computo. A todos los miembros de Postgrado y a todo el personal de la Biblioteca Orton.*

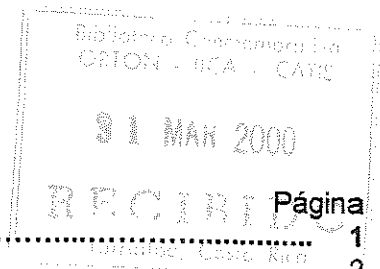
*A mis amigos Oscar Castillo, Roger Flores y Rosa Almendares, por su calidad de gente y apoyo invaluable en los momentos más difíciles del período de estudio.*

*A mis compañeros de maestría con quienes compartimos reflexiones y la experiencia de estudiar en el CATIE y a las demás personas que contribuyeron a terminar la tesis.*

*Al CATIE, por todo lo bueno y lo malo que me enseñó.*

*Mi enorme agradecimiento al gobierno Suizo, con cuya contribución fue posible realizar mis estudios de maestría en el CATIE.*

# Contenido



	Página
<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	2
1.2 HIPOTESIS.....	3
<b>2. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1 ASPECTOS GENERALES DE LA DINAMICA DE LOS BOSQUES TROPICALES HUMEDOS.....	4
2.2 LOS DISTURBIOS NATURALES EN LA COMPOSICION FLORISTICA DE LOS ECOSISTEMAS TROPICALES.....	5
2.2.1 Qué características definen a un disturbio?.....	6
2.3 LA SUSCEPTIBILIDAD DE LOS BOSQUES TROPICALES A LA INCIDENCIA DE LOS DISTURBIOS POR HURACANES.....	10
2.3.1 Los efectos de los huracanes en el Caribe.....	11
2.3.2 Impactos de los disturbios en la dinámica de los bosques.....	12
2.4 MECANISMOS DE RECUPERACION DE LOS BOSQUES DISTURBADOS.....	13
2.4.1 Fases del proceso de renovación de los bosques primarios.....	13
2.4.2 La sucesión forestal en los bosques tropicales disturbados.....	14
2.4.3 Los bancos de semilla en el proceso de renovación de los bosque disturbados.....	16
2.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SUSCEPTIBILIDAD DE LOS BOSQUES TROPICALES DISTURBADOS.....	17
2.5.1 El viento.....	17
2.5.2 El fuego.....	19
2.5.3 Perturbaciones humanas.....	19
2.6 EL MANEJO DE LOS BOSQUES LATIFOLIADOS TROPICALES EN LA REGION CENTROAMERICANA.....	20
2.6.1 El manejo forestal.....	21
2.7 LOS HURACANES EN HONDURAS.....	22
<b>3. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>24</b>
3.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	24
3.2 METODOS.....	26
3.2.1 Selección de los tipos de bosques en los sitios de muestreo.....	26
3.3 NIVELES DE DAÑOS.....	32
3.3.1 Tamaño de los claros.....	32
3.3.2 Medición de los claros en los transectos.....	33
3.3.3 Clasificación del tamaño de los claros e intensidad de impacto del huracán.....	33
3.3.4 Número de árboles dañados en los transectos.....	33
3.3.5 Número de árboles dañados en parcelas.....	34
3.3.6 Daños en la regeneración.....	35
3.3.6.1 Medición de los daños a los latizales altos y bajos.....	36
3.4 RESPUESTAS EN LA ESTRUCTURA.....	36
3.4.1 Estructura horizontal.....	36
3.4.1.2 Determinación del área basal.....	37
3.4.2 Estructura vertical.....	37

3.5 RESPUESTA DE LA REGENERACION.....	38
3.5.1 Respuesta de los latizales altos.....	38
3.5.2 Respuesta de los latizales bajos.....	38
3.5.3 Respuestas de los brinzales y plántulas.....	38
3.6 SUSCEPTIBILIDAD DE LAS ESPECIES A LOS DAÑOS.....	39
3.7 ANALISIS DE LA INFORMACION.....	39
3.7.1 Tamaño de los claros.....	39
3.7.2 Número de árboles dañados.....	39
3.7.3 Estructura horizontal (distancia y área basal).....	40
3.7.4 Estructura vertical.....	40
3.7.5 Respuesta de la regeneración (latizales altos, latizales bajos, brinzales y plántulas).....	41
3.7.6 Susceptibilidad de las especies a los daños.....	41
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>42</b>
4.1 NIVELES DE DAÑOS.....	42
4.1.1 TAMAÑO DE LOS CLAROS.....	42
4.1.1.1 Proporción del área de bosque dañada por el huracán.....	42
4.1.1.2 Distribución de tamaños de claros por tipo de bosque y sitio.....	43
4.1.1.3 Intensidad del impacto.....	46
4.1.2 NUMERO DE ARBOLES DAÑADOS.....	46
4.1.2.1 Proporción de árboles dañados por tipo de bosque.....	46
4.1.2.2 Proporción de latizales altos y bajos dañados por tipo de bosque.....	48
4.1.2.3 Proporción de árboles sobrevivientes.....	51
4.1.2.4 Proporción de latizales altos y bajos sobrevivientes.....	52
4.2 IMPACTO EN LA ESTRUCTURA DEL BOSQUE.....	53
4.2.1 Distribución espacial horizontal de los árboles por tipo de bosque.....	53
4.2.1.1 Distribución espacial horizontal de los árboles por tipo de bosque y por sitio.....	56
4.2.1.2 Área basal presente en los bosques.....	59
4.2.2 Respuesta en la estructura vertical.....	62
4.2.2.1 Niveles de respuesta en los bosques afectados por el huracán.....	62
4.2.2.2 Diferencias en respuesta de los árboles por hábitat.....	63
4.2.2.3 Niveles de respuesta por especie por tipo de bosque.....	65
4.3 SUSCEPTIBILIDAD DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS A LOS DAÑOS.....	67
4.3.1 Proporción de árboles dañados por especie.....	67
4.4 RESPUESTA DE LA REGENERACION.....	70
4.4.1 Abundancia de las especies en la regeneración de latizales altos y bajos.....	70
4.4.2 Tipos de respuesta principal en latizales altos y bajos.....	72
4.4.3 Tipos de respuesta de los latizales altos y bajos por tipo de hábitat.....	73
4.4.4 Abundancia de la regeneración: Brinzales y Plántulas.....	74
4.4.5 Regeneración de brinzales y plántulas por tipo de hábitat.....	75
4.5 DISCUSION.....	78
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>94</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>103</b>
7.1 Anexo 1.....	
7.2 Anexo 2.....	
7.3 Anexo 3.....	

## Listado de Cuadros

<b>Cuadros en el texto:</b>	<b>Pag.</b>
1. Características principales que describen a un disturbio.....	7
2. Un paisaje de bosques como una jerarquía de claros, posiciones topográficas y cuencas hidrográficas.....	9
3. Resumen de los efectos antropogénicos re-dimensionando los patrones de paisajes naturales y procesos.....	20
4. Distribución por décadas de los ciclones tropicales que han afectado a Honduras entre 1870 -1990.....	23
5. Area basal, número de árboles y especies por hectárea para los bosques del estudio.....	24
6. Intensidad de muestreo de los bosques comunales (sitios de estudio).....	32
7. Intensidad de impacto/daños introducidos al bosque por efecto del huracán.....	34
8. Categorías de los tamaños de regeneración.....	36
9. Número de subparcelas por categorías de regeneración.....	36
10. Tamaño de los claros (m <sup>2</sup> ) por tipo de bosque.....	43
11. Tamaño promedio de los claros (m <sup>2</sup> ) por tipo de bosque y sitio.....	44
12. Distribución de las clases de daños de árboles (dap ≥ 10 cm) por tipo de bosque y sitio (%).....	46
13. Distancia promedio entre árboles por tipo de bosque y sitio: a) árboles con dap ≥ 10 cm, b) árboles con dap ≥ 10 cm y c) árboles con dap ≥ 10 cm.....	54
14. Distancia promedio entre los cinco árboles(dap ≥ 10 cm) más cercanos (m) por tipo de bosque y sitio.....	56
15. Distancia promedio (m) entre los cinco árboles (dap ≥ 10 cm) más cercanos por tipo de bosque y sitio.....	56
16. Distancia promedio entre los cinco árboles (dap ≥ 30 cm) más cercanos (m) por tipo de bosque y sitio (Antes del aprovechamiento y del huracán). ....	57
17. Distancia promedio entre los cinco árboles (dap ≥ 30 cm) más cercanos (m) por tipo de bosque y sitio (Después del aprovechamiento).....	57
18. Distancia promedio entre los cinco árboles (dap ≥ 30 cm) más cercanos (m) por tipo de bosque y sitio (Después del Huracán).....	58
19. Area basal, número de árboles y especies por hectárea para los bosques del estudio.....	60
20. Area basal (m <sup>2</sup> /ha) de árboles (dap ≥ 30 cm) presente por tipo de bosque, antes del aprovechamiento y del huracán, después del aprovechamiento y después del huracán.....	61
21. Proporción de árboles con respuestas (respuestas 1-5) por especies y por tipo de bosque.....	66
22. Proporción de especies de árboles (dap ≥ 10 cm) con mayores niveles de respuesta respecto al promedio de las especies en el bosque.....	66
23. Daños comparativos por especie y por tipo de bosque.....	68



24. Proporción de especies de árboles (dap $\geq$ 30 cm) con mayores niveles de daños con respecto al promedio de todas las especies.....	69
25. Abundancia de la regeneración de latizales altos y bajos por especie y por tipo de bosque.....	71
26. Abundancia de la regeneración de brinzales y plántulas por especie y por tipo de bosque.....	74

### Cuadros en el anexo 1

1. Criterios usados para evaluar los daños a árboles individuales causados por el Huracán (Transectos y en parcelas).....	103
2. Criterios usados para evaluar la respuesta de los árboles individuales ante el disturbio por el Huracán (en parcelas).....	104
3. Listado de especies no tradicionales actualmente comerciales y potencialmente comerciales.....	104
4. Distribución de tamaños de claros por tipo de bosque afectado por el huracán Mitch.....	105
5. Relación de las áreas de los claros por tipo de bosque y por sitio de estudio.....	105
6. Número de individuos en "Latizal Alto" por especie por tipo de bosque por sitio.....	105
7. Número de individuos en "Latizal Bajo" por especie por tipo de bosque por sitio. ....	106
8. Distribución de las clases de daños de árboles (dap $\geq$ 30 cm) por tipo de bosque.....	106
9. Tipos de respuesta de los latizales altos y bajos por tipo de bosque. ....	106
10. Proporción de área de bosque afectado con claros y tamaños de claros por sitios de estudio.....	106
11. Distribución de las clases de daños de latizales altos por tipo de bosque.....	107
12. Distribución de las clases de daños de latizales bajos por tipo de bosque.....	107
13. Distribución de area basal (m <sup>2</sup> / ha) por clase diamétrica por tipo de bosque y sitio.....	107

## Listado de Figuras

<b>Figuras en texto</b>	<b>Pag.</b>
Figura 1 a) Regímenes de disturbio, b) procesos forestales, c) tensores ambientales, y d) procesos de la vegetación en el contexto del dominio espacio-tiempo.....	8
Figura 2 Mapa de ubicación de la zona de estudio y los sitios de muestreo.....	25
Figura 3 Etapas metodológicas y resultados esperados del estudio.....	28
Figura 4 Diseño de los tratamientos de los sitios de estudio con sus respectivas parcelas.....	26
Figura 5 Esquema de líneas de transectos para la ubicación y medición de claros y árboles dañados.....	32
Figura 6 Diseño de parcelas para el muestreo de la regeneración.....	35
Figura 7 Proporción de área de bosque afectado por el huracán por tipo de bosque y sitio.....	42
Figura 8 Frecuencia de los claros por tipo de bosque.....	44
Figura 9 Distribución de tamaños de claros por tipo de bosque y sitio, después del huracán.....	45
Figura 10 Clases de daños a los árboles por tipo de bosque.....	47
Figura 11 Número de árboles dañados por clase de daño y por tipo de bosque y sitio.....	48
Figura 12 Clase de daño en los latizales altos por tipo de bosque.....	49
Figura 13 Clase de daño en los latizales bajos por tipo de bosque.....	50
Figura 14 Porcentaje de árboles sobrevivientes al huracán por tipo de bosque y sitio.....	51
Figura 15 Distribución de distancias entre árboles por tipo de bosque: a) antes del aprovechamiento y del huracán, b) después del aprovechamiento, y c) después del huracán.....	53
Figura 16 Distribución de área basal total por clase diamétrica por tipo de bosque (antes y después de aprovechamiento y del huracán).....	60
Figura 17 Tipos de respuesta principal de los árboles por tipo de bosque.....	62
Figura 18 Tipos de respuesta principal de los árboles por tipo de bosque y sitio.....	63
Figura 19 Tipos de respuesta principal de los árboles por tipo de hábitat: a) bosque intervenido y b) bosque no intervenido.....	64
Figura 20 Número de latizales por especie por tipo de bosque: a) latizales altos y b) latizales bajos.....	70
Figura 21 Diferencias en tipos de respuesta de los latizales por tipo de bosque: a) latizales altos y b) latizales bajos.....	72
Figura 22 Número de latizales por hábitat y por tipo de bosque: a) latizales altos y b) latizales bajos.....	73
Figura 23 Abundancia de las especies del estudio por tipo de bosque: a) latizales altos y b) latizales bajos.....	75
Figura 24 Número de individuos por hábitat y por tipo de bosque: a) brinzales y b) plántulas.....	76

RIVAS, C., H. 199. Impacto del huracán Mitch en rodales intervenidos y no intervenidos, en tres sitios de la costa norte de Honduras. Tesis M.Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 95 p.

PALABRAS CLAVES: Disturbio natural, claros, sucesión forestal, huracán, gremios ecológicos, regeneración, clases de daños, desraizamiento, defoliación, fustes quebrados, sobrevivientes, tipos de respuesta, rebrote, bosques intervenidos, bosques no intervenidos, distancias entre árboles, tipo de hábitat, Honduras.

## RESUMEN

Los disturbios naturales y los inducidos por el hombre han sido durante mucho tiempo un fenómeno común en los bosques latifoliados de la costa norte de Honduras. Huracanes y fuertes tormentas tropicales han sido los disturbios naturales más predominantes en estos bosques. Estos bosques presentan una gran variedad de condiciones topográficas, a menudo muchos de ellos son fuertemente impactados por lluvias torrenciales, tormentas tropicales y eventualmente por huracanes, que a su paso por tierra firme causan daños severos en la estructura y composición de los bosques. En el pasado reciente, algunos de los huracanes que dejaron mas huellas en estos bosques fueron el Fifi (1974) y el Mitch (1998), este último fue uno de los mas destructivos e importantes que conoce la historia en el siglo pasado reciente. Los principales objetivos de esta investigación tuvieron como fines: comparar las niveles de daños causados por el huracán Mitch en rodales intervenidos con los rodales no intervenidos y determinar las respuestas sobre la estructura y regeneración de los rodales dañados en los dos tipos de bosques, y plantear sugerencias sobre el manejo forestal de los mismos.

En la actualidad, algunos de estos bosques son intervenidos con actividades de aprovechamiento forestal, regulados por planes de manejo general y otros aún permanecen en condiciones naturales. Las actividades de aprovechamiento forestal son realizadas por grupos de aserrío que forman parte de comunidades rurales asentadas próximas a las áreas de bosque, un ejemplo típico lo constituye la comunidad de Toncontín.

La caída de los árboles abrieron nuevos y ampliaron los claros ya existentes después de los aprovechamientos. Los claros formados por las intervenciones también modificaron la distribución de los daños en el bosque. La proporción de árboles con fustes quebrados (22.10%), desraizados e inclinados (19.80%) en el bosque intervenido resultó ser mayor con respecto del bosque no intervenido en arboles con fustes quebrados (11 %) y desraizados e inclinados (16.10%). Sin embargo, los árboles defoliados (24.37%) y con ramas quebradas (21.22%) mostraron ser mayor en el bosque no intervenido con respecto del bosque intervenido que presentó (16.97%) árboles defoliados y (16.43%) con ramas quebradas. Los daños analizados a nivel de los latizales altos, se encontró que el

porcentaje de daños en esta categoría fué mayor en el bosque intervenido con respecto del no intervenido. Como consecuencia de una gran cantidad de árboles caídos y fustes quebrados en el bosque intervenido, los latizales altos sufrieron daños no solo por la caída de los árboles grandes, sino también por el efecto de los vientos directamente sobre los mismos. La situación de los latizales bajos es muy parecida a los latizales altos, se mantiene la tendencia de mayores daños en el bosque intervenido por árboles desraizados e inclinados y fustes quebrados con respecto del bosque no intervenido.

La exposición topográfica de los diferentes estratos del bosque a la trayectoria del huracán influyó de forma significativa en el grado de perturbación que sufrieron estos bosques. Los vientos provocaron la caída y quebrado de fustes de muchos árboles y los que quedaron en pie también sufrieron daños por defoliación y ramas quebradas. Además, la caída de árboles grandes también provocó la caída de otros árboles de menor tamaño.

Los grupos de especies que observaron la mayor proporción de daños en ambos tipos de bosques en orden de importancia fueron: *Terminalia amazonia*, *Tapiriria guianensis*, *Calophyllum brasiliense* y *Macrohasseltia macroterantha*. Por otro lado, los grupos de especies que presentaron menores niveles de daños fueron: *Mangnolia yoroconte*, *Vochysia cf. jefensis*, *Hieronyma alchorneoides* y *Symphonia globulifera*.

Al comparar la proporción de árboles ( $dap \geq 30$  cm) sin daños, se determinó que en los bosques no intervenidos la proporción fue mayor con 24.43 % (43 de 176 árboles) comparada al 17.63% (98 de 556 árboles) de los bosques intervenidos. En la categoría de regeneración "latizal alto", la tendencia se mantiene con 54% (223 de 413) de los individuos resultaron sin daños en el bosque no intervenido y un 33.52 % (115 de 343) de los individuos sin daños en el bosque intervenido. El hecho de presentar una mayor cantidad de árboles sin daños en el bosque no intervenido, refleja que los "latizales altos" estuvieron relativamente mas protegidos por los árboles grandes comparado al bosque intervenido, donde se asume que hubo una menor protección de los mismos. Al nivel de la regeneración "latizal bajo", la comparación del porcentaje de individuos sin daños, determinó que en el bosque intervenido 63.35% (420 de 633) de los individuos no presentaron daños al impacto del huracán Mitch. En el bosque no intervenido el 77.78 % (609 de 783) de los "latizales bajos" tampoco presentaron daños al impacto del huracán. De hecho, más del 50 % de estos latizales no sufrieron daños por estar en el sotobosque y bajo cobertura de otros árboles.

En el bosque intervenido para los árboles con  $dap \geq 10$  cm, el aprovechamiento aumentó la distancia entre los árboles 0.03 metros, mientras que el huracán aumentó la distancia 1.14 metros (sobre la base de las distancias después del aprovechamiento) y en el bosque no intervenido aumentó 0.71 metros. Esto indica que el huracán logró abrir mas el bosque intervenido que en el bosque no intervenido. Para los árboles grandes con  $dap \geq 30$  cm

en el bosque intervenido, el aprovechamiento aumentó la distancia entre los árboles 0.14 metros, mientras que el huracán aumentó la distancia 1.66 metros (sobre la base de las distancias después del aprovechamiento) y en el bosque no intervenido aumentó 0.80 metros. Estos resultados muestran que tanto para árboles con  $dap \geq 10$  cm como para diámetros mayores a 30 centímetros, el huracán logró abrir más el bosque intervenido que en el bosque no intervenido.

El área basal sin daños en los bosques intervenidos después del huracán registró una sobrevivencia de 15.02  $m^2/ha$ , mientras que en los bosques no intervenidos la sobrevivencia fue de 22.39  $m^2/ha$ . En el caso del bosque intervenido, se debe a la incidencia de dos eventos: aprovechamiento más huracán y en el caso del bosque no intervenido se debe solamente al huracán. El área basal de todos los "árboles dañados" después del huracán en el bosque intervenido fue de 8.82  $m^2/ha$ , en cambio en el bosque no intervenido fue de 5.34  $m^2/ha$ .

Al nivel de los "árboles sin respuestas" y "árboles con respuestas" registrados en los bosques intervenidos y los no intervenidos, la proporción de "árboles sin respuesta" fue mayor en sombra (62 % y 48 %) comparado al hábitat claro (31 % y 38 %), pero los "árboles con respuestas" fue menor en sombra (38 % y 52 %) comparado al hábitat claro (69 % y 62 %) en los bosques intervenidos y no intervenidos respectivamente. Lo anterior indica que los mecanismos de recuperación de los árboles están más activos en las condiciones de claros, ya que mejoran las condiciones de luz y espacio.

La proporción de individuos de los "latizales altos" con respuestas fue mayor en el bosque intervenido (55.10%) comparada al no intervenido (36.41%). Al nivel de los "latizales bajos", al comparar la proporción de individuos con respuesta esta también fue mayor en el bosque intervenido (20.85%) comparada al no intervenido (13.30%). De hecho, hay una mayor proporción de individuos sin respuestas que individuos con respuestas, en ambos tipos de bosques.

Los tipos de respuestas por tipo de hábitat de los latizales altos en el bosque intervenido y no intervenido, muestran que las respuestas en claro (144 y 100) son mayores con respecto de las respuestas en sombra (45 y 50). A nivel de los latizales bajos, la situación es inversa de los latizales altos, las respuestas en claro (60 y 49) son menores con respecto de las respuestas en sombra (72 y 55). Es probable que esto último se deba a que por lo general, la mayor proporción de los latizales bajos se encuentran bajo la cobertura de otros árboles.

La abundancia de la regeneración al nivel de los brinzales y las plantulas, muestra que las especies más abundantes en el bosque en orden de importancia son *Vochysia cf. jefensis* (San Juan Rojo), *Calophyllum brasiliense* (María), *Tapiriria guianensis* (Piojo caobina), *Symphonia globulífera* (Varillo) y *Terminalia amazonia* (Cumbillo o naranjo). La abundancia de las especies del estudio en los brinzales, evidencia que hay una mayor

concentración en *Vochysia cf. jefensis*, *Calophyllum brasiliense* y *Symphonia globulifera* en el bosque. Además, en observaciones de campo se apreció que estas especies en el bosque muestran una alta capacidad de adaptación a los disturbios naturales y los producidos por el hombre, lo que implica que estas especies tienen características de alta resiliencia y resistencia a los disturbios naturales y los producidos por el hombre.

La mayor concentración de la regeneración en el caso de los brinzales se presenta en los claros tanto en el bosque intervenido como en el no intervenido. En cambio, la mayor concentración de las plántulas se presenta en el tipo de hábitat "sombra" en ambos tipos de bosques. Las especies más abundantes en el bosque intervenido fueron: *Vochysia cf. jefensis* (San Juan Rojo), *Calophyllum brasiliense* (María), *Tapiriria guianensis* (Piojo caobina) y *Terminalia amazonia* (Cumbillo o naranjo). Y en el bosque no intervenido las especies más abundantes fueron: *Vochysia cf. jefensis* (San Juan Rojo) y *Calophyllum brasiliense* (María).

¿Qué implicaciones tiene para el bosque los resultados de este estudio? Primero, que estos bosques están adaptados a los disturbios naturales, con especies como *Mangnolia yoroconte* (Redondo) y *Vochysia cf. jefensis* (San Juan Rojo) que presentan capacidades distintas para responder a estos disturbios. La primera es una especie endémica de la costa norte de Honduras que solo se regenera en sitios severamente disturbados (Ferrando, 1998). La segunda especie, es la especie de mayor importancia ecológica tanto en bosques disturbados como en los no disturbados (Ferrando, 1998). Se observó que la regeneración es muy abundante tanto en bosques intervenidos como en los no intervenidos, y hay ejemplares en hábitat de claros y de sombra.

Segundo, que al comparar el área basal dañado, el nivel de disturbio causado por el hombre con un aprovechamiento selectivo ligero del bosque con el causado por el huracán, este último es aproximadamente 18 veces mayor. Lo anterior indica que los niveles de disturbios causados por el hombre efectuando un manejo forestal de bajo impacto ni se acercan a los niveles de disturbios causados por los eventos naturales. Sin embargo, es importante señalar que el impacto de huracanes en estos bosques no incide en un cambio de uso de la tierra y los niveles de disturbios causados por el hombre mediante el avance de la frontera agrícola y la ganadería extensiva en definitiva superan los disturbios causados por los eventos naturales.

## SUMMARY

Natural disturbances and those induced by man are an integral part of the Honduran's northern coast tropical rain forest. Hurricanes and tropical storms have been the most predominant natural disturbances to forests, which present a wide variety of topographical conditions. Often they are strongly impacted by torrential rains, tropical storms and by hurricanes, that cause severe damage to the structure and composition of forests. In the recent past, hurricane Fifi (1974) and Mitch (1998) impacted these forests, the latter being the most destructive and important in the last century. The main objectives of this research work were: to compare the level of damage caused by the Hurricane Mitch in logged and natural forests and to determine the responses on the structure and regeneration of the damaged stands in two types of forests, and state suggestions for their management.

Presently, some of the forests are disturbed through timber exploitation activities, regulated by general management plans. Timber exploitation activities are carried out by sawing groups that are part of the rural communities settled near the forest areas, Toncontin community is a good example.

Tree falling opened new and widened the already existing clearings due to timber exploitation. The clearings formed by the disturbances also modified damage distribution in the forest. The proportion of trees with broken trunks (22.20%), and uprooted and slanted trees (19.70%) in the logged was higher than in the natural forest which showed 11% of broken trunks and 16.10% of uprooted and slanted trees. However, defoliated trees (24.70%) and those with broken branches (20.90%) showed to be higher in the natural forest than in the logged forest which presented 17.10% of defoliated trees and 16.10% of trees with broken branches. Damage analysis at the high poles level showed that damage percentage in this category was higher in the logged than in the natural forest. As a result of the large amount of fallen trees and trunks broken in the logged forest, high poles suffered damage not only due to big trees falling but also due to direct wind effect. The situation of low poles was very similar to that of high poles, there was a tendency to higher damage in the logged forest in terms of uprooted and slanted trees and trees with broken trunks than in the natural forest.

Topographic exposition of the different strata of the forest to the hurricane's path significantly influenced the degree of disturbance to these forests. The wind caused falling and broken trunks of many trees and those which were still standing also suffered damage due to defoliation and broken branches. Furthermore, falling of big trees also caused falling of smaller ones.

Species groups having the highest proportion of damage in both types of forests, in order of importance were: *Terminalia amazonia*, *Tapiriria guianensis*, *Calophyllum brasiliense*, *Mangnolia yoroconte*, *Vochysia* cf. *Jefensis* and *Macrohasseltia macroterantha*. On the other hand, species groups that had lower levels of damage were: *Hieronyma alchorneoides* and *Symphonia globulifera*.

When comparing undamaged ( $\text{dbh} \geq 30 \text{ cm}$ ) and damaged trees, it was found that in logged forests, 17.63% (98 out of 556 trees) were lesser undamaged than in the natural forest 24.43% (43 out of 176 trees). Within the category of "high poles", it was found that in the logged forest 33.52% (115 out of 343) of the individuals were undamaged. But in the natural forest more than half or 54% (223 out of 412) of the "high poles" were not damaged by the hurricane. The fact of having a higher survival rate in the natural forest indicates that the "high poles" were relatively better protected by the bigger trees than in the logged forest, where a lower degree of protection was determined. At the "low poles" level, the comparison of the percentage of undamaged individuals indicated that in the logged forest 66.40% (421 out of 634) of the individuals did not show any damage due to the impact of the Hurricane Mitch. In the natural forest 77.75% (608 out of 782) of the "low poles" did not present any damage. In fact, more than 50% of these poles suffered no damage since they were located in the understory and under tree cover.

In the logged forest, exploitation of trees with a  $\text{dbh} \geq 10 \text{ cm}$  increased spacing between trees by 0.03 meters, while the effect of the hurricane increased spacing by 1.14 meters (based on spacing after logging) compared to 0.71 meters in the natural forest. This indicates that the hurricane had a more severe clearing effect in the logged than in the natural forest. For those trees with a  $\text{dbh} \geq 30 \text{ cm}$  in the logged forest, logging increased spacing between trees by 0.14 meters, while the hurricane increased it by 1.66 meters (based on spacing after logging) compared to 0.80 meters in the natural forest. This results also show that for trees with a  $\text{dbh} \geq 10 \text{ cm}$ , as well as for those with diameters greater than 30 centimetres, the hurricane cleared more the logged than the natural forest.

Undamaged basal area in the logged forests after the hurricane was  $15.02 \text{ m}^2/\text{ha}$ , while in the natural forest it was  $22.39 \text{ m}^2/\text{ha}$ . In the case of the logged forest, two events have to be considered: logging and the hurricane; in the case of the natural forest, this is due to the hurricane, exclusively. Basal area of all "damaged trees" after the hurricane in the logged forest was  $8.82 \text{ m}^2/\text{ha}$  and  $5.34 \text{ m}^2/\text{ha}$  in the natural forest.

There were more "trees with no response" under shade (62% and 48%) compared to full light habitat (31% and 38%) in the logged and natural forests, respectively. Trees presenting some response were lesser under shade (38% and 52%) compared to full light habitat (69% and 62%) in logged and natural forests, respectively. This indicates that tree recovering mechanisms are more active under full light conditions since light and spacing conditions were improved.

When comparing the proportion of individuals showing some response it was higher in the logged (55.10%) than in the natural (36.41%) forests. At the "low poles" level the comparison of individuals showing some response in the logged forest (20.85%) was higher than in the natural forest (13.30%) and there was a higher proportion of individuals "with no response" than "with some response" in the logged and natural forests, respectively.



Response types according to type of habitat in the "high poles" in the logged and natural forest showed that the responses under full light (144 and 100) were higher than under shade (45 and 50). At the "low poles" level, the behaviour was the inverse of "high poles" were, responses under full light (60 and 49) were lower than under shade (72 and 55) in the logged and natural forests, respectively. It is probable that this difference was due to the low poles being under the cover of other trees.

Regeneration abundance at the "saplings" and "seedlings" level show that the species most abundant in the forest in order of importance were *Vochysia cf. jefensis* (San Juan Rojo), *Calophyllum brasiliense* (María), *Symphonia globulifera* (Varillo), *Tapiriria guianensis* (Piojo caobina) and *Terminalia amazonia* (Cumbillo or naranjo). Species abundance in the "saplings" indicates that there is a higher concentration of *Vochysia cf. jefensis*, *Calophyllum brasiliense*, and *Tapiriria guianensis*. Furthermore, field observations showed that these species are characterised by their high resilience and resistance to natural and man-induced disturbances.

The greatest concentration of regeneration in the case of the "saplings" is presented by the "full light" habitat in the logged as well as in the natural forests. On the other hand, higher seedling concentration was observed "under shade" in both forest types. The species that showed higher abundance in the logged forest were: *Vochysia cf. jefensis* (San Juan Rojo), *Calophyllum brasiliense* (María), *Tapiriria guianensis* (Piojo caobina) and *Terminalia amazonia* (Cumbillo or naranjo). In the natural forest the most abundant species were: *Vochysia cf. jefensis* (San Juan Rojo) and *Calophyllum brasiliense* (María).

What are the implications of the results of this study for the forests? First, that these forests are adapted to natural disturbances, species like *Mangnolia yoroconte* (Redondo) and *Vochysia cf. jefensis* (San Juan Rojo) present different capability of response to these disturbances. The first one is an endemic species of the Northern coast of Honduras, which only showed regeneration in severely disturbed sites (Ferrando, 1988). The second species is the most important ecological species in the logged and natural forests (Ferrando, 1988). It was observed that its regeneration is abundant in natural as well as in logged forests, vigorously growing both at full light and under shade habitat. Second, when comparing the basal area reduced by man through low impact logging with those caused by the hurricane, the last one were approximately 18<sup>th</sup> times more damaging. This indicates that the disturbance level by man-induced through a low impact forest management is even lower than those caused by natural disturbances. However, it is important to consider that the impact of hurricanes in these forests do not imply a change in land use, which indicates that the level of man-induced disturbances through increasing agriculture frontier and extensive livestock surpasses those caused by nature disturbances.

## 1 INTRODUCCION.

Los disturbios naturales constituyen un factor ecológico de importancia como condicionante de las estructuras de comunidades naturales (Pickett y White, 1985), y particularmente de los ecosistemas forestales. Históricamente los huracanes han sido uno de los principales disturbios naturales de mayor magnitud para los ecosistemas forestales desde el norte de Sudamérica y el Caribe hasta la Costa Atlántica de Norteamérica (Boose *et al.* 1994).

La severidad del efecto del huracán sobre los ecosistemas, depende de la intensidad de los vientos, velocidad de avance, susceptibilidad del ecosistema y el grado de protección producido por las características topográficas (Tanner *et al.* 1991). El disturbio producido por el huracán afecta la dinámica de los bosques, provocando aumentos en la tasa de mortalidad, reclutamiento y crecimiento (Boucher *et al.* 1994).

El conocimiento del efecto de los disturbios en la estructura y composición del bosque y de su dinámica natural, puede servir de base para el manejo sostenible de ecosistemas forestales tropicales y subtropicales (Whitmore, 1991). Sin embargo, en este momento hay documentos que muestran que no se toman en cuenta los efectos de los huracanes, ni su periodicidad de incidencia en el proceso de planificación del manejo forestal sostenible en el trópico.

En Honduras, los bosques latifoliados de la costa norte son frecuentemente afectados por Huracanes. El más reciente ha sido el huracán Mitch en Octubre de 1998. El Servicio Meteorológico Nacional de Honduras (Ferrando, 1998), reporta que en promedio esta zona costera ha sido afectada por 1 huracán directa o indirectamente cada 3 años en los últimos 43 años. También menciona que la composición y la estructura de un bosque afectado por el huracán Fifi en 1974 (en la zona norte de Honduras), presenta similitud tanto en los rodales disturbados como en los no disturbados. Esto pone de manifiesto la posible adaptación de estos bosques a los disturbios de huracán, produciéndose su recuperación principalmente por el rebrote de las especies adaptadas a estos disturbios y por liberación de individuos suprimidos del bosque (Ferrando, 1998).

Las bases para una adecuada ordenación y normatización para el manejo del bosque latifoliado, parten del conocimiento del potencial del bosque a producir los bienes y servicios deseados en forma periódica y sostenida. Sin embargo, ésta difícilmente puede ser calculada sin el conocimiento cabal del crecimiento y dinámica del bosque (Ferrando, 1998). Las perturbaciones por eventos naturales o antrópicas a estos bosques, son factores externos que tienen influencia inminente en la dinámica de los bosques, y deben ser tenidos en cuenta en el momento de su manejo.

El presente estudio se enfoca en los disturbios ocasionados por aprovechamiento forestal y por los vientos asociados a los huracanes en los bosques latifoliados en la costa norte de Honduras. Se considera de suma importancia la caracterización de los daños ocasionados a los árboles por el impacto del huracán Mitch, la capacidad de resistencia de las especies arbóreas comercialmente importantes y las potencialmente comerciales, la respuesta de las especies al disturbio natural, comparar las diferencias y/o semejanzas del impacto del huracán tanto en bosques intervenidos como en no intervenidos y finalmente considerar como la integración del conocimiento de los mecanismos de respuesta a disturbios naturales, puede contribuir a mejorar el manejo forestal en el mediano y largo plazo.

## **1.1 OBJETIVOS.**

### **1.1.1 General:**

- Contribuir a reforzar los lineamientos del manejo forestal en los bosques latifoliados tropicales a largo plazo, tomando en cuenta la incidencia de eventos naturales catastróficos, sus implicaciones y efectos en las variables ecológicas, y socioeconómicos en los bosques tropicales de la zona norte de honduras.

### **1.1.2 Objetivos específicos:**

1. Comparar los niveles de daños causados por el huracán Mitch, tanto en bosques intervenidos como en bosques no intervenidos.
2. Determinar la respuesta sobre la estructura y regeneración en los rodales dañados (en bosques intervenidos como en bosques no intervenidos) por el huracán.
3. Describir la susceptibilidad de las diez especies seleccionadas, ante el disturbio natural.

## 1.2 HIPOTESIS.

1. La distribución de los claros causados por el huracán, es diferente en los bosques intervenidos con relación a los bosques no intervenidos.
2. El número de árboles dañados por el huracán, difiere en los bosques intervenidos con respecto de los bosques no intervenidos.
3. La severidad de los daños en la estructura del bosque causados por el huracán, es diferente en bosques intervenidos con relación a los bosques no intervenidas.
4. La regeneración del bosque por efecto del huracán, es diferente en rodales intervenidos con relación a los rodales no intervenidos.
5. Existen diferencias en la susceptibilidad al huracán entre las especies estudiadas.

## 2. REVISION DE LITERATURA.

### 2.1. La Dinámica de los Bosques Tropicales Húmedos.

En el bosque tropical lluvioso es ampliamente reconocida la existencia de una alta diversidad de especies arbóreas. Las cuales se agrupan en cuatro o cinco grupos ecológicos o *gremios* de especies con características biológicas y ecológicas muy parecidas (Withmore, 1982). Un gremio se define como un grupo de especies que utilizan los mismos recursos del ambiente de la misma manera. El análisis de los gremios de especies forestales, al integrarse con los conocimientos de las gradientes ambientales que presentan los recursos y las condiciones del ambiente, permite una mayor comprensión de los bosques naturales y su dinámica (Finegan y Delgado, 1997).

El microclima de una comunidad vegetal es el conjunto de variables del ambiente aéreo (intensidad de la radiación solar, temperatura, humedad relativa del aire, etc) a que se expone una planta individual o una comunidad en general. El microclima de un bosque tropical cualquiera varía fuertemente en el espacio y en el tiempo, es decir, es sumamente dinámico. Un enfoque conveniente para describir, de manera general, los microclimas de bosques tropicales son retomar por separadas, la variación espacial en el plano horizontal, la variación en el plano vertical, y la variación en el tiempo. En bosques tropicales húmedos, la radiación solar es considerada como el elemento principal del microclima, por su importancia sobresaliente como recurso limitante en el crecimiento dentro de los bosques, y su papel preponderante en la determinación de la magnitud de otros factores del microclima tales como la temperatura y la humedad relativa (Finegan y Delgado, 1997).

En los bosques tropicales húmedos, la temperatura y la humedad son factores favorables para el medio ambiente, tal es así que estas condiciones son óptimas para la germinación y el establecimiento de las plantas (Lamprecht, 1990). De hecho, entre las plantas existen patrones fisiológicos que representan adaptaciones claras a sitios que reciben mayores o menores cantidades de radiación solar. Muchas especies requieren un hábitat abierto y un alto grado de iluminación solar, mientras que otros toleran la sombra o la requieren. La intolerancia o "eliofitismo" y la tolerancia o "esciofitismo" son las dos estrategias biológicas básicas que se han evolucionado ante la gradiente de radiación solar (Finegan y Delgado, 1997).

En este sentido Lamprecht (1990), indica que se hace necesaria una clasificación de las especies arbóreas de acuerdo a sus requerimientos de luz, de la siguiente forma:

- Especies arbóreas de luz o *heliófitas*, que requieren plena iluminación durante toda su vida.

- Especies arbóreas *esciófitas*, que se regeneran a la sombra del vuelo y poseen eventualmente la capacidad de efectuar allí todo su desarrollo o requieren sombra cuando menos en su juventud.
- Especies parcialmente tolerantes de sombra o *hemisciófitas*, que son capaces de regenerarse en condiciones de plena iluminación como en la sombra, pero a medida que la edad se incrementa requieren plena luz (cuando menos desde arriba) para su pleno desarrollo.

Además, el éxito de cualquier regeneración depende de varias condiciones, con frecuencia diferentes, según la especie arbórea de que se trate. En general, son imprescindibles las siguientes condiciones: cantidades suficientes de semillas viables, condiciones (micro) climáticas adecuadas y edáficas adecuadas para la germinación y su desarrollo posterior (Lamprecht, 1990). Por regla general muchas especies tienen una producción de semillas suficiente para garantizar continuamente la existencia de material germinativo viable. Sin embargo, las semillas de algunas de éstas especies pierden muy rápidamente su poder germinativo inicial, a veces, en pocos días o semanas. Otras especies en cambio, presentan otros mecanismos de germinación (viabilidad latente), que requieren de ciertas condiciones especiales tales como: luz y espacio, microclima, condiciones adecuadas de suelo para poder establecerse en el ambiente.

## **2.2. Los disturbios naturales en la composición florística de los ecosistemas tropicales.**

Una perturbación a un ecosistema, es definida como una fuerza que causa que el sistema pueda apartarse de su estado normal (McNaughton, 1992). Otros autores consideran que un disturbio<sup>1</sup> es como cualquier evento relativamente discreto en el tiempo que distorsiona al ecosistema, la comunidad, o estructura de la población y cambia los recursos, la disponibilidad del sustrato, o el ambiente físico y por lo tanto, crea oportunidades para que nuevos individuos colonicen la zona (Sousa 1984, Pickett y White 1984, Reice 1994).

¿Cómo influyen los distintos tipos de disturbios sobre la composición y estructura de las comunidades vegetales? Las respuestas a este tipo de preguntas, son parte de un largo debate en ecología y ha sido abordada desde diferentes puntos de vista. Por un lado, se ha indicado que todas las comunidades tienden a un estado de equilibrio, y que luego de cada perturbación vuelven progresivamente a dicho estado. Un enfoque diferente surgió a partir de tener en cuenta la importancia de los disturbios naturales en el funcionamiento de los ecosistemas, y se basa en la hipótesis de que un estado de equilibrio no existe ya que los procesos que sobrevienen a una perturbación tienen un componente aleatorio importante. De este modo las comunidades seguirían caminos alternativos luego de verse afectadas por perturbaciones (Reice, 1994).

---

<sup>1</sup> En general *disturbio* y *perturbación* han sido utilizados por muchos autores como sinónimos, y otros le han dado un significado particular a cada uno. Aquí serán considerados como sinónimos.

Los disturbios son frecuentes e importantes en la mayoría de los ecosistemas naturales. Un disturbio puede ser provocado por agentes abióticos, como fuego, huracanes, inundaciones y deslizamientos de tierra; o por agentes bióticos como por ejemplo, las perturbaciones producidas por animales desde predación hasta comportamientos no predatorios que maten o desplacen otros organismos (Sousa 1984, y Reice 1994) y ataques de plagas. Ambos agentes de disturbio son interdependientes (Sousa, 1984) y la importancia relativa de cada uno varía con el clima, la topografía y la biota del sitio (Pickett y White 1984, y Thompson 1973). Un cambio dado en el ambiente para un sistema puede constituir una perturbación severa (Anderson & Brown, 1986). Estas perturbaciones varían en duración, intensidad, direccionalidad y repetición. Mucha de la reciente discusión entre los especialistas sobre el tema en cuestión, se ha enfocado en el papel de la perturbación como un generador de parches (McNaughton, 1983) y en que grado la perturbación periódica puede crear en las comunidades vegetales un estado estable bajo tal régimen cíclico (Hubell, 1979).

A menudo se puede ver que comunidades vecinas, aunque comparten familias y géneros, son muy diferentes en cuanto a su estructura. Así, surgen preguntas como ¿por qué sistemas vecinos son tan diferentes? o ¿qué factores determinan las diferencias estructurales entre comunidades similares?. Una parte de la variación observada puede atribuirse al efecto de las perturbaciones (Sousa 1984, Meffe y Carroll 1994, y Reice 1994). Por otro lado, varios estados de ecosistemas y sus procesos pueden trazar trayectorias bastante diferentes simultáneamente en respuesta a una perturbación. Por ejemplo, en los bosques nororientales de EE.UU., la biomasa de las plantas y la capacidad reproductiva pueden establecerse con un seguimiento de la destrucción del bosque (Marks, 1974), donde la composición de las especies y las relaciones tróficas raramente pueden alcanzar un estado de constancia en los intervalos entre perturbaciones (Borman & Likens, 1979). De hecho, la composición de las especies de la comunidad puede ser altamente inestable en respuesta a perturbaciones que favorecen a algunas especies, pero esa misma inestabilidad puede servir para transferir los residuos de la perturbación a aquel proceso del ecosistema denominado como energía y flujo de nutrientes (McNaughton 1985, y Pimm 1984).

### **2.2.1. ¿Qué características definen a un disturbio?**

Los distintos tipos de disturbios se caracterizan según su intensidad y frecuencia, y según el área que afectan (Cuadro 1). Estas características frecuentemente están correlacionadas: los disturbios más intensos son menos frecuentes y afectan áreas mayores; los menos intensos, en cambio, muestran una periodicidad aproximada y afectan áreas menores (Sousa 1984, y Margalef 1993).

Cuadro 1: Características principales que describen a un disturbio.

Característica	Definición
Catástrofe	perturbación que ocurre tan raramente que es improbable que los mecanismos adaptables hayan evolucionado.
Desastre	perturbación que ocurre tan frecuentemente que es probable que ocurra durante el ciclo de vida de la generación sucesiva. Así es probable que los mecanismos hayan evolucionado para adaptarse a tales perturbaciones.
Perturbación	cualquier evento relativo en el tiempo que rompe el ecosistema, comunidad, o estructura de la población y cambia los recursos, disponibilidad del sustrato o el ambiente físico.
Claro	un sitio en la cual ocurre la muerte de individuos del dosel, se activa el reclutamiento de nuevos individuos en el mismo.
Distribución	Distribución espacial, incluyendo gradientes ambientales, topográficos, etc.
Frecuencia	Número medio de eventos en un período de tiempo determinado.
Intervalo	El inverso de la frecuencia; es decir el de retomo tiempo medio entre disturbios.
Predecibilidad	Función inversa de la varianza del intervalo de retomo.
Extensión	tamaño de área del estudio o la longitud de tiempo bajo el que se hacen observaciones de cierto nivel.
Escala	dimensión espacial o temporal de un objeto o proceso, caracterizado por la magnitud.
Magnitud o Intensidad	Fuerza física del evento en un área determinada y en un tiempo determinado (medida a través de diferentes variables).
Severidad	Impacto ocasionado sobre los organismos, comunidades o ecosistemas de una perturbación (medida a través de diferentes variables). e.g. la cantidad de biomasa o de sustrato perdido, el área perturbada.
Sinergia	Efectos sobre la ocurrencia de otros disturbios.

Fuente: Adaptado de Pickett y White 1985, Turner & Gardner 1991, y Hanski & Gilpin 1997.

También Kramer y Verkaar (1998), expresan que "Una característica general de una perturbación es un cambio en la disponibilidad de recursos, la distribución de especies y de la estructura del sistema." Cuando las perturbaciones ocurren en todo el espacio y tiempo de organizaciones biológico, ecológico y evolutivos, estas son una característica general de la mayoría de los ecosistemas (cuadro 1). Esta característica afecta la edad, la estructura de las comunidades, el ciclo de energía y nutriente de ecosistemas; y la configuración de los paisajes.

Pickett y White (1985), presentan una teoría general de perturbación que es basada en el régimen de perturbaciones, es decir, un patrón espacio - temporal de la creación de parches abiertos, y dinámica del parche, por ejemplo, el flujo de organismos, material y energía entre los parches en un paisaje que cambia continuamente debido al régimen de perturbación que prevalece. Por otro lado, Kramer y Verkaar (1998), plantean que la



perturbación y la dinámica consecuente en los parches pueden ser analizado al nivel de *escalas*: como una *aproximación jerárquica* al nivel de paisajes. Un Paisaje es definido por Urban *et al* (1987) como "un mosaico de parches, y estos mismos constituyen los componentes del modelo". De esta forma, la aproximación jerárquica al modelo del paisaje es perfilado como: Los agentes de formación de los patrones en paisajes naturales que pueden categorizarse como perturbaciones, procesos bióticos y tensores ambientales. Estos agentes están interrelacionados en el desarrollo del paisaje llegando a producir modelos de paisajes complejos. Esta complejidad es organizada de una forma especial porque el tamaño y la frecuencia de los eventos de perturbación son correlacionados positivamente (Figura 1), que se presta para ser analizado usando la teoría de la jerarquía.

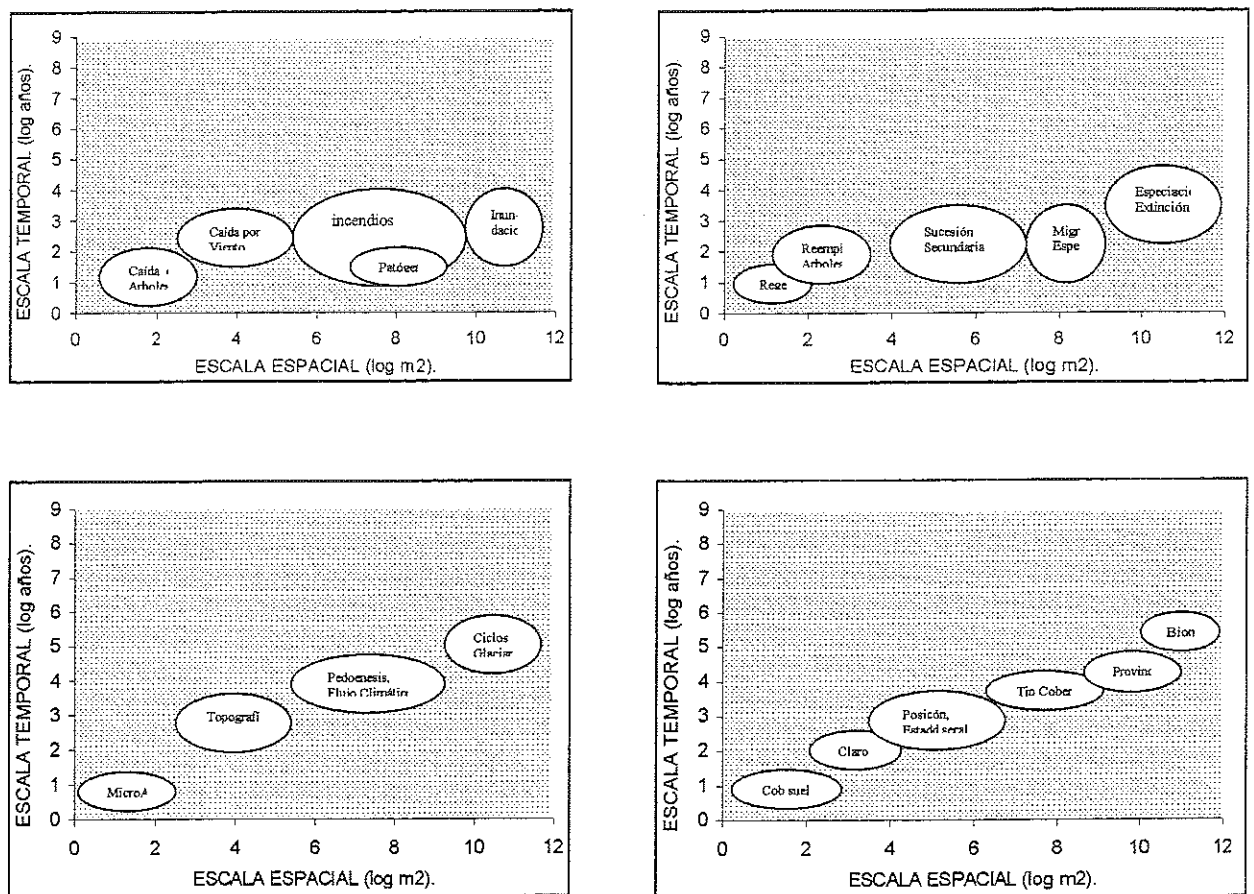


Figura 1. a) Regímenes de disturbio, b) Procesos forestales, c) Tensores ambientales, y d) Procesos de la vegetación en el contexto del dominio Espacio-Tiempo (Urban *et al*, 1987).

La teoría proporciona pautas para definir los componentes funcionales cuando son aplicados a la ecología al nivel de paisajes, y define cómo componentes de diferentes escalas están relacionados unos a otros. Un componente funcional se define como los diferentes procesos forestales, regímenes de disturbios, tensores ambientales y procesos vegetales en el tiempo y el espacio. Por ejemplo, componentes de niveles bajos (caída de árboles, regeneración, reemplazo de árboles, etc) generan los niveles de comportamiento más altos (sucesión secundaria, migración de especies, pedogenesis, etc), aunque los componentes de niveles más altos (Migración de especies, Sucesión secundaria) pueden controlar los niveles de comportamiento más bajos (regeneración y el reemplazo de los árboles). El entendimiento de la dinámica de un sistema jerárquico requiere que los mecanismos deben ser considerados dados los represores o tensores de los componentes de niveles más altos, y el contexto proporcionado por ambos: los componentes de niveles más altos y los más bajos (Kramer y Verkaar, 1998).

Los componentes funcionales están organizados basados en las características de frecuencia y su correspondiente escala espacial. Así, los eventos de niveles-bajos ocurren con mayor frecuencia y son pequeños, mientras los eventos de niveles-altos son grandes y solo ocurren ocasionalmente. Además, el componente de nivel-alto o puede ser más grande que; más lento que; reprimir o contener niveles más bajos. La característica para la estructura jerárquica de paisajes es que cada nivel contiene todos los niveles debajo de él (cuadro 2). Por consiguiente, todos los componentes de niveles más altos son más grandes que todos los componentes de niveles más bajos, y más lentos porque los elementos a un nivel dado frecuentemente actúan recíprocamente entre sí por definición, más que con los elementos de niveles más altos (Kramer y Verkaar, 1998).

Cuadro 2. Un paisaje de bosque como una jerarquía de claros, posiciones topográficas y cuencas hidrográficas (Urbano *et al.* 1987).

Nivel	Definición del límite	Escala (ha)
Paisaje	Provincias fisiográficas Cambios en uso de la tierra o régimen de perturbación División topográfica	1000 - 10 000
Cuenca hidrográfica	Drenajes de desagües locales	100 - 1000
Posición (stand)	Posiciones topográficas Perturbaciones de parches	1 - 10
Claro	Las influencias de los árboles grandes	0.01 - 0.1

Los cambios producidos por las perturbaciones, suelen tener una influencia heterogénea sobre los sistemas, ya que dependen de un conjunto de variables (bióticas y abióticas). Entre ellas Figuran los gradientes climáticos y topográficos, el tipo de sustrato, el estado en que se encontraba la comunidad antes del disturbio (Pickett y White, 1984).

Las tareas fundamentales en los estudios de la perturbación son diferenciar entre fluctuaciones extraordinarias y aquellas usuales. Para medir los efectos de estas perturbaciones se requiere de una aproximación jerárquica porque tal medición y discriminación son dependientes a la escala del evento (McNaughton, 1992).

### **2.3. La susceptibilidad de los bosques tropicales a la incidencia de los disturbios por huracanes.**

Los disturbios afectan la composición florística de un ecosistema, estableciendo condiciones variables en el espacio para la colonización y crecimiento de diferentes especies. Entre estas condiciones es necesario identificar factores locales (como suelo, microclima o presencia de una especie en el banco de semillas), ya que estos influyen en la composición específica posterior de una comunidad (Reiche, 1994).

Los disturbios provocan cambios en las diferentes escalas jerárquicas. Al nivel de paisaje, crean parches de diferentes tamaños y duración temporal; en las comunidades originan cambios en la estructura y composición; las poblaciones son afectadas a través de cambios en sus tasas de mortalidad y reclutamiento y los individuos a través de la muerte, y en menor medida a nivel del individuo causan daños como rotura de troncos, ramas, defoliación, en los diferentes etapas de desarrollo de las plantas (Reiche, 1994). Los huracanes provocan cambios en la estructura vegetal. Alteran la composición florística de las especies, la disposición de la biomasa, y causan aperturas en el dosel favoreciendo el reclutamiento de especies presentes y en estado de latencia (en el banco de semillas) en el bosque.

Los efectos de los disturbios pueden manifestarse a través de todos los niveles de organización (especies, poblaciones, comunidades, etc.) y a diversas escalas temporales y espaciales. Estos efectos dependerán de la escala en que se observen: si el área estudiada es suficientemente grande o el período de observación suficientemente largo, todos los disturbios se vuelven predecibles y "normales". Al contrario, si se toma en cuenta un área menor o un lapso corto, los disturbios parecen completamente azarosos (Ferrando, 1998).

Se puede definir predecibilidad en función de la varianza del intervalo de retorno del disturbio (ver Cuadro 2), se puede decir que si los disturbios son predecibles, es decir si su intervalo de retorno tiene poca variabilidad; los seres vivos pueden (y van) a adaptarse a ellos. Mientras que cuando un disturbio es impredecible (y por lo tanto su intervalo de retorno es muy variable) éste tendrá un mayor impacto sobre la biota, debido a que los organismos difícilmente pueden adaptarse a ellos (Reiche, 1994).

Los daños registrados por impacto de huracanes son comunes los fustes quebrados y los árboles arrancados de raíz, la proporción de estos es variable dentro del mismo evento, entre diferentes posiciones topográficas (Walker *et al.* 1992), y/o diferentes "gremios" de regeneración (Zimmerman *et al.* 1994). Se ha encontrado que

las especies pioneras o de menor densidad de madera, son significativamente más dañadas (Zimmerman *et al.* 1994, y Walker *et al.* 1992).

La experiencia de los estudios en los bosques de Luquillo Puerto Rico, muestran que a pesar de los daños provocados por el huracán Hugo, los distintos bosques examinados presentaron una baja mortalidad (Frangi y Lugo 1991, Walker 1991, Zimmerman *et al.* 1994, Reilly 1991, Brokaw y Walker 1991, Boucher 1994, Vandermeer *et al.* 1990, Yih *et al.* 1991) y aunque pocos sitios tenían registros previos al huracán, en éstos, la mortalidad post-huracán fue superior en relación a las ocurridas en los otros bosques (Whigham *et al.* 1991, Whitmore 1997). Sin embargo, Walker (1995) señala que las diferencias en metodologías y los tiempos de las evaluaciones con relación a la ocurrencia de los eventos, no permite hacer comparaciones válidas de los valores de mortalidad citados para diferentes sitios. Whitmore (1997), Walker (1995), Everham y Brokaw (1996), reportan que el efecto del huracán sobre la tasa de mortalidad se mantuvo por varios años.

Estudios en la zona norte de Honduras, 24 años después del huracán Fifi (ocurrido en Setiembre de 1979), sobre un área de 3500 ha de bosque, revelan que un 42% de la superficie estaba afectada por la agricultura migratoria (en cultivo, en descanso o abandonadas), 30% mostraba signos evidentes de haber sido disturbada (huracán y/o aprovechamiento forestal) y 28% aparentaba ser bosque no disturbado. Para la categoría de fustales (10 cm de DAP), los tipos de vegetación que presentaron la mayor abundancia fueron sitios afectados por huracán con 181 individuos por parcela (0.25 ha), en sitios de guamil con 177 individuos por parcela, y en sitios no disturbados con 132 individuos por parcela. El área basal presente fue el doble en sitios no disturbados y en huracán que en guamil (45, 40 y 21.2 m<sup>2</sup>/ha respectivamente) (Ferrando, 1998).

Los resultados anteriores nos muestran una interesante relación de la recuperación de los sitios disturbados por actividades humanas como agricultura migratoria (guamil) y aprovechamiento forestal y disturbio por huracán. En los mismos, los valores más altos de área basal se presentan en los sitios disturbados por huracán y en bosques no disturbados que en guamil.

### **2.3.1. Los Efectos de los huracanes en el Caribe.**

Los huracanes son eventos potencialmente catastróficos y comunes para los ecosistemas en el Caribe. Estos pueden ser los factores más importantes que controlan la composición de las especies y algunos de los aspectos de la dinámica de los ecosistemas en el caribe.

Los efectos de los huracanes en los ecosistemas boscosos del Caribe incluyen: defoliación, desde rangos de defoliación completa en bosques de tierras bajas en Nicaragua después del huracán Joan a niveles bajos de defoliación en partes de bosques montañosos de Jamaica después del huracán Gilbert; tumbado de árboles por desraizamiento y por quebradura (80% en Nicaragua y 14% en Jamaica); y mortalidad del árbol lo cual es raramente registrado y por lo general presenta bajos niveles (13% en Yucatán por el Huracán Gilbert a 3% en el bosque montañoso Puertorriqueño por el Huracán Hugo). Daños a los árboles individuales varían con la situación topográfica, características de la posición, el tamaño del árbol (los grandes que se desarraigan y los pequeños que son quebrados el caso en Dominica durante el Huracán David, pero no en Jamaica), y características de la especie (como densidad de madera), sin embargo, es difícil generalizar sobre estos factores (Tanner *et al.* 1991).

Los efectos en el ambiente físico incluyen microclimas modificados debido al incremento de penetración de luz a través de los doseles defoliados y derrumbamientos activados por la lluvia.

En Puerto Rico, la mitad de las hojas dañadas fueron depositados en la superficie del suelo y la mitad quedó suspendido en las ramas y una capa de hojarasca de 3 m sobre el suelo. La hojarasca total generada por el huracán era equivalente a dos años de caída de hojarasca y esto representa altas entradas de nutrientes al ciclo de nutrientes (Lodge *et al.* 1991).

### **2.3.2. Impactos de los disturbios en la dinámica de los bosques.**

La dinámica temporal de los bosques, es de importancia fundamental, particularmente la sucesión forestal, para el entendimiento de la estructura y función de los ecosistemas y para el manejo práctico del recurso (Climenton 1916; Li & Apps, 1995).

Uno de las mayores actividades en los bosques tropicales en la actualidad es la extracción selectiva de madera, el cual altera pero no destruye los bosques. La creación de claros en el dosel por la tala y la remoción de árboles se parece en muchos aspectos a la dinámica del bosque natural (Whitmore, 1997). La práctica básica para el mantenimiento de la composición particular de las especies en donde el disturbio antrópico por la remoción de madera debería ser similar a los regímenes de disturbios naturales (Whitmore, 1990).

Los daños mecánicos causados a los árboles de los bosques son aparentemente un fenómeno común, tanto en bosques aprovechados como en bosques naturales (Putz *et al.* 1989). En bosques tropicales bajo aprovechamientos selectivos, Verissimo *et al.* (1992), estudiaron los daños por caída y extracción, con un promedio de 6.4 árboles extraídos/ha, encontraron 148 árboles/ha con  $dap \geq 10$  cm fueron severamente

dañados. Casi la mitad (48%) de los árboles remanentes posterior a la operación de aprovechamiento fueron desraizados o caídos, 41% presentaron tallos rotos, y el 11% de los restantes sufrieron daños en la corteza.

En Queensland, Australia, (Whitmore, 1997) encontró que después de una remoción selectiva de una fracción de árboles grandes, el total de la riqueza de especies se incrementó. Esto se debió a que las especies pioneras, ausentes del bosque original, colonizaron los sitios de caminos y los patios de madera en el bosque, una vez que el dosel fue abierto y con ello mejoraron las condiciones de espacio y de luz.

## **2.4 Mecanismos de Recuperación de los Bosques Disturbados.**

Los procesos de renovación natural en el bosque tropical lluvioso no se desarrollan en forma uniforme ni simultáneamente, como en las formaciones secundarias, sino que ocurre para pequeños parches en diferentes partes de un rodal y en tiempos diferentes. Por ello, no se puede decir que el bosque tropical primario se encuentra en "equilibrio estático", sino más bien, en un estado de "equilibrio dinámico", donde los procesos están generados por cambios locales originados por claros (Hawthorne 1993, y Silva 1998).

Estudiando el proceso del esfuerzo de la recuperación es posible determinar el carácter y la tasa a la cual la cobertura de la vegetación reacciona a varias perturbaciones (Gorshkov y Bakka, 1995). Las diferencias en duración del reposo vegetativo de las especies y el notable sincronismo de los cambios que se producen en la masa foliar evidencian que la vegetación está sometida a fuertes y recurrentes presiones de tipo ambiental y que las especies son diferencialmente afectadas por estas presiones. Las diferencias en el lapso de cambio foliar deben estar directamente relacionadas con la capacidad de cada especie para "resistir" las condiciones adversas (resistencia) mientras transcurre la estación desfavorable (Ayarde, 1995).

### **2.4.1 Fases del proceso de renovación de los bosques primarios.**

De acuerdo con Silva (1989), independientemente de los grupos ecológicos y de la distribución vertical y horizontal, en el bosque se reconocen varias fases de la masa que van desde una fase madura pasando por la fase de claros hasta la fase de regeneración o reconstrucción. Estas fases no pueden ser consideradas por separado sino que deberían ser comprendidos como un mosaico de sucesiones.

Whitmore (1982) describe esas tres fases en el proceso de renovación de los bosques tropicales como:

- a) La fase de claro: se inicia con la apertura del claro. Dependiendo de la forma, tamaño del claro y el daño producido durante su formación, en esta fase se puede contar con individuos de especies heliófitas y

esciófitas en "espera", que son activados mediante el aumento de luz. Además, están los renuevos de especies heliófitas que se establecerán después de la creación de la apertura, durante el cual la vegetación se ajusta a las nuevas condiciones ambientales.

- b) La fase de reconstrucción o de regeneración, que sigue a la fase de claro. Esta es la fase de mayor dinamismo. Para las especies que pueden alcanzar rápidamente el piso superior, el potencial del crecimiento vertical es decisivo para determinar el éxito de su supervivencia.
- c) La fase madura, la cual representa el fin del proceso. Se inicia después que las especies han alcanzado posiciones de dominancia y codominancia. En esta fase, los árboles crecerán en diámetro de fuste y de copa. Esta fase puede durar decenios y hasta siglos. Los procesos dinámicos se limitan a los pisos inferiores, en los cuales se observan cambios por muerte de especies de vida corta.

En este proceso, Lamprecht (1990) reconoce además una fase de degradación que se caracteriza por la desintegración de la estructura vertical, con la consiguiente formación de un claro e inicio del ciclo de la fase de claro.

Un tipo de distribución de especies en recuperación (regenerados en rebrote y plántulas nuevas), con ausencia de tamaño de individuos intermedios, es común a bosques afectados por algún tipo de disturbio (Rollet, 1980). La presencia de juveniles y de una cantidad importante de individuos por debajo del límite censado, puede tomarse como un indicio de recuperación poblacional de las especies de este grupo (Ayarde, 1995). La distribución espacial de los daños mecánicos y los rebrotes varían en gran medida dentro del bosque. La rotura de los árboles y el rebrote ocurren en algunas áreas, mientras en otros lugares dentro del bosque escapan a los daños por largos períodos de tiempo (Putz *et al.* 1989).

La incidencia de los daños y recuperación varían en gran medida entre especies censadas en Barro Colorado, Panamá, en doseles abiertos. Por ejemplo, una proporción relativamente alta de árboles pequeños en el sotobosque sufrió daños mecánicos (Putz *et al.* 1989), da la impresión de que los daños fueron aún más comunes entre árboles pequeños (10 cm dap) que entre árboles grandes (Uhl 1988, y Platt y Hermann 1986).

#### **2.4.2 La sucesión forestal en los bosques tropicales disturbados.**

En una sucesión, durante los primeros tiempos luego de un disturbio, la diversidad de especies será baja debido al corto tiempo transcurrido para la recolonización. Sin embargo, la frecuencia de disturbios incidirá en la riqueza de especies. Si estos se suceden frecuentemente, la comunidad estará constituida únicamente por especies con alta capacidad de dispersión y elevada tasa de crecimiento (por ejemplo, especies pioneras). La diversidad de especies también aumentará a medida que el tiempo entre disturbios sea mayor, ya que el tiempo para la

instalación y crecimiento de más especies durante la sucesión aumentará (especies con menor potencial de dispersión y crecimiento más lento). En caso de que la frecuencia de disturbios sea aún menor, la diversidad tenderá a disminuir, en parte debido a procesos de exclusión competitiva entre especies (Connell 1978, DaAngelis y Waterhouse 1987, y Begon *et al.* 1996).

De este modo, los disturbios mantienen las asociaciones locales de especies en un estado de no-equilibrio, a pesar de que a una escala geográfica mayor no sea evidente la ganancia o pérdida de especies. Si se consideran las variaciones en intensidad y superficie de área perturbada la situación es similar. La diversidad será máxima ante disturbios de intensidad y tamaño intermedios, y disminuirá cuando los disturbios se acerquen a un extremo de baja intensidad y tamaño inferior (Begon *et al.* 1996).

La remoción de individuos crea oportunidades para la colonización de nuevas especies, permitiendo que cambie la estructura de la población (Reice 1994, y Canham y Marks 1985). Al nivel de comunidad, existen tres mecanismos de recolonización en sitios disturbados: la *re población* por parte de los sobrevivientes al disturbio; la *migración* y el *reclutamiento*. Sousa (1984) y Reice (1994) indican que de estos tres procesos, tanto la migración como el reclutamiento ocurren de manera impredecible. Así, en áreas puntuales (en el espacio y en el tiempo), es difícil indicar qué especies particulares serán las colonizadoras y cuál será la composición florística posterior. Reice (1994) afirma que si en el sistema domina el mecanismo de repoblación por parte de los sobrevivientes no se producen cambios importantes en la estructura de la comunidad, y que estos cambios sólo pueden ocurrir si existe un gran suministro de reclutas inmigrantes hacia la comunidad.

Hasta cierto momento, la gradiente sucesional es una consecuencia necesaria de la colonización gradual de un área por especies de comunidades circundantes que están en las fases sucesionales más tarde (i.e en las fases tardías estas son más totalmente saturadas con especies). Sin embargo, ésta es una pequeña parte de la historia de la sucesión que involucra un proceso de reemplazo de especies y no sólo la suma de nuevas especies (Begon *et al.* 1996).

El concepto de "regeneración directa" después de un disturbio al ecosistema (Boucher 1989, Vandermeer *et al.* 1990, y Yih *et al.* 1991), en contraste al modelo clásico de sucesión (sucesión arbórea), sugieren que las especies dominantes en los primeros años después del disturbio, serán como las mismas especies que fueron dominantes antes del disturbio. En lugar de ser reemplazadas por una comunidad sucesional temprana dominada por especies pioneras que son raras o ausentes en los bosques primarios, bajo regeneración directa la composición específica de la posición de la comunidad permanece relativamente inalterada, aún si el disturbio causa daños severos (Boucher *et al.* 1994).



Por otro lado, en los bosques disturbados, las especies heliófitas probablemente responden positivamente a otros cambios ecológicos que en los bosques fragmentados, incluyendo (1) la penetración lateral de luz cercanos a los bordes; (2) el cambio microclimático en los claros, tales como el incremento en la variabilidad en la temperatura (Kapos, 1989), que promueven la germinación en algunos taxa adaptados a la perturbación; y (3) una lluvia elevada de semillas de dos o más taxa adaptada a la perturbación que prolifera cerca de los bordes y rodeando los habitat modificados (Laurance, 1991).

Debido a que muchas variables son impredecibles, estas influirán sobre los procesos de colonización en la nueva estructura de la comunidad, que muy probablemente podría ser diferente de la anterior; ya que sería poco probable que los nuevos colonizadores fueran una réplica exacta de los perdidos. Por otra parte, luego de la sucesión secundaria diferentes interacciones pueden presentarse entre los individuos sobrevivientes y los colonizadores: si las interacciones de competencia y predación son débiles las especies podrán coexistir en el parche y si existen interacciones mutualistas se puede facilitar la persistencia de los nuevos reclutas. Por lo tanto, parches idénticos (si existieran) muy probablemente mantendrían mezclas diferentes de especies locales (Reice, 1994), por lo que, a una escala de paisaje, podría aumentar la diversidad.

#### **2.4.3 Los bancos de semillas en el proceso de la renovación de bosques disturbados.**

Los bancos de semilla juegan un papel importante en la dinámica de la vegetación y recuperación de los bosques impactados por disturbios naturales. Se asume que el banco de semilla tropical es pequeño, esta hipótesis se basa principalmente en datos de ecosistemas de bosques tropicales húmedos que generalmente parecen tener un número bajo de semillas/m<sup>2</sup>. Una porción grande de las semillas viables, corresponde a especies pioneras presentes en bosque tropical primario (Skoglund, 1992).

El grado al que los bancos de semilla están envueltos en la sucesión de la regeneración y la sucesión secundaria parece variar mucho (Skoglund, 1992). El estudio de sólo la vegetación presente no da suficiente información para entender los detalles de la dinámica de la vegetación. El tamaño de los claros parece ser un factor controlador importante de la contribución relativa de la regeneración a partir del banco de semilla (Garwood 1989, citado por Skoglund 1992).

En general, la regeneración en un lugar dado es determinado por las interacciones de probabilidades del ingreso y la sobrevivencia de las plantas. Las especies de semillas grandes dispersadas por animales serán establecidas casi enteramente de bajo del dosel forestal, porque pocos de tales semillas buscan los claros y la mayoría de ellos son comidas por mamíferos (Schupp *et al.* 1989). A menudo, las semillas pequeñas dispersadas por animales y las especies dispersadas por el viento, ambas dependen de claros para

establecerse (Augsburger 1984, y Brokaw 1985). De hecho, un número considerable de estas especies tienen semillas latentes que pueden esperar hasta que se forme un nuevo claro para establecerse, pero la latencia también involucra el riesgo de un alto desgaste (Schupp *et al.* 1989) incidiendo en la viabilidad de las mismas en el tiempo.

La acumulación a largo plazo de semillas latentes, hace del banco de semilla numéricamente mas importante que la regeneración fresca en los claros (Lawton & Putz, 1988), pero la pérdida de semillas latentes debido a los animales, hongos, y del entierro profundo significa que la lluvia de semillas de baja densidad en claros recientes será muy importante para el reclutamiento de las especies de semillas pequeñas.

La localización y frecuencias de los reclutamientos serán determinadas por las probabilidades conjuntas del arribo y sobrevivencia en el mosaico de hábitat de un bosque tropical. La probabilidad del ingreso es determinada por las formas de dispersión, la sobrevivencia por las semillas latentes y/o individuos juveniles, la fisiología, y la interacción de cada especie con patógenos y depredadores en los claros y el bosque circundante. Estos factores combinados, con el crecimiento de los juveniles en los diferentes microambientes dentro del bosque y en los claros, determinarán la probabilidad relativa de que cada especie alcanzará la madures reproductiva después de que es dispersada a un sitio particular en un bosque (Schupp *et al.* 1989).

## **2.5 Factores que influyen en la susceptibilidad de los bosques tropicales a los disturbios.**

Los disturbios pueden ser causados por diversos factores, ya sea la caída de un árbol, inundaciones, incendios, deslizamientos, huracanes, las actividades del hombre: aprovechamiento forestal, agricultura migratoria, etc. Generan, como consecuencia, un estado de sucesión permanente ya que interrumpen el proceso de eliminación por competencia o eliminan individuos que pueden estar excluyendo por competencia a otras. Sus efectos pueden observarse en diferentes escalas espaciales y temporales, a diferentes niveles de organización: en el paisaje (parches de diferentes tamaños que surgieron en diferentes momentos y están en distintas etapas de sucesión), en comunidades (diferencias en estructura y composición florística), en poblaciones (diferencias en las tasas de reclutamiento y mortalidad), e incluso a nivel de individuos (posibilidad de liberarse de la exclusión por competencia) (Connel 1978, DeAngelis y Waterhouse 1987, y Begon *et al.* 1996).

### **2.5.1. El Viento.**

Generalmente, los efectos mecánicos y fisiológicos del viento, como factor del medio ambiente, son similares a los que se producen en los bosques templados. Lo que no se compara son la extrema violencia y fuerza de los ciclones y huracanes tropicales capaces de llegar a destrozarse selvas vírgenes enteras (Lamprecht, 1990).

El disturbio por viento es un proceso ecológico importante en los trópicos, especialmente en las zonas ciclónicas, monónicas y de huracán desde los 7 a los 20° de latitud (Lugo et al. 1983, y Souza 1984).

En el Caribe, en el caso de los bosques que se desarrollan bajo condiciones de impactos de huracanes, los vientos son un factor decisivo para la estructura y composición de los mismos (Lamprecht, 1990). Cuando los bosques son clareados y fragmentados, los bordes de los hábitats remanentes son típicamente expuestos a altas velocidades y turbulencias de los vientos, estos dejan una alta proporción de impactos por viento, produciendo grandes daños en la estructura del bosque (Laurance, 1997).

El elevado impacto de la caída de los árboles por el viento y el daño estructural pueden afectar la biota y la ecología de los bosques remanentes negativamente. En un estudio reciente que usa datos fisiológicos y florísticos (Laurance, 1991) encontró que muchos bosques remanentes en Queensland fueron más perturbados por viento que los bosques tropicales continuos. Esto sugiere que los tales cambios pudieran exacerbar los efectos de fragmentación en el bosque en las especies interiores. También encontró que en bosques de altura de Queensland, la mayoría de los bosques fragmentados evaluados, exhibió de moderados a graves daños estructurales y elevadas abundancias de especies de plantas adaptadas al disturbio, respecto de los bosques continuos (Laurance, 1997). También sugiere que los factores de la proximidad de los bordes de bosque y la topografía influyen en los índices de disturbio de los bosques. Así, los disturbios eran más grandes a mayores elevaciones y en áreas con fuertes pendientes, mientras que la posición topográfica también parece influenciar algunos índices de disturbio.

Por otro lado, los daños mecánicos a los bosques también suelen ser causados por precipitaciones fuertes (tales como lluvias violentas), a menudo acompañados de vientos, los cuales afectan o destruyen flores, frutos, ramas, etc. Así, las hojas pinnadas, las perforadas y otras más, son consideradas como adaptaciones de diversos tipos de disturbios (Lamprecht, 1990).

En bosques crónicamente perturbados, la distribución de claros de árboles caídos puede volverse crecientemente contagiosa en el espacio y el tiempo. Esto puede ocurrir por cuatro razones:

1. Cuando un claro es creado, el crecimiento lateral de la copa del árbol a los claros marginales de las hojas y ramas se incrementan y pronto estos tienden a caerse al interior del claro.
2. Los vientos frecuentemente forman vórtices complejos en los claros grandes, produciendo un impacto de entrada de viento adicional y daños del bosque
3. La proliferación de bejuocos pesados en bosques perturbados puede predisponer a los árboles a los daños por vientos. En los bosques Malayos y Panameños, los árboles infestados de bejuco son incrementalmente

susceptibles a daños mecánicos de los vientos fuertes y más probablemente a daños en árboles adyacentes si ellos se caen (Putz, 1984).

4. Areas que son regularmente perturbadas favorecer a los árboles sucesionarios efimeros, que experimentan una mortalidad relativamente rápida y de reproducción, abriendo claros adicionales (Libermann *et al.* 1985).

### **2.5.2. El Fuego.**

El fuego, en extensas regiones, es de eminente importancia como factor del medio ambiente. En el bosque pluvial es poco frecuente, pero su peligrosidad y capacidad devastadora de la vegetación se incrementa con la intensidad y duración de la sequía. Grandes extensiones de sabanas, en su mayoría sin árboles, han sido originados por incendios forestales. En muchos lugares, los frecuentes fuegos transforman drásticamente la composición arbórea original de los bosques húmedos decíduos y secos. En general, conduciendo hacia tipos de vegetación cada vez mas adaptadas a condiciones secos y pobres (Lamprecht, 1990).

### **2.5.3. Las Perturbaciones humanas.**

La influencia del hombre en el paisaje es principalmente para re-dimensionar los patrones en el tiempo y en el espacio (Urban *et al.* 1987, Cuadro 3). Por consiguiente, las actividades antropogénicas, tales como la extracción de madera, actividades agrícolas (tala y roza), cambio del uso de bosque a pastizales también constituyen factores que influyen en la ocurrencia y magnitud de los disturbios. Esto puede resultar en cambios en el paisaje, incluyendo nuevos límites representados por caminos, canales, la urbanización, etc., afectando las interacciones entre parches, especialmente la dispersión de especies.

En paisajes rurales, los ecosistemas de bosques son afectados por muchas influencias artificiales humanas, que afectan la composición de las especies, por ejemplo plantando especies de plantas de alta relevancia económica y así provocando cambios en el paisaje (Kramer & Verkaar, 1998). Además, pueden introducirse nuevas perturbaciones diferentes de los regímenes naturales en la escala espacial o temporal. Típicamente, la regla natural de las perturbaciones que se escalan de pequeño y rápido a grande y lento, se convierte en grandes y rápidos según los factores no-ecológicos como el precio de las comodidades o por el cambio de dueño de la tierra.

Cuadro 3. Resumen de los efectos antropogénicos re-dimensionando los patrones de paisajes naturales y procesos.

ACTIVIDAD HUMANA	CONSECUENCIAS
Re-escala la dinámica de los parches	resulta en mecanismos adaptativos menos eficaces cambia las reglas de los represores altera las interacciones del parche
Introduce nuevos parches y dinámicas	resulta en mecanismos adaptativos menos eficaces reduce el potencial de las especies para desenvolverse con mecanismos adaptativos (la intervención humana debilita la adaptación a otros disturbios).
Homogeniza patrones a través del uso de la tierra	reduce la diversidad de las especies reduce la diversidad del hábitat para la vida silvestre del bosque

Fuente: Urban *et al.* 1987.

Las actividades humanas alteran los regímenes de perturbación naturales del bosque y para evaluar sus implicaciones, es necesario entender si los mecanismos biológicos están presentes en el mismo (especies de aves y animales dispersores, condiciones de luz y espacio, microclima, etc), los cuales son requeridos para responder a una nueva perturbación a una escala dada, y si estos pueden ser incorporados dentro de un límite particular del sistema (Kramer & Verkaar, 1998).

En cuanto a los disturbios antrópicos, los más frecuentes en la zona norte de Honduras son la agricultura migratoria y el aprovechamiento forestal. Según un informe del PDBL (1995), el bosque latifoliado de Honduras, ocupa 2,3 millones de ha. Con una tasa de deforestación de 46,000 ha/año (que es el 2% del total de la superficie del bosque latifoliado del país), estos bosques corren el riesgo de desaparecer en un período de tiempo relativamente corto. Solamente en la región Atlántida, en la costa norte de Honduras, de las 675,000 ha de bosque latifoliado, 200,000 se encuentran forestalmente empobrecidas por sobre-explotación (Mendieta, 1993).

## 2.6 El Manejo de los Bosques Latifoliados Tropicales en la Región Centroamericana.

La enorme riqueza y diversidad de especies vegetales de los bosques húmedos tropicales constituye una de las razones principales por las cuales su conservación tiene una alta prioridad a nivel mundial. Normalmente la conservación no se asocia con la extracción de madera; muchas personas asocian sin embargo, el maderero con la destrucción de los bosques (Delgado *et al.* 1997).

La biodiversidad es actualmente un concepto relevante en la silvicultura, al punto que se están desarrollando prácticas silviculturales acordes con el respeto y mantenimiento de la misma. Esto implica que los objetivos

duales de proteger los ecosistemas de bosques raros y vulnerables y practicar la silvicultura con principios de orientación más naturales deben dar paso a nuevos horizontes al manejo de los bosques. Se espera que la silvicultura siga métodos que imiten a los bosques disturbados por eventos naturales. La posición de la estructura de los bosques de producción debe manifestar rasgos de bosques naturales como la cantidad de árboles muertos caídos o en pie y la presencia de muchas especies dejadas (Parviainen, 1995).

El estado de conservación los bosques que pertenecen a la ecoregión "Bosque Húmedo del Atlántico Centroamericano" (Dinerstein *et al.* 1995), la cual se extiende desde Panamá hasta la costa norte de Honduras, cubriendo una superficie de 155,000 km<sup>2</sup>, es considerada "vulnerable" y de importancia a nivel bioregional. Más del 75% de su hábitat se considera perdido y el área remanente se encuentra altamente fragmentada y sometido a una elevada tasa de conversión (Dinerstein *et al.* 1995). Esta situación repercute sobre las economías de los países, debido a que sus bosques representan un importante recurso económico (Ferrando 1998). Por ejemplo, más del 60% de la madera cosechada legalmente en Costa Rica, proviene de estos bosques (Finegan y Camacho, 1999), mientras tanto en Nicaragua, éstos representan el principal recurso forestal del país, y en Honduras, el 5% (aprox. 40 mil m<sup>3</sup>/año) de la madera comercializada legalmente proviene también de estos bosques, aunque un alto porcentaje de la madera del bosque húmedo, es comercializada ilegalmente (Mendieta, 1993).

En el caso de Honduras, por ejemplo, el acceso incontrolado y desordenado a la tierra en los bosques latifoliados está provocando un cambio de uso del bosque a cultivos agrícolas y ganadería extensiva, causando deforestación de unas 91,400 ha en total en el período 1962-1990 (PLANFOR, 1996). Sumado a lo anterior, las actuales circunstancias por las que atraviesa el país debido al desastre natural provocado por el huracán Mitch, es probable que la tendencia hacia un mayor consumo y/o demanda de la materia prima proveniente del bosque por parte de la población en general, se incremente en forma significativa. Esto conducirá a impactos adversos en la estabilidad del avance de la frontera agrícola y consecuentemente a la conservación de los bosques naturales en general.

### **2.6.1. El manejo forestal.**

La conservación de los ecosistemas forestales, es de fundamental importancia, por el hecho de mantener y estudiar las interacciones entre sus componentes en su estado natural, que de otra forma se perderían para siempre (PLANFOR, 1996). Por otra parte, la conservación no debe ser vista como un obstáculo al desarrollo socioeconómico de la nación, sino más bien como un soporte del equilibrio que debe conducir el progreso sustentable en el más largo plazo.

Para Lamprecht (1990), los sistemas de clasificación de los bosques tropicales, que dan una idea general respecto a su estructura, composición y a las condiciones del medio ambiente, no son suficientes como base para la planificación silvicultural, ni para la ejecución de ésta. Afirma que, mas bien, se requieren de informaciones mas precisas, por ejemplo, sobre la distribución, las masas en pie, el desarrollo futuro de los vuelos, las estrategias de repoblación, etc.

En muchos lugares donde se explota la madera, el conocimiento ecológico de la regeneración es todavía rudimentario o no ha sido transferida de manera apropiada. Así, una mayor investigación sobre la ecología aplicada a la regeneración puede complementar en buena medida el conocimiento silvicultural existente en el neotrópico. Aunque todavía se requiere de mucha investigación aplicada sobre la ecología de la regeneración, la implementación de lo que ahora se conoce es igualmente importante y puede contribuir a lograr un mejor balance entre el aprovechamiento, la conservación de la Biodiversidad y el objetivo ilusorio de un manejo forestal sostenible (Guariguata, 1998). De hecho, el éxito del manejo forestal dependerá entre otros, de la veracidad de la información acerca de la composición de especies y la dinámica del bosque, de sus estructuras poblacionales, disturbios que lo afectan, productividad de los suelos, interacciones bióticas y la historia del bosque. Sin embargo, la información biofísica de la ecoregión se limita a unos pocos sitios, tales como la isla de Barro Colorado en Panamá (Leigh *et al.* 1990), y Tirimbina (Finegan 1992, Quiros y Finegan 1994, Camacho y Finegan 1997, Delgado *et al.* 1997) en Costa Rica. Todos ellos ubicados en el centro y sur de la ecoregión. Esto claramente limita un conocimiento completo de la situación de los bosques en la ecoregión que permita, inferir y/o recomendar acciones estratégicas para el desarrollo de tales sistemas de manejo.

## **2.7 Los Huracanes en Honduras.**

Honduras ha sido afectada desde el año 1890 por 41 huracanes y por 33 tormentas tropicales (Cuadro 4). La costa Atlántica en particular recibió el embate de 15 huracanes y tormentas tropicales entre 1951 y 1993 (Servicio Meteorológico Nacional, Honduras, 1998; citado por Ferrando 1998).

El huracán Mitch, que recientemente afectó la región centroamericana, Honduras fue en esta ocasión uno de los países más fuertemente afectados. Este evento fue calificado en la categoría 5 en la escala de huracanes de 1 a 5 de Saffir-Simpson (Servicio Meteorológico Nacional, Honduras, 1998) y en el momento que tocó tierra firme el evento se redujo a una categoría 2, con vientos sostenido de 155–177 kilómetros por hora.

La mayor frecuencia de huracanes se presenta entre los meses de septiembre y noviembre. En la zona norte de Honduras, los huracanes frecuentemente generan vientos en dirección norte-sur-norte, impactando fuertemente con la cordillera Nombre de Dios, la cual se desarrolla de este a oeste (Servicio Meteorológico Nacional, Honduras, 1998; citado por Ferrando, 1998).

Cuadro 4: Distribución por décadas de los ciclones tropicales que han afectado a Honduras entre 1870 y 1998.

Década	Ciclones tropicales	Tormentas tropicales	Huracanes
1870*	3		
1880*	3		
1890		3	4
1900		3	1
1910		0	6
1920		4	5
1930		10	3
1940		4	4
1950		2	3
1960		2	5
1970		1	6
1980		4	4
Total	6	33	41

Fuente : Sección de Climatología del Aeropuerto Toncontín, Tegucigalpa, Honduras.

\* ciclones tropicales = evento que no es posible diferenciarlo (por falta de información) entre tormentas o huracanes.



### 3. MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1 Descripción del área de Estudio.

El área de estudio se localiza en la costa norte de Honduras (15°N y 86°W), departamento Atlántida, en el municipio de La Ceiba, en tres bosques latifoliados ubicados sobre la cordillera Nombre de Dios. Los sitios de estudio se ubican dentro de las Areas de Manejo Integral (AMI): Toncontín y Río Viejo, ubicadas aproximadamente 30 km al sur de la ciudad de La Ceiba, dentro de la cuenca del Río Cangrejal (Figura 2).

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, los bosques del presente estudio corresponden a: Bosque muy húmedo Sub-tropical (bmh-S) (Rodríguez, 1992). El paisaje de cordillera posee relieves medios y altos en las secciones inferiores y relieves abruptos con pendientes superiores al 40 % en la parte alta (Rodríguez, 1992). La región se caracteriza por tener un clima cálido y húmedo con invierno lluvioso, con precipitaciones medias anuales de 3,000 mm, con un mínimo de precipitación anual de 1,518 mm en 1963 y un máximo en 1996 de 4,269.5 mm (Servicio Meteorológico Nacional, Tegucigalpa, Honduras, 1998) y alturas que van desde los 700-1100 metros sobre el nivel del mar.

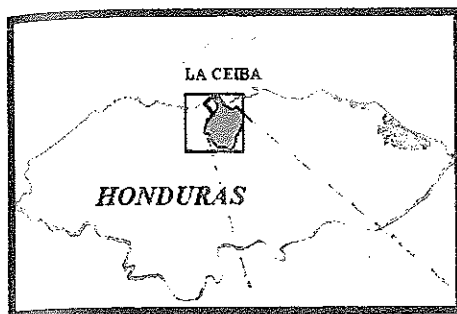
El trabajo de campo se llevó a cabo en tres bosques manejados (ver Figura 2) para fines de producción sostenible de madera (entre 1992 -94), bajo régimen de "convenio de usufructo", dentro del Sistema Social Forestal de la AFE-COHDEFOR, entre la Administración Forestal del Estado (AFE-COHDEFOR) y la Cooperativa Agroforestal Colón, Atlántida, Honduras, Limitada (COATLAHL). Dos de los bosques están en el Bosque comunal Toncontín y el tercero está en el bosque comunal La Victoria. Las actividades de aprovechamiento en los primeros dos bosques fueron realizadas en 1992 y 1994, y en el tercer bosque en 1992. Todos estos bosques fueron afectados por el huracán Mitch, en octubre de 1998, y el estudio se realizó a seis meses después de este evento. El cuadro 5 muestra las características de la vegetación de los bosques del estudio.

Cuadro 5. Area basal, número de árboles y especies por hectárea para los bosques del estudio.

Bosques comunales	Area Basal (m <sup>2</sup> /ha)	# arboles/ ha	# especies/ha
Toncontín (sitios I y III)	30.0	430	70
La Victoria (sitio II)	30.0	413	70

Fuente: Planes de manejo bosque comunal Toncontin y La Victoria.

Estos bosques se caracterizan por ser bosques primarios intervenidos, y presentan características topográficas (pendiente, altitud y exposición) y de vegetación similares. Las especies mas conocidas por su valor comercial son *Cedrela odorata* (cedro real), *Terminalia amazonia* (Cumbillo o Naranja), *Macrohasseltia macroterantha* (huesito), *Guarea grandifolia* (marapolán), *Mangnolia yoroconte* (redondo), *Hieronyma alchorneoides* (rosita o pilón), *Tapiriria guianensis* (piojo caobina), *Vochysia cf. jefensis* (san juan rojo), *Ilex skutchii* (san juan areno), *Calophyllum brasiliense* (maria) y *Symphonia globulifera* (varillo) entre las mas importantes.



**LEYENDA**

- Ciudad de La Ceiba
- Sitios de estudio: Toncontin y Río Viejo.
- Cuenca del Río Cangrejal

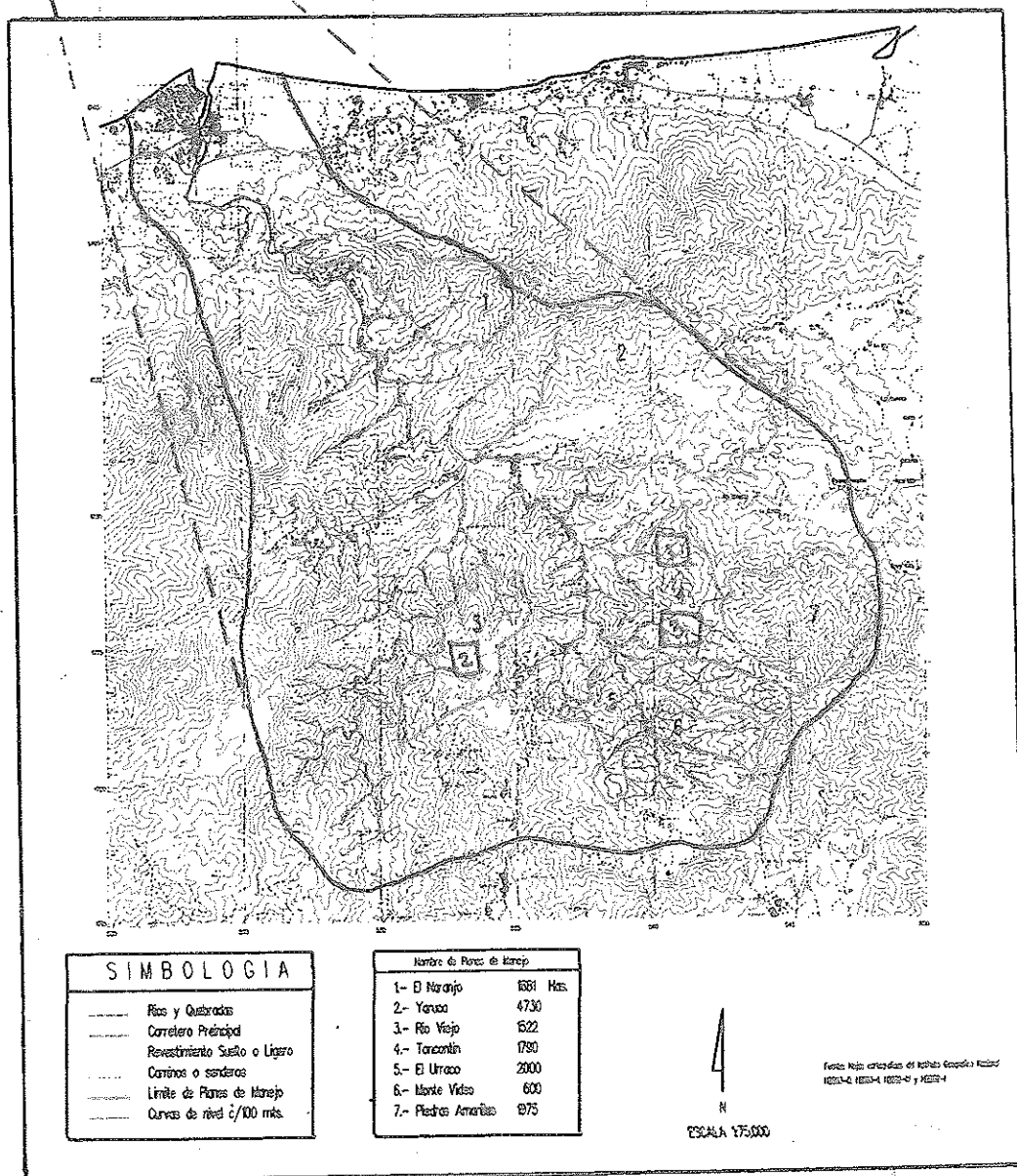


Figura 2. Mapa de Ubicación de la zona del estudio y de los sitios de muestreo.

### 3.2 Métodos.

El marco metodológico de las etapas del estudio y los productos esperados, se presentan en forma sucinta en la Figura 3.

#### 3.2.1 Selección de los tipos de bosques en los sitios de muestreo.

Cada bosque seleccionado fue ubicado por medio de fotografías aéreas, mapas cartográficos, mapas de ubicación de los bosques y giras de campo a los mismos que estaban afectadas por el huracán. Las áreas de bosque intervenido (Áreas de Corta Anual, en adelante BI) y las áreas de bosque natural (no intervenidos, en adelante BN) (Figura 4). Se definieron como áreas afectadas aquellas que presentaban cobertura arbórea marchita y/o seca, claros en el bosque, defoliación de las copas de árboles, árboles quebrados o rotos, árboles muertos o desraizados, árboles inclinados, entre otros. El bosque intervenido se determinó a partir de las áreas de bosque que fueron intervenidos por el aprovechamiento forestal, y el bosque no intervenido se determinó como tal realizando un reconocimiento de las áreas adyacentes al bosque intervenido con el apoyo de los miembros de los bosques comunales, por la ausencia de tocones o de rastros de árboles cortados.

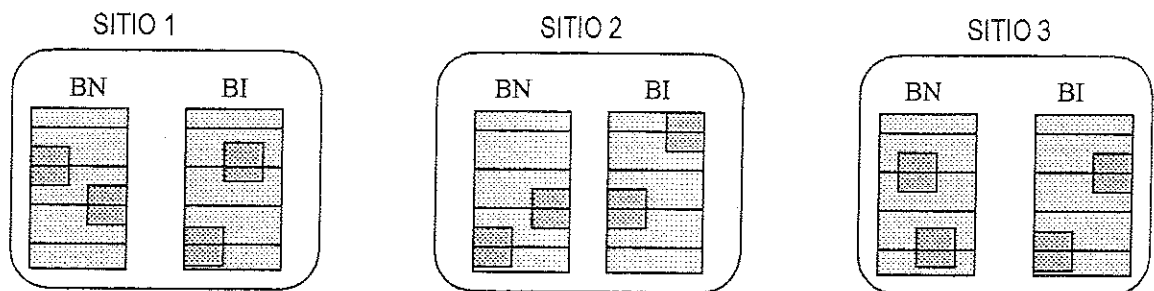


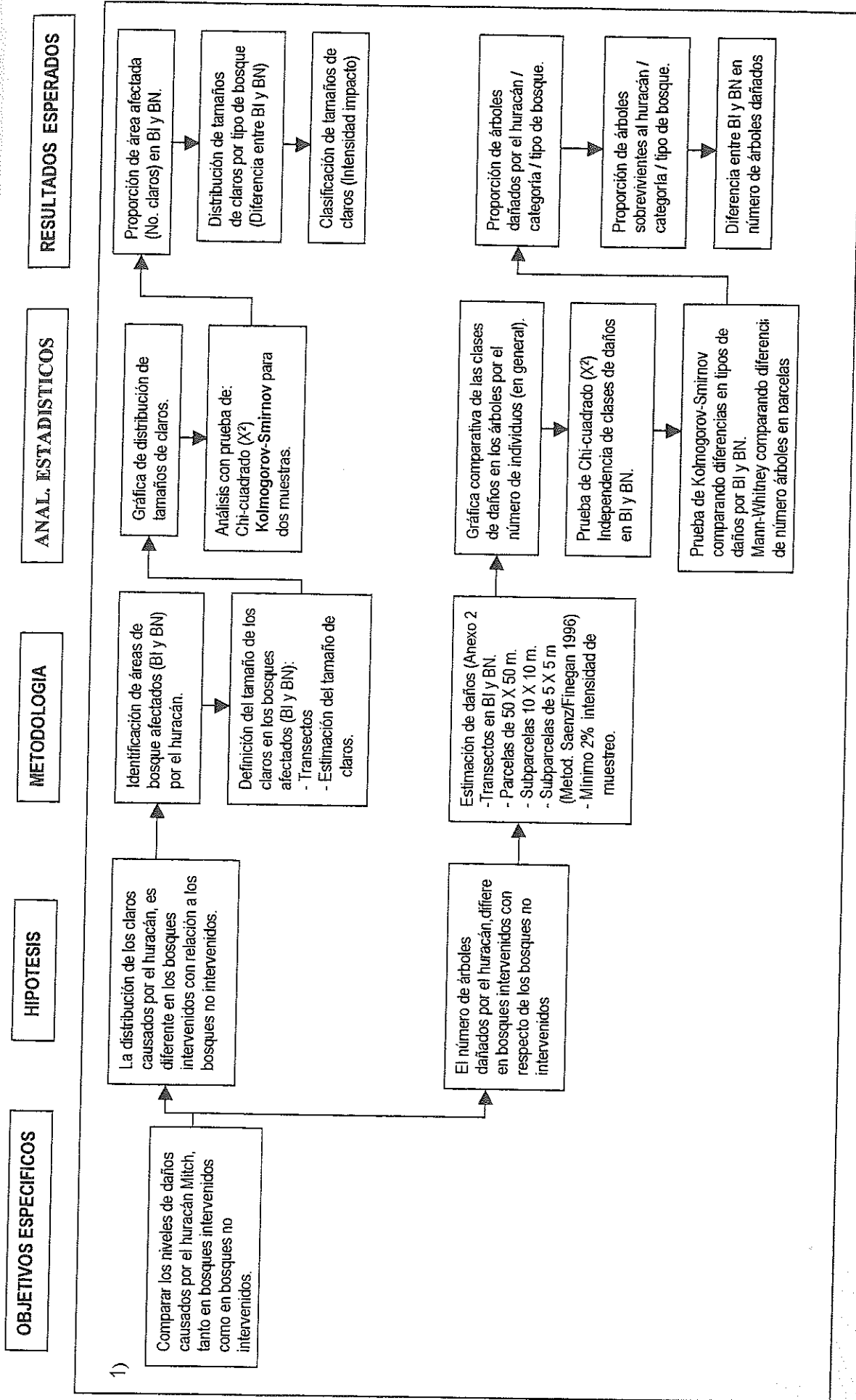
Figura 4. Diseño de los tratamientos en los sitios de estudio con sus parcelas respectivas.  
BI = Bosque Intervenido, BN = Bosque no Intervenido.

El tipo de muestreo empleado en el presente estudio es el "Muestreo Estratificado con Conglomerados en dos etapas" (Elementos de muestreo, p. 214, Scheaffer, Mendenhall y Ott, 1987) (ver Figura 8 y 9). El diseño está constituido de parcelas aleatorizadas, con 2 tratamientos (definidos por dos estratos de bosques en cada sitio) y 3 repeticiones (los tres sitios), en cada tratamiento 2 parcelas de muestreo dispuestas al azar en el terreno. Primero se seleccionó en forma aleatoria 4 transectos en los BI y BN de acuerdo a la gradiente altitudinal del terreno (en Figura 4), después sobre éstos transectos se seleccionaron en forma aleatoria las 2 parcelas para cada tipo de bosque. Las parcelas seleccionadas resultaron ser atípicas para los bosques, debido a que

presentaron datos de área basal y número de árboles por hectárea distintos a lo reportado en los inventarios y planes de manejo de los bosques en cuestión.

En los sitio I (Toncontin "El Tope", área de corta anual 1992-94) y sitio II (La Victoria "Palos Marcados", área de corta anual 1992-94) se tomo un área de muestra de 20 ha (10 ha para el bosque intervenido y 10 ha para el bosque natural), en el bosque comunal Toncontin, sitio "Los Encuentros" (área de corta anual 1994-96) se definió 58 ha como el área de la muestra (29 ha en el bosque intervenido y 29 ha para el bosque natural).

Figura 3. Etapas metodológicas y productos esperados del estudio, La Ceiba, 1999.



OBJETIVOS ESPECIFICOS

HIPOTESIS

METODOLOGIA

ANAL. ESTADISTICOS

RESULTADOS ESPERADOS

2a)

Describir la respuesta de la estructura en los rodales dañados (BI y BN) por el huracán.

La severidad de los daños en la estructura del bosque causados por el huracán, es diferente en bosques intervenidos con relación a los bosques no intervenidos.

Ubicación de los árboles en la parcela (Método, Camacho, en proc. publicación) (12 parcelas):  
-Parcelas de 50 X 50 m  
-Todos los árboles de la parcela (tocones, caídos y en pie) (min. DAP  $\geq$  30 cm)  
-Todas las especies (11)

Gráfica comparativa de la distribución de distancias entre árboles.

Prueba de Normalidad.  
-SI (Prueba de "t" de student)  
-NO (Prueba Kolmogorov-Smirnov)

Distribución espacial horizontal de los árboles/tipo de bosque:  
- Antes y después de aprovech  
- Después de aprovech

Diferencias en la distribución entre BI y BN, respecto al Mitch

Area Basal (12 parcelas)  
-Parcelas de 50 X 50 m  
-Todos los árboles (min. DAP  $\geq$  30 cm) en las parcelas  
-Todas las especies (11)

Gráfica Box-Plot de AB por BI y BN antes y después del huracán

Prueba de Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) para el Area Basal en BI y BN.  
Prueba Mann-Whitney para diferencias entre BI y BN

Gráfica comparativa del Area Basal Total (en BN y BI) antes y después del huracán.

Cuadro comparativo del AB y la Desviación estándar (en BI y BN) antes y después del huracán.

Estructura vertical (12 parcelas):  
-Parcelas de 50 X 50 m  
-Niveles de respuesta (Anexo 1)  
-Todos los árboles (min. DAP  $\geq$  30 cm) de la parcela  
-Todas las especies (11)

Gráfica comparativa de los niveles de respuesta.

Prueba de Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) Independencia de tipos de respuestas por BI y BN.

Prueba de Mann-Whitney para comparar diferencias entre BI y BN

Gráfica/Tabla comparativa de los niveles de respuesta

Diferencias entre BI y BN (resultado de la Prueba de G-test y Mann-Whitney)

**OBJETIVOS ESPECIFICOS**

**HIPOTESIS**

**METODOLOGIA**

**ANAL. ESTADISTICOS**

**RESULTADOS ESPERADOS**

2b)

Describir la respuesta de la regeneración en los rodales dañados (B y BN) por el huracán.

La regeneración del bosque por efecto del huracán, es diferente en rodales intervenidos con relación a los rodales no intervenidos

Latazal alto (Metodol. Sáenz / Finegan, 1996) (12 parcelas):  
-40 Subparcelas de 10 X 10 m  
-Todas las especies (11)  
-No. de individuos/especie/ha

Latazal bajo (Metodol. Sáenz/ Finegan, 1996) (12 parcelas):  
-80 Subparcelas de 5 X 5 m  
-Todas las especies (11)  
-No. de individuos/especie/ha

Brinzales (Metodol. Sáenz / Finegan, 1996) (12 parcelas)  
-80 Subparcelas de 2 X 2 m  
-Todas las especies (11)  
-No. individuos/especie/ha

Establecimiento de Plántulas:  
-80 Subparcelas de 1 X 1 m  
-Todas las especies (11)  
-No. individuos/especie/ha

1. Gráfica Box-Plot  
2. Prueba de Normalidad  
3. Prueba de "t" por especie (SI hay o NO diferencias entre B y BN)  
4. Prueba de Chi-cuadrada (X<sup>2</sup>) entre el promedio de todas las especies.

5. Análisis de correlación entre No. Plántas y Abundancia de la especie p.e. (SI hay o NO diferencias entre las especies a la respuesta).

Idem anterior 1, 2, 3, 4, 5.

Idem anterior 1, 2, 3, 4, 5.

Idem anterior 1, 2, 3, 4, 5.

a) Gráfica/Tabla del No. de individuos/ especie (B y BN)

b) Resultados de la Prueba de t  
c) Resultados de la Prueba de X<sup>2</sup>

Idem anterior a, b c.

Idem anterior a, b c.

Idem anterior a, b c.

**OBJETIVOS ESPECIFICOS**

**HIPOTESIS**

**METODOLOGIA**

**ANAL. ESTADISTICOS**

**RESULTADOS ESPERADOS**

3)

Describir la resistencia y/o susceptibilidad de todas las especies arbóreas del bosque y de las diez especies seleccionadas ante el disturbio por huracán.

Existen diferencias en la susceptibilidad al huracán entre las especies estudiadas.

Caracterización de los daños a las especies bajo estudio en toda el área (Anexo 2):

- Transectos (BI y BN)
- Todos los árboles (Min. 30 individuos/especie con DAP  $\geq$  30 cm)
- Parcelas 50 X 50 m (especies del estudio)

Gráfica de distribución de tipos de daños / especie.

Análisis de prueba de Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) de tipos de daños/ especie. (valor esperado = promedio) (Greenberg v McNab. 1998).

Porcentaje de árboles dañados por huracán/ especie.  
Diferencias entre especies

Susceptibilidad asociado con las características de la especie (tamaño del árbol, copa), del rodal (estructura)



### 3.3 Niveles de daños.

#### 3.3.1 Tamaño de los claros.

El claro es definido como una apertura en el dosel del bosque que se extiende hacia abajo a través de todos los niveles de follaje hasta cierta altura sobre el suelo (Brokaw, 1982a). Otros consideran que es el área directamente debajo del dosel abierto (una vista vertical) mas el área extendida a las bases adyacentes de las copas de los árboles (Runke, 1982).

En cada tipo de bosque, tanto para el bosque intervenido (BI) como para el no intervenido (BN), a partir de una población de transectos potenciales (diseño sistemático) se establecieron 4 transectos en forma aleatoria (ver Figura 5) con un ancho de 10 metros y una longitud de 100 a 200 metros (variación debido a la extensión continua de bosque o por la presencia de Guamiles o Tacotales) con una intensidad de muestreo (IM)  $\geq 2\%$  (Cuadro 6).

Cuadro 6. Intensidad de muestreo de los bosques comunales (sitios). Las áreas de muestreo aplican tanto para el bosque intervenido como para el no intervenido.

Sitio	Area total (m <sup>2</sup> )	Area transectos (m <sup>2</sup> )	Intensidad muestreo
Sitio 1	100,000 (10 ha)	4,000	4.00 %
Sitio 2	100,000 (10 ha)	3,000	3.00 %
Sitio 3	290,000 (29 ha)	8,000	2.76 %
Total	490,000 (49 ha)	15,000	

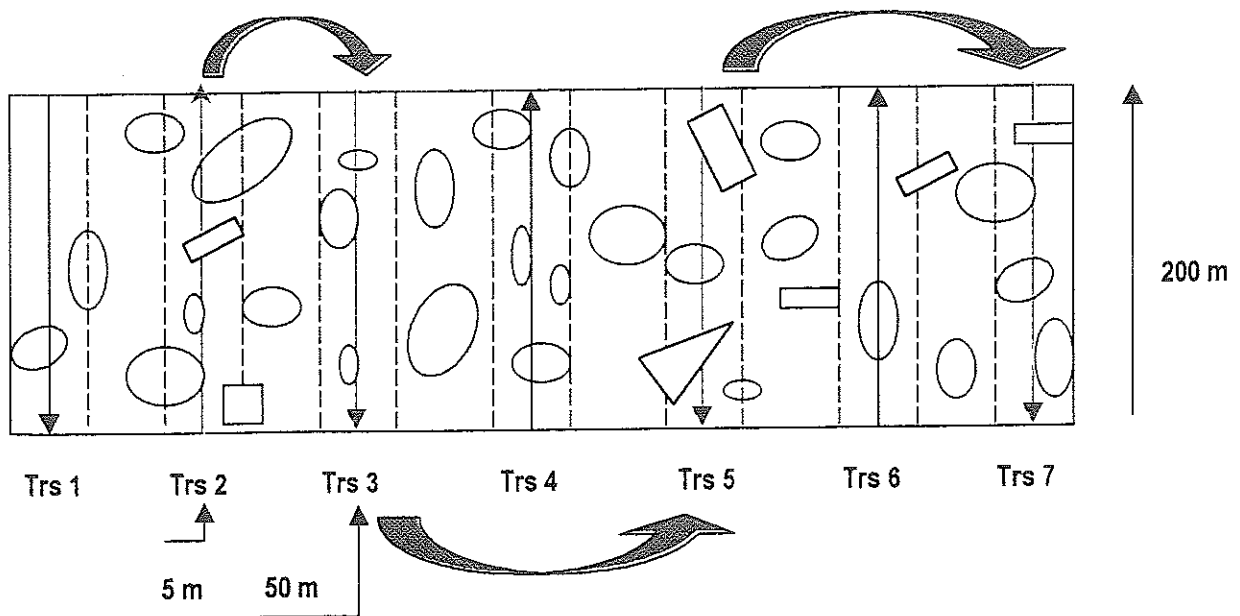


Figura 5. Esquema de líneas de transectos (Trs) para la ubicación y medición de los claros y de todos los árboles dañados en general en los bosques afectados.

### 3.3.2 Medición de los claros en los transectos.

Se midieron las áreas de los claros (en m<sup>2</sup>) que cayeron dentro de los 5 metros laterales a los transectos o fueron interceptados parcialmente en los límites de la misma. Se midieron dibujando la forma de las aperturas en el dosel del bosque por medio de un recorrido alrededor de los mismos, teniendo como límites las copas de los árboles presentes en los bordes. Para calcular el tamaño de los claros, las formas de los mismos se relacionaron con figuras geométricas parecidas y conforme a los lados o caras de la figura se midieron estos en el terreno. Posteriormente de acuerdo a la fórmula de la figura geométrica se calcularon las áreas de los claros. La proporción de las áreas bajo claros para los sitios se determinó por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Area bajo claro} = \frac{AT_0}{AT_a} * 100$$

AT<sub>0</sub> = Área total de los transectos para el tipo de bosque y sitio (m<sup>2</sup>).

AT<sub>a</sub> = Área total de los claros para el tipo de bosque y sitio dentro de transectos (m<sup>2</sup>).

La proporción del área de bosque afectada por los claros, se estimó a partir del área de claro que cayó efectivamente dentro de los transectos (ver Figura 5) no de todo el claro.

### 3.3.3 Clasificación del tamaño de los claros e intensidad de impacto del huracán.

Para efectos de definir la intensidad del impacto del huracán (en función de los niveles de daños a los árboles, la cobertura arbórea, y la superficie alterada) se ha construido una clasificación del mismo en varios niveles (Cuadro 7), retomando las observaciones de Allan & Starr (1982), Kramer & Verkaar (1998), y Bellingham *et al.* (1992), sobre la conveniencia de medir la relación al ambiente del tamaño de las áreas disturbadas, en una escala local a nivel de unidades de rodales o bosques, es decir, de los claros dentro de bosques manejados.

Cuadro 7. Intensidad del impacto/daños introducidos al bosque por efecto del huracán (Adaptado de Allan & Starr 1982, Kramer & Verkaar 1998, Laurance 1997, y Bellingham *et al.* 1992).

NIVELES DE IMPACTO	DESCRIPCION
a. <i>Fuertemente afectado</i>	Los bosques presentan abundantes claros grandes (5,000-10,000 m <sup>2</sup> ), sólo mantiene el 50% de su cobertura arbórea continua (en áreas de 2-3 ha), árboles defoliados, abundante árboles muertos y/o caídos, inclinados y quebrados.
b. <i>Moderadamente afectado</i>	Bosques con cobertura arbórea marchita/seca en manchas, el 50-70 % de su cobertura arbórea continua (en áreas de 2-3 has) se mantiene, hay pocos claros grandes (5,000-10,000 m <sup>2</sup> ) pero hay abundante claros medianos (600-5000 m <sup>2</sup> ) y claros pequeños (200-500 m <sup>2</sup> ) pocos árboles muertos, pocos árboles inclinados y quebrados.
c. <i>Levemente afectado</i>	Bosques con reducida cobertura arbórea marchita/seca, el 70-90 % de su cobertura arbórea continua (en áreas de 2-3 has) se mantiene, no hay claros grandes, hay muy pocos claros pequeños (200-500 m <sup>2</sup> ), no hay árboles caídos.

### 3.3.4 Número de árboles dañados en los transectos.

Las clases de daños se midieron a todos los árboles (en los transectos) que presentaron un dap  $\geq$  30 cm. Los daños se registraron de acuerdo a la causa: viento, arrastre por la caída de árbol grande, deslizamiento de tierra, aprovechamiento forestal y por el tipo de hábitat en que se encontraba: claro o sombra. Estas variables son una adaptación de la metodología de Frangi & Lugo (1991) y Walker (1991), empleados en la evaluación de los daños al bosque experimental "Luquillo" por el huracán Hugo (1989) (mayor detalle sobre las variables ver Anexo 1, Cuadros 1 y 2). Las variables medidas fueron las siguientes:

- Diámetro a la altura del pecho (dap = 1.30 metros)
- Número de arboles sin daños
- Proporción del árbol defoliado
- Proporción de árboles con ramas quebradas
- Número de árboles con fuste quebrado
- Número de árboles desraizados
- Número de árboles fuertemente inclinado y parcialmente desraizados
- Número de árboles parcialmente inclinados
- Número de árboles aprovechados
- Clases de altura (1 = 0-5 m, 2 = 5-10 m, 3 = 10-15 m, 4 = 15-20 m, 5 = 20-25, 6 = > 25 m).
- Area de copa (ancho y longitud) en m<sup>2</sup>.
- Proporción de masa radicular expuesta (ancho y profundidad) en m<sup>2</sup>.

### 3.3.5 Número de árboles dañados en parcelas.

Después de medir los claros y las clases de daños a todos los árboles en los transectos, en los mismos transectos seleccionados al azar se distribuyeron 16 parcelas de 50 m X 50 m (0.25 ha) para cada tipo de bosque y se escogieron en forma aleatoria 2 parcelas, dos parcelas en el bosque intervenido y dos en el bosque natural, haciendo un total de 4 parcelas en cada sitio de estudio, para un total de 12 parcelas en los tres sitios de estudio. En las parcelas se midieron las clases de daños y los tipos de respuesta de los árboles al impacto del huracán.

- a) Las clases de daños medidas fueron con las mismas descritas en los transectos, pero a diferencia de los transectos en las parcelas también se registraron los daños a individuos con dap de 10- 30 cm para las especies del estudio (Anexo 1, Cuadro 3). Otras variables adicionales que se midieron fueron: Coordenadas en X Y en metros lineales, para la ubicación de los árboles dentro de las parcelas (ver formularios de campo en anexo 3).

### 3.3.6 Daños en la regeneración.

De cada parcela de 0.25 ha (Figura 6a), se tomaron 10 subparcelas de 10 m X 10 m seleccionadas en forma aleatoria, en ellas se evaluaron la regeneración de los "Latizales altos" para las 10 especies priorizadas para el estudio (Cuadro 3, Anexo 1). La regeneración se evalúa en cuatro categorías de tamaño (Cuadro 7), siguiendo la propuesta de Sáenz y Finegan (en proceso de publicación), en 10 de las 25 sub-unidades de muestreo (Figura 6c). Haciendo un total de 40 sub-parcelas de muestreo por sitio (0.40 ha) y 120 sub-parcelas en los tres sitios (1.20 ha). Las mediciones de las otras categorías de regeneración se muestran en mayor detalle en el Cuadro 9.

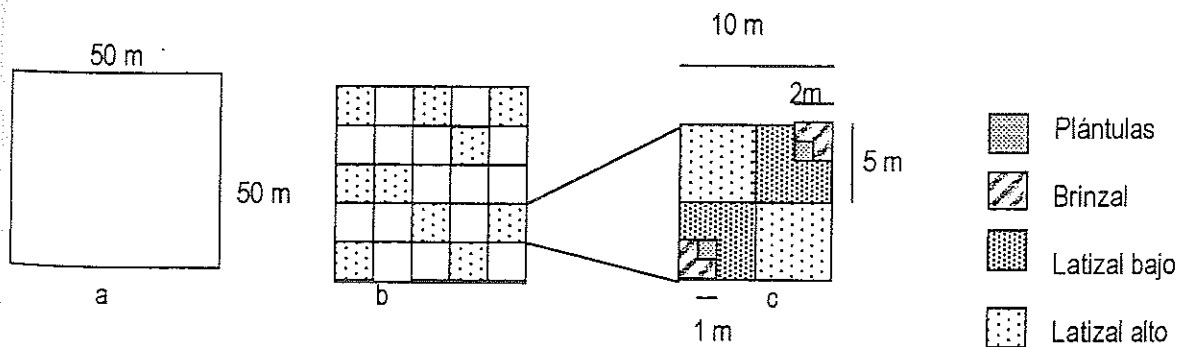


Figura 6: Diseño de parcelas para el muestreo de la regeneración.

a) Parcela de 50 X 50 m. b) 25 Sub-parcelas de 10 X 10 m. c) Sub-parcelas de 5 X 5 m, de 2 X 2 m y de 1 x 1 m.

Cuadro 8: Categorías de tamaño de regeneración

Categoría	Tamaño del individuo	Tamaño de parcela
Plántulas	0.05 a 0.3 m	1 m <sup>2</sup> (1x1m)
Brinzal	0.3 a 1.5 m	4 m <sup>2</sup> (2x2m)
Latizal bajo	1.5 m- 4.9 cm de DAP	25 m <sup>2</sup> (5x5m)
Latizal alto	5 cm a 9.9 cm de DAP	100 m <sup>2</sup> (10x10m)

Fuente: Ferrando, 1998.

Cuadro 9: Número de subparcelas por categoría de regeneración.

Categoría	N subparcela	N por parcela	n por BI y BN	n sitio (bosque)	TOTAL
Plántula	2 (2 m <sup>2</sup> )	20 (20 m <sup>2</sup> )	40 (40 m <sup>2</sup> )	80 (80 m <sup>2</sup> )	240 (240 m <sup>2</sup> )
Brinzal	2 (8 m <sup>2</sup> )	20 (80 m <sup>2</sup> )	40 (160 m <sup>2</sup> )	80 (320 m <sup>2</sup> )	240 (960 m <sup>2</sup> )
Latizal bajo	2 (50m <sup>2</sup> )	20 (500 m <sup>2</sup> )	40 (0.01 ha)	80 (0.20 ha)	240 (0.60 ha)
Latizal alto	1 (0.01 ha)	10 (0.10 ha)	20 (0.20 ha)	40 (0.40 ha)	120 (1.20 ha)

n = número de parcelas, BI = Area Intervenida, BN = Area No intervenida

### 3.3.6.1 Medición de los daños a los latizales altos y bajos.

Los daños causados a las categorías de la regeneración: Latizal Alto y Latizal Bajo, se midieron en las subparcelas de 10 m X 10 m, 5 m X 5 m respectivamente (Cuadros 8 y 9, y formularios de campo 3 y 4, Anexo 3). Las variables de medición fueron las siguientes:

- Número de latizales altos y bajos muertos o caídos
- Número de latizales altos y bajos con tallos quebrados
- Número de latizales altos y bajos con ramas quebradas
- Proporción de latizales altos y bajos defoliados.
- Número de latizales altos y bajos con ramas quebradas
- Número de latizales altos y bajos con ramas quebradas secándose.
- Número de latizales altos y bajos sin ningún daño visible.

## 3.4. Respuestas en la estructura.

### 3.4.1 Estructura horizontal.

Para determinar la distribución espacial horizontal de los árboles en el bosque en distintos momentos, se ubicaron los árboles en cada una de las parcelas de muestreo usando el sistema de coordenada cartesianas X Y, con el empleo de cintas métricas y cabuyas o cordeles, colocadas en dos bordes perpendiculares (siempre en la

misma posición, p.e. lateral SE con lateral NE), siguiendo la metodología de Saenz y Finegan (en proceso publicación). Después, empleando el programa "Distancias" (creado a partir del programa Delfi por Almeida Siteo y Harland Rivas), basado en los principios euclidianos de medición de distancias horizontales se pudo estimar las distancias entre los cinco árboles más cercanos. De esta forma se calcularon las distancias entre los árboles más cercanos (para todos los árboles) para diferentes momentos (antes y después del aprovechamiento y antes y después del huracán) en los dos tipos de bosques.

En las mediciones se consideraron los arboles aprovechados (tocones), los árboles dañados por el huracán y los árboles sobrevivientes al huracán. Lo que permitió obtener las variables:

- Distancias entre los arboles antes del aprovechamiento (BI y BN).
- Distancia entre los árboles después del aprovechamiento (BI y BN).
- Distancia entre los árboles después del huracán (BI y BN)

#### 3.4.2 Determinación del Area Basal.

El Area Basal total se determinó a partir de la suma de las áreas basales individuales de los árboles presentes en los bosques intervenidos y no intervenidos en los transectos y las parcelas, para los momentos antes y después del huracán. En las mediciones de los diámetros de los árboles se incluyeron los tocones de los árboles aprovechados. Las Variables calculadas fueron:

- Area basal ( $m^2/ha$ ) en bosque antes de aprovechamiento y del huracán.
- Area basal ( $m^2/ha$ ) en bosque después del aprovechamiento, pero antes del huracán
- Area basal ( $m^2/ha$ ) en bosque después del huracán.
- Area basal ( $m^2/ha$ ) perdido en bosque por el huracán.

#### 3.4.3 Estructura vertical.

Los tipos de respuesta que observaron los árboles dañados por tipo de hábitat: claro (clase de iluminación 1 y 2) y sombra (clase de iluminación 3, 4 y 5), y por la causante del daño: viento, arrastre por la caída de árbol grande, deslizamiento de tierra y aprovechamiento forestal fueron medidos en las mismas parcelas de 50 X 50 m antes mencionadas. Las variables que se midieron fueron las siguientes:

- Número de árboles sin ninguna respuesta
- Proporción de árboles con rebrote en fuste desraizado
- Proporción de árboles en pie/ caído con rebrote en tallo

- Proporción de árboles defoliados en proceso de secarse
- Proporción de árboles defoliados con rebrote de hojas
- Proporción de árboles con ramas quebradas en proceso de secarse
- Proporción de árboles en pie (ramas quebradas y defoliadas) con rebrote en copa

### 3.5 Respuesta de la regeneración.

#### 3.5.1 Respuesta de los Latizales Altos y Bajos.

Las respuestas al disturbio natural por la regeneración: Latizal Alto, para las 10 especies priorizadas del estudio también se midieron en las 10 subparcelas (10 X 10 m) seleccionadas en forma aleatoria (Figura 6b) a partir de cada parcela de 50 X 50 m. Para los latizales Bajos se midieron en las sub-parcelas de 5 X 5 m dentro de las subparcelas de 10 X 10 m. Las variables medidas para ambos latizales fueron las siguientes:

- Número de latizales / especies / ha.
- Número de latizales en pie/ caído con rebrote en tallo
- Proporción de latizales defoliado renovando hojas
- Proporción de latizales defoliado secándose
- Número de latizales con ramas quebradas secándose
- Número de latizales en pie (ramas quebrados y defoliado) con rebrote en copa

#### 3.5.3 Respuestas de los Brinzales y Plántulas.

En las sub-parcelas de 2 X 2 m y 1 X 1 m, se diferencian dos niveles de respuesta al disturbio natural en la regeneración: primero a nivel de Brinzal: los daños sufridos de la regeneración establecida por la apertura del dosel y segundo a nivel Plántulas, el establecimiento de nueva regeneración por las mismas condiciones de apertura del dosel, mayor espacio creado y la entrada de mayor cantidad de luz solar. En ambas se medirán el número de individuos dañados, los tipos de daños y respuestas de las mismas en los dos tipos de hábitat: en sombra y en luz (mayor detalle en los Anexos 1 y 3). Las respuestas de los Brinzales y Plántulas al disturbio natural se medirán a través de las siguientes variables:

- Número de brinzales y plántulas / especie / ha
- Número de brinzales y plantulas por tipo de hábitat
- Número de brinzales y plántulas por altura por tipo d bosque

### 3.6 Definición de la resistencia y/o susceptibilidad de las especies.

En la determinación de la resistencia y/o susceptibilidad de las especies a los daños causados por el huracán, se tomaron en cuenta las variables de daños medidas a los árboles en los transectos y parcelas. La resistencia a los daños de una especie en particular se definieron a partir de la comparación de los daños percibidos por esta con relación al promedio de todas las especies y la tolerancia (a partir de las respuestas de árboles dañados y la regeneración nueva). Esto permitirá distinguir en forma proporcional que especies fueron mas o menos dañados con respecto a las otras especies.

### 3.7 Análisis de la información.

En el análisis de numerosas variables se emplearon estadísticas no paramétricas y en menor medida con la prueba paramétrica Chi-cuadrado dado que se trabajó con variables discretas, con desigual número de observaciones por tipo de bosque. La información de campo a nivel de los transectos y parcelas se procesaron en Excel 7.0 y para realizar las pruebas estadísticas se empleo el paquete estadístico SYSTAT 9.0.

#### 3.7.1 Tamaño de los claros.

Los tamaños de los claros se mostraran a través de una gráfica de distribución de frecuencias. Teniendo en cuenta que los claros en el bosque no tienen una distribución normal, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov ( $D_n$ ) para dos muestras (Levin & Rubin, 1996) para ver las diferencias en la distribución de las frecuencias del tamaño de los claros en los bosques intervenidos con respecto de los bosques no intervenidos. La estadística Kolmogorov-Smirnov permitirá juzgar que tan cerca esta la distribución de frecuencia observada de la distribución de frecuencia esperada (ya que la distribución de probabilidad de  $D_n$ , depende del tamaño de la muestra  $n$ , pero es independiente de la distribución de frecuencia esperada).

#### 3.7.2 Número de árboles dañados.

La información resultante de los daños a todos los árboles en general, se presenta en una gráfica comparativa de las clases de daños por el número de individuos registrados. Aquí se aplicó la prueba de Chi-cuadrado, para ver la relación de la distribución de los daños en los bosques intervenidos con respecto de los no intervenidos y si los daños son dependientes o independientes de los tipos de bosques. El análisis se aplica tanto para ver la proporción de árboles dañados como los sobrevivientes a los disturbios (aprovechamiento y huracán).



En vista de que los datos no presentaron una distribución normal, posteriormente se aplicó la prueba no paramétrica Kolmogorov-Smirnov ( $D_n$ ) para dos muestras, para comparar la distribución de los daños en ambos tipos de bosque (BI y BN). También se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney (U) para comparar las diferencias en las clases de daños entre los bosques intervenidos y los no intervenidos, ambos afectados por el huracán.

### 3.7.3 Estructura horizontal (distancia y área basal).

Los resultados obtenidos se presentan por medio de una gráfica comparativa de la distribución de las distancias entre árboles (antes y después del huracán, tanto en bosques intervenidos como en los bosques no intervenidos). Inicialmente se planteó aplicar la prueba de normalidad para ver la distribución de los datos. Debido a que los datos no presentaron una distribución normal, se aplicó la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov ( $D_n$ ) para dos muestras, para ver si existen diferencias significativas en la distribución de frecuencia de las distancias observadas con relación a la distribución esperada. Bajo el supuesto que la distribución horizontal (distancias) de los árboles en bosques intervenidos sea mayor con relación a los bosques no intervenidos. Así la prueba permitirá juzgar que tan cerca esta la distribución de frecuencia observada de la distribución de frecuencia esperada y ver sus diferencias.

La distribución del área basal total en ambos tipos de bosques con relación al tiempo antes y después del huracán se representa a través de una gráfica de Box-Plot, para establecer comparaciones de las diferencias de distribución del área basal entre los tipos de disturbios y del impacto potenciado (aprovechamiento + huracán). Posteriormente se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney (U) para comparar las diferencias del área basal entre los bosques intervenidos y no intervenidos, en los momentos antes del aprovechamiento y del huracán, y después del huracán.

### 3.7.4 Estructura vertical.

Los datos obtenidos se presentan en cuadros y una gráfica comparativa para mostrar los niveles de respuesta en los diferentes tipos de bosque. Debido a que las observaciones son variables discretas, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney para ver si hay diferencias significativas en la distribución de los tipos de respuesta entre ambos tipos de bosques.

### 3.8.5 Respuesta de los latizales altos, latizales bajos, brinzales y plántulas.

Para todos los resultados de los datos obtenidos para cada una de las categorías de regeneración, se presentan en una gráfica de histogramas de frecuencia, y otros, para comparar los tipos de respuesta y el tamaño o rango de los valores de la regeneración por el número de individuos registrados en los diferentes tipos de bosque. Se aplicó la prueba de normalidad para ver la distribución de los datos y después se aplicó la prueba de "t" de student para ver las diferencias entre los bosques intervenidos y no intervenidos. Finalmente se aplicó la prueba de Chi-cuadrado para comparar la proporción de los niveles de daños por especie con relación al promedio de todas las especies (analizando cada especie contra el promedio de todas las especies). Y para ver si estas respuestas son o no independientes a los tipos de bosque y determinar si son diferentes o no entre los bosques intervenidos y los no intervenidos.

### 3.7.6 Susceptibilidad de las especies.

Los resultados obtenidos tanto en los transectos como en las parcelas se presentan en gráficas de la distribución de tipos de daños por especies. Posteriormente se aplicó la prueba de Chi-cuadrado para observar la proporción de daños entre las distintas especies con respecto al promedio de todas las especies y definir si las diferencias en daños entre las distintas especies son o no independientes a los tipos de bosques, para finalmente determinar si estos son significativos para las especies del estudio.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION.

### 4.1 NIVEL / SEVERIDAD DE LOS DAÑOS.

#### 4.1.1 TAMAÑO DE LOS CLAROS.

##### 4.1.1.1 Proporción del área de bosque dañada por el huracán.

Los claros medidos durante el estudio fueron producidos en el caso de los bosques intervenidos por el aprovechamiento forestal más el huracán Mitch. Pero, en el caso de los bosques no intervenidos estos fueron producidos solamente por el huracán. Los resultados presentados en la Figura 7 (y Cuadro 10 en Anexo 1), indican los porcentajes de área de bosques afectados de la muestra.

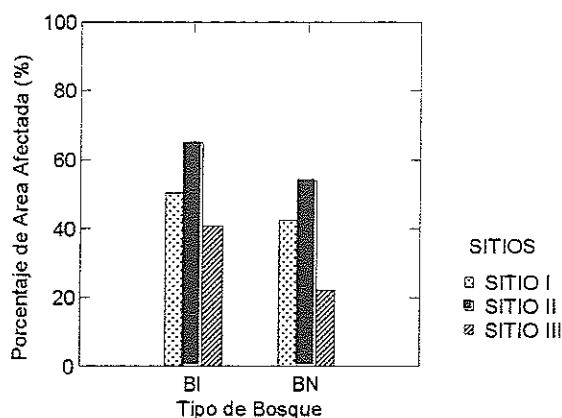


Figura 7: Proporción de área de bosque afectado por el huracán por tipo de bosque y sitio.

BI = Bosque intervenido, BN = Bosque no intervenido.

Sito I: Bosque comunal Toncontín "El Tope", Sitio II: Bosque comunal La Victoria, Sitios III: Bosque comunal Toncontín "Los Encuentros".

Los sitios I y II (Toncontín "El Tope" y La Victoria "Palos Marcados") fueron proporcionalmente más dañados (Figura 7, y Cuadro 10 en Anexo 1) con aperturas en el dosel de los bosques intervenidos, representando en ambos casos más del 50 % del área del muestreo (a excepción del bosque no intervenido en el sitio I). En el caso particular del sitio II (La Victoria "Palos Marcados") la proporción de apertura en el bosque intervenido como en el no intervenido fue mayor al 50 % del área de muestreo. Es probable que esto se deba en parte a la exposición del terreno a la trayectoria del huracán, sin embargo las fuertes pendientes (62-73 %) seguramente también contribuyeron a la caída de los árboles, entre otras causantes como la lluvia.

En cambio en el sitio III (Toncontín "Los Encuentros") ambos tipos de bosques (Cuadro 10, Anexo 1 y Figura 7) fueron menos afectados con respecto del área de la muestra (menos del 50 %). En general, la figura 7 muestra una tendencia para el área bajo claros de ser proporcionalmente mayor en bosques intervenidos que en no intervenidos.

Las áreas de bosques abiertas con claros producidos por el huracán (en los dos tipos de bosques) en forma directa e indirecta, dependen de las causas de su origen. En forma directa cuando se debió a los fuertes vientos huracanados e indirectamente cuando fue producido por los deslizamientos de tierra, el que a su vez fue producido por las intensas lluvias originadas por el mismo evento natural.

Una diferencia marcada de los claros causados por aprovechamiento forestal y los claros causados solamente por el huracán no fue posible determinarla en el bosque. Ya que los claros en los bosques intervenidos después de aproximadamente ocho años, con la incidencia del huracán con árboles caídos y fustes quebrados, no fue posible definir físicamente los límites de los claros (basado en las copas de árboles que definen estos límites) hechos por el aprovechamiento en el dosel del bosque y al mismo tiempo ver donde empezaron los causados por el huracán. Sin embargo, se puede definir que los claros en los bosques aprovechados son en una mayoría producto de los dos eventos (aprovechamiento mas huracán) y los claros en los bosques no intervenidos, son producidos por el huracán.

#### 4.1.1.2 Distribución de tamaños de claros por tipo de bosque y sitio.

El Cuadro 10 muestra que los claros en los bosques intervenidos tienden a ser más grandes (ver Figura 8), sin embargo la diferencia no es significativa, y el tamaño promedio en el bosque intervenido se reduce a 1,407 m<sup>2</sup>. Si se quita el valor extremo 11, 084 m<sup>2</sup>. La desviación estándar alta se debe probablemente a la gran variación del tamaño de los claros.

Cuadro 10. Tamaño de los claros (m<sup>2</sup>) por tipo de bosque.

Tipo de Bosque	n	$\bar{x}$	Rango	s
Bosque Intervenido	25	1795	72-11,084	2,385.5
	24	1407	72-4,754	1,424.7
Bosque No Intervenido	23	1300	28-4524	1,173.0
D <sub>n</sub> = 0.157		Ajuste: D <sub>n</sub> = 0.149		
P = 0.913		P = 0.94		

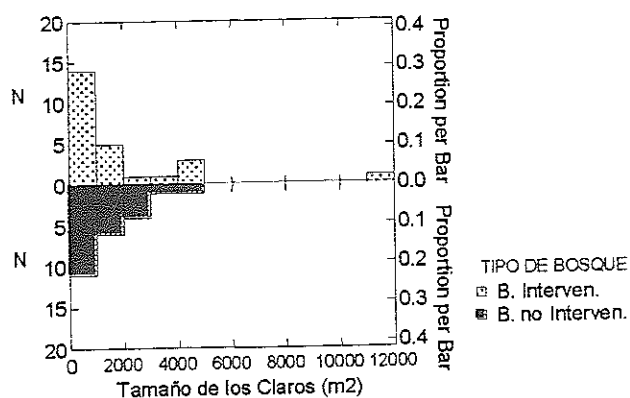


Figura 8: Frecuencia de claros por tipo de bosque.

BI = Bosque intervenido (n = 25), BN = Bosque no intervenido (n = 23).

Un claro más grande del promedio, en el bosque intervenido (bosque comunal Toncontín), puede explicarse que es debido a que se aprovecharon un mayor número de árboles grandes en un área pequeña, esto sumado a los daños del huracán Mitch. Además en este bosque en particular no se observaron evidencias de guamiles o actividades agrícolas en el pasado reciente que pudieran asumir el origen de un claro más grande al promedio.

Un análisis más detallado de los tamaños de claros por tipo de bosque y por sitio (Cuadro 11 y Figura 9), muestra que en el sitio I (Toncontín "El Tope"), muestra que el tamaño promedio de los claros, sus rangos y desviación estándar por sitio y tipo de bosque, por su alta variabilidad no se logró mostrar diferencias significativas entre tipos de bosques, por sitios ni entre sitios. La Figura 10 muestra como fueron distribuidos los claros según clase de tamaño, confirmando la alta variabilidad por sitio y tipo de bosque.

Cuadro 11. Tamaño promedio de los claros (m<sup>2</sup>) por tipo de bosque y sitio.

Tipo de Bosque/ Sitio	n	$\bar{x}$	Rango	s	Probabilidad
Sitio I BI	6	2977	344-11,084	4180	$D_n = 0.267$
BN	9	1062	33-3142	1066	$P = 0.952^{NS}$
Sitio II BI	7	1292	106-4241	1415	$D_n = 0.321$
BN	8	1211	28-2941	894	$P = 0.822^{NS}$
Sitio III BI	12	1497	72-4754	1576	$D_n = 0.250$
BN	6	1777	104-4524	1652	$P = 0.906^{NS}$

NS = No hay diferencias significativas entre el bosque intervenido (BI) y el bosque no intervenido (BN).

La diferencia del tamaño de los claros entre los bosques intervenidos y no intervenidos también fue comparada en los sitios 1 y 2 del estudio, la prueba de Kolmogorov-Smirnov no muestra diferencias significativas al 0.05 ( $D_n = 0.000$ ;  $P = 0.611$ ;  $n_1 = 15$ ,  $n_2 = 15$ ), entre los sitios 1 y 3 tampoco muestran diferencias significativas al 0.05 ( $D_n = 0.178$ ;  $P = 0.926$ ;  $n_1 = 15$ ,  $n_2 = 18$ ) y entre los sitios 2 y 3 al igual que en los casos anteriores tampoco mostraron diferencias significativas al 0.05 ( $D_n = 0.200$ ;  $P = 0.848$ ;  $n_1 = 15$ ,  $n_2 = 18$ ).

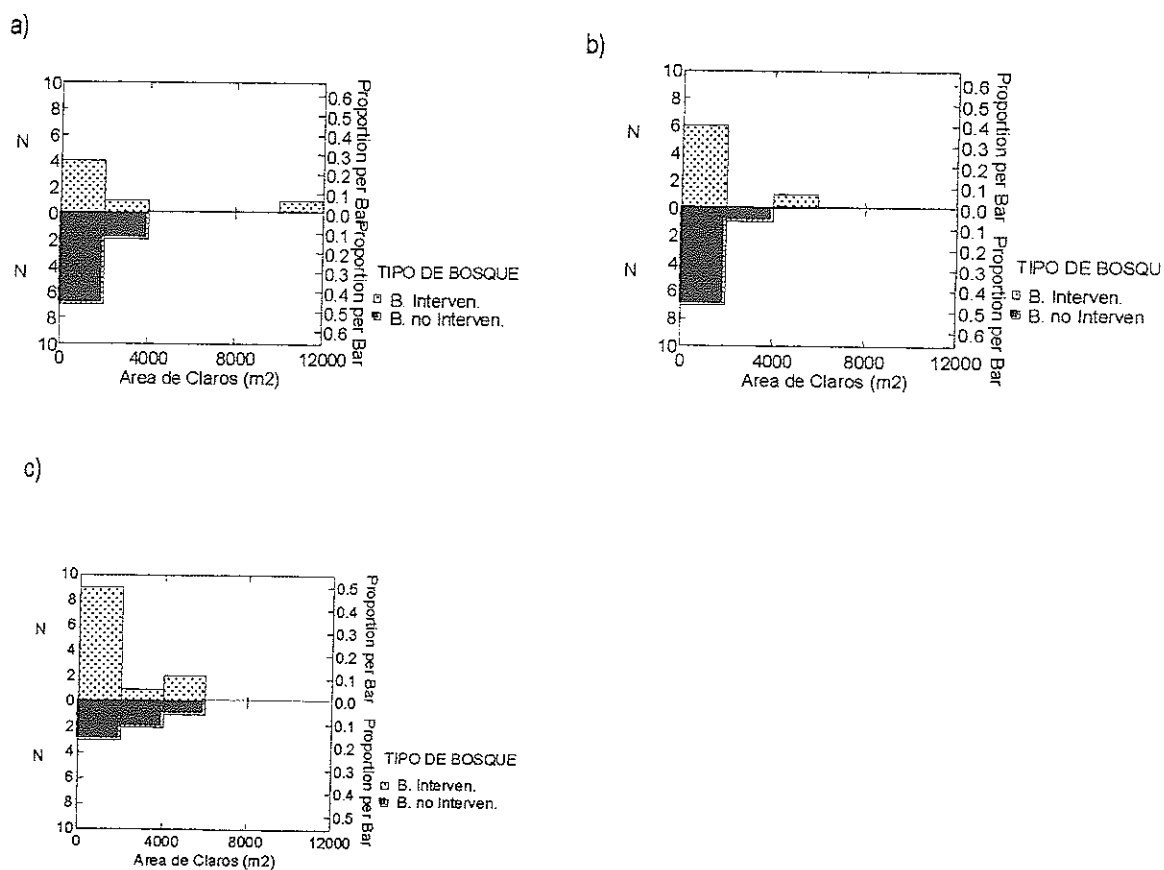


Figura 9: Distribución de tamaños de claros por tipo de bosque y sitio después del huracán Mitch.

a) Sitio I: Bosque Toncontin "El Tope", b) Sitio II: Bosque La Victoria "Palos Marcados" y c) Sitio III: Bosque Toncontin "Los Encuentros".

Las condiciones topográficas predominantes de los bosques también influyeron en la ocurrencia de los claros, en el bosque intervenido del sitio III, este presentó un terreno mas accidentado (con mayores ondulaciones) comparado al bosque no intervenido, en éste último el terreno fue menos ondulado. Esto indica que terrenos mas accidentados o con mayores ondulaciones, presenta un mayor riesgo a deslizamiento de tierras. De hecho, en el presente estudio solamente se registraron dos casos de claros causados por deslizamiento de tierras (en los bosques no intervenidos de los Sitios II y III), en ambos casos las áreas se encontraban en

terrenos con pendientes mayores al 60 %. De ésta forma, los árboles están más propensos a daños como desraizamiento o quebradura de fustes y con ello producir claros en el dosel del bosque.

Eventualmente, en los claros más grandes (los cuales se observan predominantemente en los bosques intervenidos) tendrá lugar una mayor regeneración de especies arbóreas especialistas de estos tipos de hábitat (heliófitas). Sin embargo, las áreas de bosque remanente en condiciones de sombra también se mantendrán las especies esciófitas. Esto implica que se generará una mayor competencia en la predominancia entre las especies heliófitas y esciófitas en el bosque, lo cual podría incidir en cambios en la estructura y composición de estos bosques.

#### 4.1.1.3 Intensidad del impacto.

De acuerdo a la clasificación del tamaño de los claros y su intensidad de impacto (ver clasificación Cuadro 6, acápite 3.3.3), la intensidad del impacto por los daños a los bosques comunales por el huracán fue *moderadamente afectado* para ambos tipos de bosques. El aprovechamiento ha influido en el área bajo claros (m<sup>2</sup>/ha) pero no en el tamaño promedio de los claros causados por el huracán.

#### 4.1.2 NUMERO DE ARBOLES DAÑADOS.

##### 4.1.2.1 Proporción de árboles dañados por tipo de bosque.

Aunque la proporción de árboles (dap  $\geq$  10 cm) dañados en general es similar en los dos tipos de bosque (Cuadro 12) 75 % en el bosque intervenido y un 73 % en el no intervenido, la prueba de chi-cuadrado indica que la distribución sobre las clases de daños difiere significativamente entre los bosques al 0.001 ( $X^2 = 56.70$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 919$ ,  $n_2 = 919$ ).

Cuadro 12: Distribución de las clases de daños de árboles (dap  $\geq$  10 cm) por tipo de bosque y sitio (%).

Código	CLASES DE DAÑOS	BOSQUE INTERVENIDO				BOSQUE NO INTERVENIDO				TOTAL
		Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Total	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Total	
1	Arboles sin daño	14.88	28.21	34.44	24.70	11.57	26.78	46.34	27.31	26.01
2	Defoliación	16.19	20.94	14.90	16.97	43.32	4.75	22.30	24.37	20.67
3	Ramas quebradas	16.45	15.81	16.89	16.43	21.07	28.14	14.29	21.22	18.82
4	Fuste quebrado	30.03	16.67	16.23	22.09	9.50	14.92	8.71	11.00	16.54
5	Desraizado/inclinado	22.45	18.38	17.55	19.80	14.54	25.42	8.36	16.10	17.95
	<i>Porcentaje</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>
	<b>TOTAL</b>	<b>383</b>	<b>234</b>	<b>302</b>	<b>919</b>	<b>337</b>	<b>295</b>	<b>287</b>	<b>919</b>	<b>1838</b>

Sitio I: Bosque comunal Toncontín "El Tope", Sitio II: Bosque comunal La Victoria "Paños Marcados", Sitio III: Bosque comunal Toncontín "Los Encuentros"

La proporción de árboles defoliados y con ramas quebradas (Cuadro 12 y Figura 10) fue mayor en el bosque no intervenido con respecto del bosque intervenido. Mientras que los árboles con fustes quebrados, desraizados e inclinados en el bosque intervenido la proporción fue mayor con respecto del bosque no intervenido.

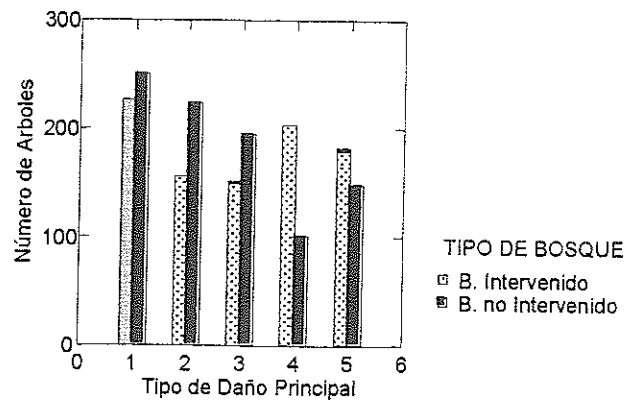


Figura 10: Clases de daños a los árboles por tipo de bosque.

Clases de daños 1 = Árboles sin daño, 2 = Árboles defoliados, 3 = Árboles con ramas quebrados, 4 = Árboles con fuste quebrado, 5 = Árboles desraizados e inclinados.

Además, la prueba de Chi-cuadrado sobre la distribución de las clases daños de árboles con dap > 30 cm por tipos de bosques al 0.001 ( $X^2 = 91.767$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 326$ ,  $n_2 = 298$ ) para el sitio I, al 0.001 ( $X^2 = 44.449$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 168$ ,  $n_2 = 216$ ) para el sitio II, y al 0.001 ( $X^2 = 25.474$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 206$ ,  $n_2 = 154$ ) para el sitio III, muestran que las distribuciones de las clases de daños (proporciones) entre los bosques intervenidos y no intervenidos no son independientes a los tipos de bosques, lo que nos indica que los daños en la estructura del bosque por efecto del huracán son diferentes en los bosques intervenidos y los no intervenidos y también son diferentes en los tres sitio del estudio (ver Figura 11). Cabe aclarar que las proporciones de los daños son diferentes para cada sitio (ver Cuadro 12).

Es probable que los vientos huracanados entraron con mayor libertad en los bosques intervenidos, debido a las aperturas del aprovechamiento, provocando desraizamiento y quebrando los fustes de los árboles, además las lluvias probablemente también provocaron mayor deslizamientos de tierras en este tipo de bosque debido a la apertura del dosel. En cambio, en los bosques no intervenidos los vientos huracanados causaron mas daños por defoliación y ramas quebradas debido a que el dosel estaba relativamente mas cerrado comparado al bosque intervenido. Sin embargo, obviamente debido a la gran fuerza y velocidad de los vientos, también provocaron desraizamiento y quebradura de fustes de árboles. Además los patrones de daños a los árboles, a



nivel de sitios no siempre fueron los mismos, en el caso del sitio II (Figura 11) los daños por desraizamiento y fustes quebrados fueron mayores en el bosque no intervenido con respecto del intervenido.

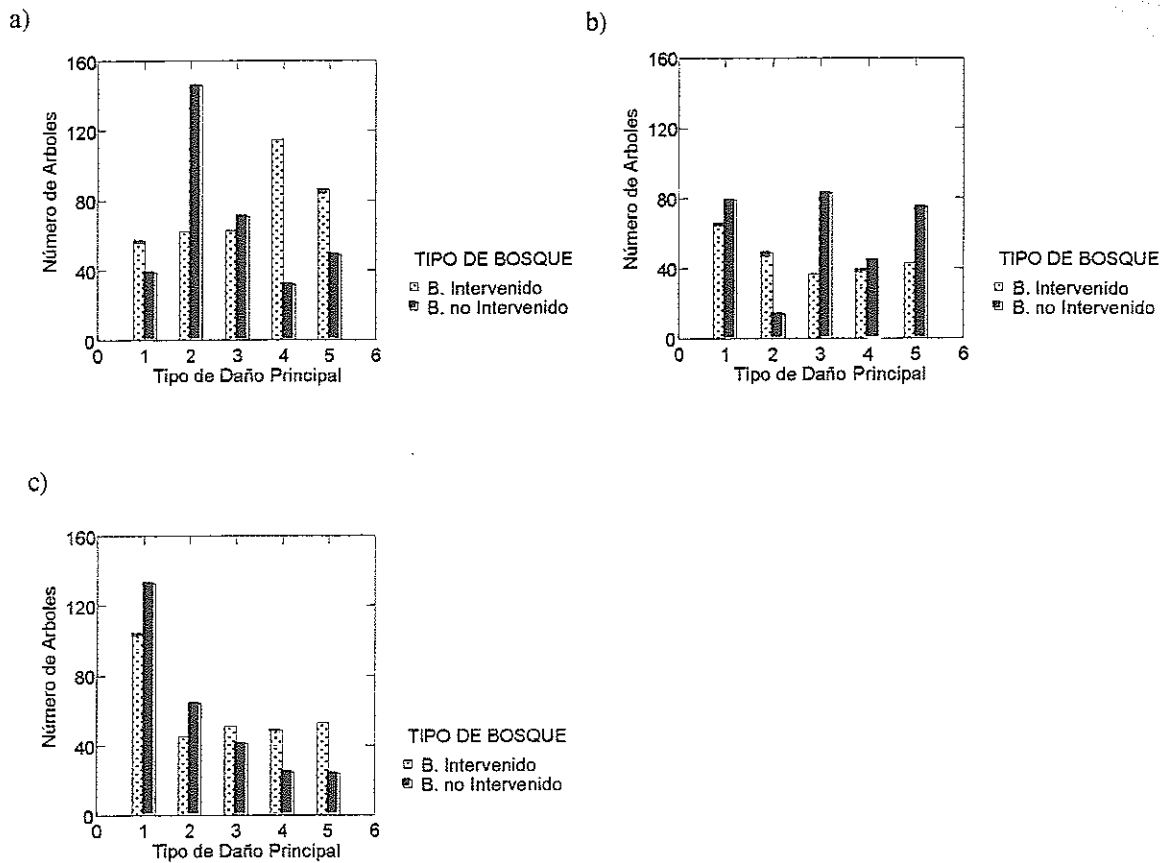


Figura 11: Numero de arboles dañados por clase y por tipo de bosque y sitio. a) Sitio I, b) Sitio II, c) Sitio III.

Clases de daños 1 = Arboles sin daño, 2 = Arboles defoliados, 3 = Arboles con ramas quebrados, 4 = Arboles con fuste quebrado, 5 = Arboles desraizados e inclinados.

#### 4.1.2.2 Proporción de latizales altos y bajos dañados por tipo de bosque.

Comparando la regeneración de "Latizal Alto" sin daños con los que recibieron alguna clase de daño (Figura 12), se determinó que el 34 % y 54 % (bosque intervenido y no intervenido respectivamente) de la muestra no percibieron daños. Además, la prueba de Chi-cuadro muestra que hay diferencias muy significativas en la distribución de las clases daños al 0.01 ( $X^2 = 31.75$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 343$ ,  $n_2 = 413$ ) entre los dos tipos de bosques

El daño a los latizales se debe por un lado a la gran cantidad de árboles caídos y fustes quebrados en el bosque intervenido y por otro lado al efecto de los vientos directamente sobre los mismos.

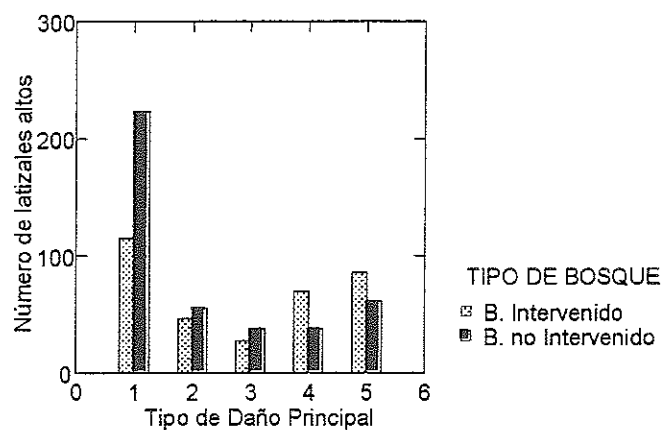


Figura 12: Clase de daños en los Latizales Altos por tipo de bosque.

Clases de daños 1 = Árboles sin daño, 2 = Árboles defoliados, 3 = Árboles con ramas quebradas, 4 = Árboles con fuste quebrado, 5 = Árboles desraizados e inclinados.

Una revisión más detallada de las clases de daños (Cuadro 11, Anexo 1), muestra que la proporción de latizales altos desraizados e inclinados, fustes quebrados y ramas quebradas (Figura 12) es mayor en el bosque intervenido con respecto del bosque no intervenido. Sin embargo, en la defoliación la relación es inversa, en el bosque intervenido hay menor defoliación con respecto al bosque no intervenido. Se puede apreciar que en el bosque intervenido, debido a que ofrece una mayor apertura en el dosel forestal, el porcentaje de latizales altos caídos y quebrados es mayor con respecto del bosque no intervenido. Sin embargo, el porcentaje de latizales altos defoliados y ramas quebradas no presenta grandes diferencias entre los dos tipos de bosques, debido a que la caída de los árboles grandes probablemente tiene un efecto similar en ambos tipos de bosques.

Un análisis sobre "el porcentaje de latizales altos dañados", la prueba de Chi-cuadrado al 0.01 ( $\chi^2 = 44.69$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 227$ ,  $n_2 = 190$ ), muestra que las distribuciones de los daños no son independientes a los tipos de bosques, lo que sugiere que hay diferencias muy significativas entre los bosques intervenidos y los no intervenidos. En general, los latizales altos reflejan condiciones de daños muy parecidas a los árboles, probablemente debido a que por su tamaño están expuestos a los mismos riesgos de los impactos por los vientos, lluvias y también por los daños indirectos como la caída de árboles que inciden en ella.

Al nivel de la regeneración "Latizal Bajo" (Figura 13), la comparación de la regeneración sin daños con los que recibieron alguna clase de daño, determinó que el 66 % y 78 % no percibieron daños (en los bosques

intervenidos y no intervenidos respectivamente) y un 34 % y 22 % de los mismos registraron alguna clase de daño, tanto en el bosque intervenido como en el no intervenido.

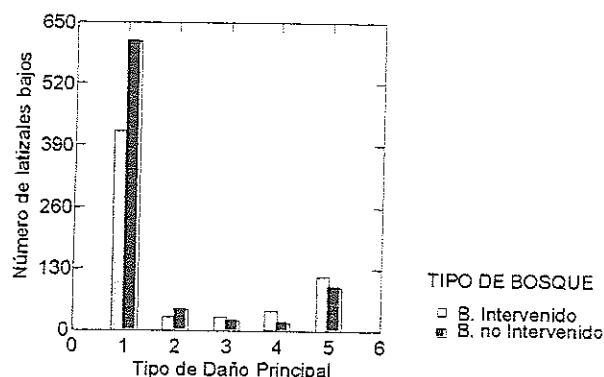


Figura 13: Clases de daños en los Latizales Bajos por tipo de bosque.

Clases de daños 1 = Árboles sin daño, 2 = Árboles defoliados, 3 = Árboles con ramas quebrados, 4 = Árboles con fuste quebrado, 5 = Árboles desraizados e inclinados.

Una vista mas detallada de los daños (Cuadro 12, Anexo 1) muestra que el porcentaje de latizales bajos desraizados e inclinados, fustes quebrados y ramas quebradas indican ser mayor en el bosque intervenido con respecto del bosque no intervenido, donde el porcentaje de latizales bajos desraizados e inclinados, fustes quebrados y ramas quebradas. Sin embargo, la relación es inversa en la defoliación en el bosque intervenido que es inferior al bosque no intervenido con latizales bajos defoliados.

La situación de los latizales bajos es muy parecida a los latizales altos, se mantiene la tendencia de mayores daños en el bosque intervenido por árboles desraizados e inclinados y fustes quebrados con respecto del bosque no intervenido. Sin embargo, las ramas quebradas fueron relativamente mayores en el bosque intervenido con respecto del bosque no intervenido. Las condiciones que posiblemente afectaron y/o favorecieron a ambos tipos de bosques son las mismas planteadas en los latizales altos.

Un análisis sobre "la proporción de latizales bajos dañados", con la prueba de Chi-cuadrado al 0.01 ( $X^2 = 33.01$ ;  $P = 0.010$ ;  $n_1 = 633$ ,  $n_2 = 783$ ), muestran que las distribuciones de los daños no son independientes a los tipos de bosques, lo que sugiere que presentan diferencias muy significativas entre los bosques intervenidos y los no intervenidos.

Solo un 33.60 % (bosque intervenido) y 22.25 % (bosque no intervenidos) de los latizales bajos sufrieron daños. Había un mayor porcentaje de latizales bajos desraizados e inclinados, fustes quebrados y ramas

quebradas en el bosque intervenido con respecto del bosque no intervenido, pero la proporción de latizales bajos defoliados fue superior en el bosque no intervenido con respecto del bosque intervenido. El hecho de que este nivel de regeneración sufriera un menor nivel de daños se debe a que la misma tiene un tamaño más pequeño y está un poco más protegida de los daños directos por los vientos huracanados, a pesar de que sigue sujeto a daños indirectos por la caída de otros árboles y latizales altos.

#### 4.1.2.3 Proporción de árboles sobrevivientes.

Al comparar los árboles con  $dap \geq 30$  cm) sin daños (Figura 14) con los que recibieron alguna clase de daño (Cuadro 8, Anexo 1), se determinó que en los bosques intervenidos un 17.63% (98 de 556 árboles) de los árboles muestreados no fueron dañados y un 24.43 % (43 de 176 árboles) de los árboles también sobrevivieron sin daños en los bosques no intervenidos. Un análisis sobre las diferencias en "la proporción de árboles sobrevivientes" por tipo de bosque, los resultados analizados con la prueba de Chi-cuadrado al 0.01 ( $X^2 = 38.10$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 556$ ,  $n_2 = 176$ ) muestran que la distribución de los árboles sobrevivientes no son independientes a los tipos de bosques, por lo tanto muestra diferencias muy significativas entre el bosque intervenido y el no intervenido.

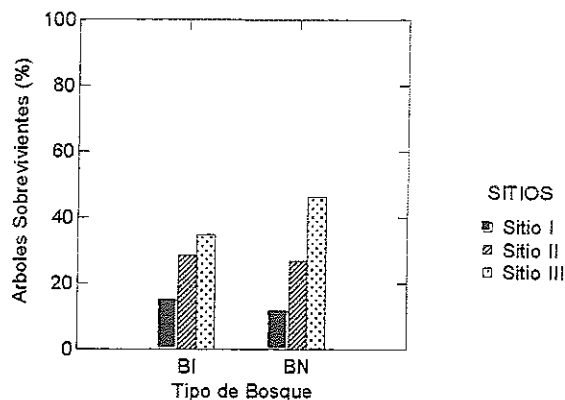


Figura 14: Porcentaje de árboles supervivientes al huracán por tipo de bosque y sitio. BI = Bosque Intervenido, BN = Bosque no Intervenido.

En general el porcentaje de árboles sobrevivientes por sitios y al nivel de los tipos de bosque muestra que, la sobrevivencia es mayor en los sitios I y II, en los bosques intervenidos comparado a los no intervenidos (Figura 14), en cambio en el sitio III, la proporción de árboles sobrevivientes es mayor en el bosque no intervenido que en el intervenido.

#### 4.1.2.4 Porcentaje de Latizales altos y bajos sobrevivientes.

En la categoría de regeneración "Latizal Alto" (Figura 12), se determinó que en el bosque intervenido 33.52 % (115 de 343) de los individuos sobrevivieron al huracán, sin presentar ninguna clase de daños. En cambio en el bosque no intervenido se registraron que más de la mitad 54 % (223 de 413) de los latizales altos sobrevivieron sin daños al huracán. La prueba de Chi-cuadrado muestra que la diferencia es muy significativa al 0.001 ( $X^2 = 31.75$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 115$ ,  $n_2 = 223$ ). El hecho de presentar una mayor sobrevivencia en el bosque no intervenido, sugiere que los latizales altos estuvieron relativamente más protegidos por los árboles grandes comparado al bosque intervenido, donde se asume que hubo una menor protección de los mismos.

Al nivel de la regeneración "Latizal Bajo", la comparación del porcentaje de sobrevivientes al huracán (clase 1, Figura 13), determinó que en el bosque intervenido 66.35 % (420 de 633) de los individuos sobrevivieron al impacto del huracán Mitch. En el bosque no intervenido el 77.78 % (609 de 783) de los latizales bajos también sobrevivieron al impacto del huracán. Además, un análisis sobre "el porcentaje de latizales bajos sobrevivientes", con la prueba de Chi-cuadrado, muestra que la distribución de los daños no son independientes a los tipos de bosques, lo que nos indica que hay diferencias significativas entre los bosques intervenidos y los no intervenidos al 0.001 ( $X^2 = 23.01$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 420$ ,  $n_2 = 609$ ).

La sobrevivencia de los árboles puede estar relacionadas al grado de protección del que pueda tener los mismos adentro del bosque, estas características de protección pueden estar definidos en primer lugar por el grado de exposición de un bosque a los vientos predominantes durante el año, la posición sociológica del árbol (dependiendo si el individuo es dominante, codominante y/o suprimido dentro del vuelo forestal). La topografía del terreno que favorece o desfavorece al suelo por la incidencia de fuertes e intensas lluvias y vientos, llega a saturar el suelo con agua y produce en consecuencia deslizamientos de tierra y caída de los árboles (desraizamiento, fustes quebrados y otros daños). Por otro lado, la presencia de árboles con diámetros grandes también puede afectar o bien favorecer la sobrevivencia de los árboles con diámetros más pequeños ( $dap < 30$  cm). Por ejemplo, al nivel de los árboles en el presente estudio, la caída de un árbol grande ocasionó daños a otros árboles de menor tamaño (caída, fustes y ramas quebradas), pero al nivel de los latizales, los árboles más resistentes a los daños pueden servir de protección, debido a su gran cobertura de copa puede reducir daños como defoliación o la quebradura de ramas.

## 4.2 IMPACTO EN LA ESTRUCTURA DEL BOSQUE.

### 4.2.1 Distribución espacial horizontal de los árboles por tipo de bosque.

La Figura 15 muestra que la distribución de las distancias entre los cinco árboles ( $dap \geq 10$  cm) más cercanos por tipo de bosque (antes y después del aprovechamiento, y antes y después del huracán). Antes del aprovechamiento y del huracán (cuadro 13a), la distancia promedio es de 3.67 metros en ambos tipos de bosques, un rango de 0-16.32 metros en los bosques intervenidos y de 0-11.79 metros en los no intervenidos. Estos promedios y distribuciones no son significativamente diferentes al 0.05 ( $D_n = 0.02$ ;  $P = 0.326$ ;  $n_1 = 4640$ ,  $n_2 = 4605$ ) entre ambos tipos de bosques.

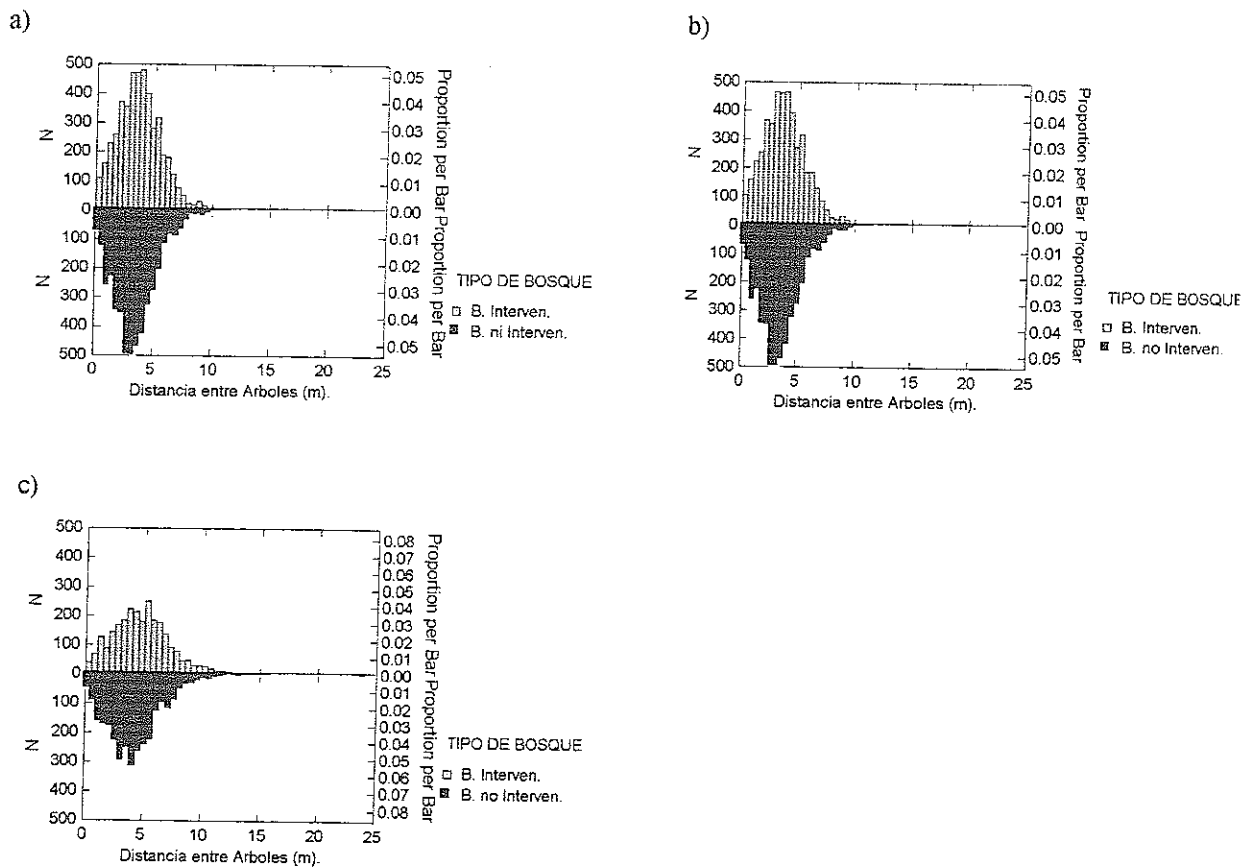


Figura 15. Distribución de distancias entre árboles por tipo de bosque: a) antes del aprovechamiento y huracán, b) después del aprovechamiento y c) después del huracán.

La distribución de las distancias entre los árboles después del aprovechamiento (Cuadro 13a y Figura 15b), en los bosques intervenidos, presenta una distancia promedio de 3.70 metros (un rango de 0-16.32 metros), en cambio en el bosque no intervenido la distancia promedio fue igual a 3.68 metros (un rango de 0-11.79

metros). En el primer caso los cambios son debido al aprovechamiento forestal y en el segundo caso, lo más probable es que se deba a la caída natural de los árboles como parte de la dinámica natural del bosque. La prueba de Kolmogorov-Smirnov, muestra que no hay diferencias significativas en la distribución de las distancias entre los bosques intervenidos y los no intervenidos al 0.05 ( $D_n = 0.024$ ;  $P = 0.135$ ;  $n_1 = 4610$ ,  $n_2 = 4590$ ) afectados por el aprovechamiento forestal.

Las distancias promedio entre todos los árboles, después del huracán Mitch (Cuadro 13a y Figura 15c) en los bosques intervenidos se registró una distancia de 4.84 metros (un rango de 0-23.94 metros), y en el bosque no intervenido la distancia fue de 4.39 metros (un rango de 0.10 -15.96 metros). Un análisis con la prueba de Kolmogorov-Smirnov muestra que hay diferencias muy significativas en las distancias entre los árboles entre los dos tipos de bosques al 0.01 ( $D_n = 0.098$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 2620$ ,  $n_2 = 3170$ ) después del huracán.

Cuadro 13a: Distancias promedio (metros) entre todos los árboles ( $dap \geq 10$  cm) por tipo de bosque y sitio respecto a una escala temporal con su desviación estándar respectiva ( $\pm$ ).

ESCALA DE TIEMPO	BOSQUE INTERVENIDO				BOSQUE NO INTERVENIDO			
	Sito 1	Sito 2	Sito 3	Promedio	Sito 1	Sito 2	Sito 3	Promedio
Antes del Aprovechamiento	3.21 $\pm$ 1.58	4.41 $\pm$ 2.10	3.69 $\pm$ 1.88	3.67 $\pm$ 1.88	3.43 $\pm$ 1.65	3.76 $\pm$ 1.90	3.85 $\pm$ 1.85	3.67 $\pm$ 1.81
Después del Aprovechamiento	3.21 $\pm$ 1.58	4.45 $\pm$ 2.15	3.75 $\pm$ 1.93	3.70 $\pm$ 1.92	3.43 $\pm$ 1.65	3.78 $\pm$ 2.73	3.85 $\pm$ 1.85	3.68 $\pm$ 1.82
Después del huracán (sin daño)	4.57 $\pm$ 2.42	5.52 $\pm$ 2.59	4.62 $\pm$ 2.73	4.84 $\pm$ 2.62	4.16 $\pm$ 2.31	5.00 $\pm$ 2.73	4.18 $\pm$ 1.98	4.39 $\pm$ 2.34

Cuadro 13b: Distancias promedio (metros) entre todos los árboles ( $10 < dap < 30$  cm).

ESCALA DE TIEMPO	BOSQUE INTERVENIDO				BOSQUE NO INTERVENIDO			
	Sito 1	Sito 2	Sito 3	Promedio	Sito 1	Sito 2	Sito 3	Promedio
Antes del Aprovechamiento	3.15 $\pm$ 1.54	4.43 $\pm$ 2.06	3.63 $\pm$ 1.82	3.54 $\pm$ 1.79	3.35 $\pm$ 1.60	3.66 $\pm$ 1.77	3.81 $\pm$ 1.86	3.58 $\pm$ 1.74
Después del Aprovechamiento	3.15 $\pm$ 1.54	4.43 $\pm$ 2.04	3.65 $\pm$ 1.83	3.55 $\pm$ 1.80	3.50 $\pm$ 1.60	3.66 $\pm$ 1.79	3.81 $\pm$ 1.86	3.58 $\pm$ 1.75
Después del huracán (sin daño)	4.40 $\pm$ 2.22	4.48 $\pm$ 2.53	4.48 $\pm$ 2.55	4.64 $\pm$ 2.46	4.13 $\pm$ 2.26	4.95 $\pm$ 2.73	4.14 $\pm$ 2.04	4.32 $\pm$ 2.32

Cuadro 13c: Distancias promedio (metros) entre todos los árboles grandes ( $dap \geq 30$  cm).

ESCALA DE TIEMPO	BOSQUE INTERVENIDO				BOSQUE NO INTERVENIDO			
	Sito 1	Sito 2	Sito 3	Promedio	Sito 1	Sito 2	Sito 3	Promedio
Antes del Aprovechamiento	3.69 $\pm$ 1.44	4.28 $\pm$ 2.02	4.38 $\pm$ 1.98	4.18 $\pm$ 1.91	4.13 $\pm$ 1.53	4.26 $\pm$ 2.39	4.30 $\pm$ 1.84	4.25 $\pm$ 2.05
Después del Aprovechamiento	3.69 $\pm$ 1.44	4.45 $\pm$ 2.41	4.56 $\pm$ 2.06	4.32 $\pm$ 2.17	4.13 $\pm$ 1.53	4.25 $\pm$ 2.37	4.30 $\pm$ 1.84	4.24 $\pm$ 2.06
Después del huracán (sin daño)	6.21 $\pm$ 3.16	6.02 $\pm$ 3.01	5.69 $\pm$ 3.30	5.98 $\pm$ 3.08	4.60 $\pm$ 2.75	5.68 $\pm$ 2.97	4.50 $\pm$ 1.79	5.04 $\pm$ 2.64

Una vista más detallada de las distancias entre los árboles divididos en dos grupos, árboles con  $dap < 30$  cm (Cuadro 13b) y los árboles con  $dap \geq 30$  cm (Cuadro 13c), permite ver las diferencias entre los dos tipos de bosques. Sin embargo, para propósitos de ver aperturas en el bosque considerando las actividades de aprovechamiento forestal solo consideraremos los árboles con  $dap \geq 30$  cm (Cuadro 13c), teniendo en cuenta

que a partir de este diámetro se han usado tanto para el embancado de las trozas y para el aserrío propiamente ( $dap \geq 50$  cm).

La prueba de Kolmogorov-Smirnov muestra que las distancias entre los árboles grandes ( $dap \geq 30$  cm), antes del aprovechamiento (Cuadro 13c) con rangos de distancias 0 -11.50 metros (BI) y 0.10 -9.30 metros (BN), no presenta diferencias significativas entre los bosques intervenidos y los no intervenidos al 0.05 ( $D_n = 0.068$ ;  $P = 0.744$ ;  $n_1 = 212$ ,  $n_2 = 188$ ). Es probable que la estructura horizontal del bosque en este período no fueron diferentes para los árboles con  $dap \geq 30$  cm en los dos tipos de bosques.

Un análisis similar al anterior de las distancias entre los árboles grandes ( $dap \geq 30$  cm) "después del aprovechamiento" (Cuadro 13c) con rangos de distancias 0 -14.87 metros (BI) y 0.10 -9.93 metros (BN), muestra que tampoco hay diferencias significativas entre los dos tipos de bosques al 0.05 ( $D_n = 0.088$ ;  $P = 0.417$ ;  $n_1 = 215$ ,  $n_2 = 189$ ). Se puede decir que la estructura horizontal del bosque no se alteró grandemente, lo que se explica por un aprovechamiento de baja intensidad.

Las distancias entre los árboles grandes ( $dap \geq 30$  cm) después del huracán (Cuadro 13c) con rangos de distancias 0 -15.09 metros (BI) y 0.32 -14.66 metros (BN), la prueba de Kolmogorov-Smirnov muestra que hay diferencias muy significativas en la distribución de las distancias entre los bosques intervenidos y los no intervenidos al 0.01 ( $D_n = 0.223$ ;  $P = 0.003$ ;  $n_1 = 110$ ,  $n_2 = 161$ ) afectados por el huracán. Se puede decir que la estructura horizontal de los dos bosque son diferentes para estos diámetros, también se aprecia una diferencia en el número de árboles entre en los dos tipos de bosques.

Los resultados de los análisis estadísticos muestran que las distancias entre los cinco árboles más cercanos ( $dap \geq 10$  cm) en los bosques antes y después del aprovechamiento (ver parcelas de ubicación de árboles, Anexo 2), no presentaron diferencias significativas entre los bosques intervenidos y los no intervenidos. Sin embargo, después del huracán presentaron diferencias muy significativas entre los dos tipos de bosques. Además, al comparar las distancias entre los árboles grandes con  $dap \geq 30$  cm, antes y después del aprovechamiento, se encontró que no hay diferencias estadísticas significativas entre los bosques intervenidos con respecto de los no intervenidos. Sin embargo, después del huracán (Cuadro 13c) se encontraron diferencias estadísticas muy significativas entre los dos tipos de bosques. Esto se debe a que la distribución de los árboles grandes ( $dap \geq 30$  cm) en el bosque es menos densa comparado a la densidad de los árboles con diámetros más pequeños, que debido a la competencia por espacio y luz están mas cerca unos de otros.



#### 4.2.1.1 Distribución horizontal de los árboles por tipo de bosque y sitios del estudio.

En el Cuadro 14 se muestra en forma detallada la distribución de las distancias entre los árboles ( $dap \geq 10$  cm) "antes del aprovechamiento y del huracán" en los tres sitios del estudio (ver también Cuadro 13a).

Cuadro 14. Distancia promedio entre los cinco árboles ( $dap \geq 10$  cm) más cercanos (m) por tipo de bosque y sitio.

Tipo de Bosque/ Sitio	n	$\bar{x}$	Rango	Probabilidad
Sitio I BI	1935	3.21	0 - 9.97	$D_n = 0.06$
BN	1685	3.43	0.14 - 10.47	$P = 0.003^{**}$
Sitio II BI	1160	4.41	0 - 16.32	$D_n = 0.185$
BN	1490	3.76	0 - 11.79	$P = 0.000^{**}$
Sitio III BI	1545	3.69	0 - 16.32	$D_n = 0.056$
BN	1430	3.85	0.18 - 11.79	$P = 0.02^*$

\*\* = Presenta diferencias muy significativas. \* = Presenta diferencias significativas y NS = No presenta diferencias significativas entre el bosque intervenido (BI) y el bosque no intervenido (BN).

Las distancias promedio entre los árboles más cercanos "después del aprovechamiento" (Cuadro 13a, Figura 15b) en los bosques intervenidos y los no intervenidos, presentan resultados similares a la situación antes del aprovechamiento. Consecuentemente, los análisis estadísticos con la prueba de Kolmogorov-Smirnov ( $D_n$ ) sobre la distribución de las distancias medias entre los dos tipos de bosques, también son similares.

Con respecto a las distancias entre los árboles "después del huracán", el cuadro 15 muestra las distancias promedio entre los árboles ( $dap \geq 10$  cm) por tipo de bosque, su rango y significancia estadística para cada uno de los sitios del estudio.

Cuadro 15. Distancia promedio (m) entre los cinco árboles ( $dap \geq 10$  cm) más cercanos por tipo de bosque y sitio.

Tipo de Bosque/ Sitio	n	$\bar{x}$	Rango (m)	Probabilidad
Sitio I BI	935	4.57	0.10 - 15.31	$D_n = 0.098$
BN	1125	4.16	0.14 - 14.87	$P = 0.000^{**}$
Sitio II BI	705	5.52	0.22 - 13.64	$D_n = 0.098$
BN	820	5.00	0.10 - 15.96	$P = 0.000^{**}$
Sitio III BI	980	4.62	0 - 23.94	$D_n = 0.087$
BN	1225	4.18	0.18 - 10.73	$P = 0.001^{**}$

\*\* = Presenta diferencias muy significativas. \* = Presenta diferencias significativas y NS = No presenta diferencias significativas entre el bosque intervenido (BI) y el bosque no intervenido (BN).

Las distancias entre los árboles posterior al huracán fueron mayores en los bosques intervenidos con respecto de los no intervenidos, estas fueron estadísticamente muy significativas.

Con respecto a las distancias entre los árboles grandes ( $dap \geq 30$  cm) "antes del aprovechamiento y del huracán" y "después del aprovechamiento" los Cuadros 16 y 17, muestran que en los sitios II y III las distancias son mayores en los bosques intervenidos con respecto de los no intervenidos, a excepción del sitio I, donde las distancias son mayores en el bosque no intervenido. En cambio, "después del huracán" (Cuadro 18), las distancias entre los árboles grandes en los tres sitios son mayores en el bosque intervenido con respecto del no intervenido. Esto indica que las distancias entre los árboles grandes con  $dap \geq 30$  centímetros en el bosque intervenido aumentaron sustancialmente con la incidencia del huracán comparado al bosque no intervenido.

Cuadro 16. Distancia promedio entre los cinco árboles ( $dap \geq 30$  cm) más cercanos (m) por tipo de bosque y sitio (Antes del aprovechamiento y del huracán).

Tipo de Bosque/ Sitio	N	$\bar{x}$	Rango (m)	Probabilidad	
Sitio I	BI	44	3.69	1.14 - 7.02	$D_n = 0.268$
	BN	40	4.13	1.14 - 7.42	$P = 0.093$ NS
Sitio II	BI	118	4.28	0.22 - 9.35	$D_n = 0.129$
	BN	88	4.26	0.10 - 9.93	$P = 0.379$ NS
Sitio III	BI	50	4.38	0 - 11.50	$D_n = 0.147$
	BN	60	4.30	0.66 - 7.83	$P = 0.607$ NS

\*\* = Presenta diferencias muy significativas. \* = Presenta diferencias significativas  
NS = No presenta diferencias significativas entre el bosque intervenido (BI) y el bosque no intervenido (BN).

Cuadro 17. Distancia promedio entre los cinco árboles ( $dap \geq 30$  cm) más cercanos (m) por tipo de bosque y sitio (Después del aprovechamiento).

Tipo de Bosque/ Sitio	N	$\bar{x}$	Rango (m)	Probabilidad	
Sitio I	BI	44	3.69	1.14 - 7.02	$D_n = 0.268$
	BN	40	4.13	1.14 - 7.42	$P = 0.093$ NS
Sitio II	BI	120	4.46	0.22 - 14.87	$D_n = 0.142$
	BN	89	4.25	0.10 - 9.93	$P = 0.256$ NS
Sitio III	BI	51	4.56	0 - 11.50	$D_n = 0.113$
	BN	60	4.30	0.66 - 7.83	$P = 0.882$ NS

\*\* = Presenta diferencias muy significativas. \* = Presenta diferencias significativas y  
NS = No presenta diferencias significativas entre el bosque intervenido (BI) y el bosque no intervenido (BN).

Cuadro 18. Distancia promedio entre los cinco árboles ( $dap \geq 30$  cm) más cercanos (m) por tipo de bosque y sitio (Después del Huracán).

Tipo de Bosque/ Sitio	n	$\bar{x}$	Rango (m)	Probabilidad	
Sitio I	BI	21	6.21	2.73 – 15.09	$D_n = 0.304$
	BN	39	4.60	1.14 – 14.66	$P = 0.146^{NS}$
Sitio II	BI	65	6.02	0.63 – 13.64	$D_n = 0.167$
	BN	70	5.68	0.32 – 13.42	$P = 0.316^{NS}$
Sitio III	BI	24	5.69	0 – 15.04	$D_n = 0.343$
	BN	52	4.50	1.37 – 7.91	$P = 0.035^*$

\*\* = Presenta diferencias muy significativas. \* = Presenta diferencias significativas y NS = No presenta diferencias significativas entre el bosque intervenido (BI) y el bosque no intervenido (BN).

En general, los bosques más densos (sitio II) también muestran mayores distancias debido a que el área basal y el número de árboles/ha está concentrado en menos árboles (ver Cuadros 19 y 20, sección 4.2.2).

En el bosque intervenido para los árboles con  $dap \geq 10$  cm, el aprovechamiento aumentó la distancia entre los árboles con 0.03 metros, mientras que el huracán aumentó la distancia con 1.14 metros (sobre la base de las distancias después del aprovechamiento) y en el bosque no intervenido con 0.71 metros. Esto indica que el huracán logró abrir más el bosque intervenido que el bosque no intervenido. Estadísticamente las diferencias de distancias producidas por el aprovechamiento no son significativas entre los dos tipos de bosques, pero después del huracán las mismas son muy significativas entre ambos tipos de bosques.

Los resultados para los árboles grandes con  $dap \geq 30$  cm, muestra en el bosque intervenido, el aprovechamiento aumentó la distancia entre los árboles con 0.14 metros, mientras que el huracán aumentó la distancia con 1.66 metros (sobre la base de las distancias después del aprovechamiento) y en el bosque no intervenido con 0.80 metros. Estos resultados muestran que tanto para árboles con  $dap \geq 10$  cm como para diámetros mayores a 30 centímetros, el huracán logró abrir más el bosque intervenido que en el bosque no intervenido. A pesar de las diferencias en las distancias entre los árboles entre ambos tipos de bosque (después del aprovechamiento), los análisis estadísticos no encuentran diferencias significativas entre los bosques intervenidos y los no intervenidos, pero después del huracán encuentra diferencias muy significativas entre ambos tipos de bosques. Es decir, los cambios son tanto por el aumento de distancias entre árboles como por el número de árboles por tipo de bosque.

El supuesto de encontrar un "bosque más abierto" por el aprovechamiento forestal (árboles con  $dap$  grandes) y un "bosque más cerrado" por la ausencia de actividades de aprovechamiento forestal, en términos de la

distancia entre los cinco árboles más cercanos, se cumple ligeramente. Debido a que solamente en uno de los tres sitios de estudio, se observó estas características de distancias para árboles con  $dap \geq 10$  cm, y en los otros dos sitios la situación es inversa, es decir, los bosques no intervenidos están más abiertos que los sitios intervenidos por el hombre. Las mayores aperturas en los bosques se deben a la caída de los árboles grandes, es por ello que si se toma en cuenta las distancias entre todos los tamaños de árboles ( $dap \geq 10$  cm), se obtiene distancias entre árboles subestimadas, debido a que se tiene una mayor densidad de árboles pequeños y pocos árboles grandes, y esto finalmente refleja aperturas relativamente pequeñas en el bosque.

Es probable que la baja intensidad del aprovechamiento forestal y la extracción selectiva de solo especies de alto valor comercial en los inventarios forestales de 1992-93 (de los sitios del estudio), haya contribuido a que los niveles de apertura en el bosque (aperturas pequeñas) debido al aprovechamiento forestal se hayan mantenido. También es posible que la ocurrencia de otros eventos naturales como tormentas tropicales, el huracán Fifi (1974) que afectaron estos bosques en el pasado, hayan contribuido al grado de apertura que observamos en los bosques no intervenidos. Con relación al sitio I, que presenta una mayor apertura en el bosque intervenido respecto del no intervenido es probable que las condiciones topográficas (% de pendientes pronunciadas) del terreno, la caída varios árboles sobre maduros (con diámetros grandes), puedan haber influido en la ocurrencia de un claro más grande al momento de la ocurrencia del huracán.

Por otro lado, la densidad de árboles inicial (ver Cuadro 5, sección 3.1) reportado por los inventarios generales de los planes de manejo, comparada a la densidad de árboles de los sitios del estudio (ver Cuadro 19, sección 4.2.1.2) indica que esta última es más alta (atípica), lo cual explica en parte porque las distancias son mayores en los bosques no intervenidos con respecto de los intervenidos.

#### 4.2.1.2 Área basal presente en los bosques del estudio.

La Figura 16 muestra la distribución del área basal total por clase diamétrica de todos los árboles por tipo de bosque antes del aprovechamiento y del huracán. La mayor densidad de árboles se presentó en las clases 10-19.9 cm, 20-29.9 cm y la clase mayor a 90 cm, en ambos tipos de bosques.

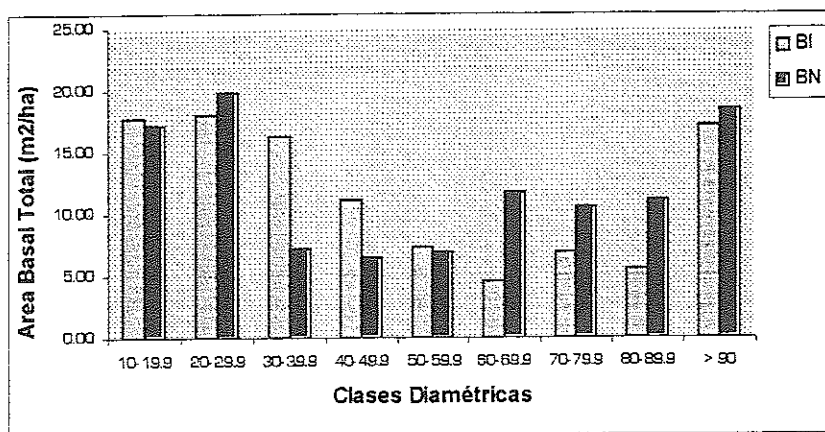


Figura 16. Distribución de área basal total por clase diamétrica por tipo de bosque, antes del aprovechamiento y del huracán.

El cuadro 19 también muestra la distribución del área basal y el número de árboles/ha por sitios del estudio (para mayor detalle ver ubicación de árboles por parcela y por tipo de bosque en Anexo 2).

Cuadro 19. Área basal, número de árboles y especies por hectárea para los bosques del estudio (antes del aprovechamiento y del huracán).

Bosques comunales	Área Basal (m²/ha)	# árboles/ ha
Toncontin (sitio I)	18.67	724
La Victoria (sitio II)	35.21	530
Toncontin (sitio III)	24.06	595

El área basal presente (Cuadro 20) en los bosques antes y después del aprovechamiento (en árboles con  $dap \geq 30$ ) registró en el bosque intervenido (24.22 y 23.84 m²/ha respectivamente) y en el bosque no intervenido 27.74 m²/ha (igual para ambos periodos). Además la prueba de Mann-Whitney muestra que la distribución del área basal antes y después del aprovechamiento entre ambos tipos de bosques no presentaron diferencias significativas al 0.05 ( $U = 16$ ;  $P = 0.749$ ;  $n_1 = 6$ ,  $n_2 = 6$ ) y al 0.05 ( $U = 15$ ;  $P = 0.631$ ;  $n_1 = 6$ ,  $n_2 = 6$ ).

El área basal sin daños en los bosques intervenidos después del huracán (Cuadro 20) registró una sobrevivencia de 15.02 m²/ha, mientras que en los bosques no intervenidos la sobrevivencia fue de 22.39 m²/ha. En el caso del bosque intervenido, se debe a la incidencia de dos eventos: aprovechamiento mas huracán, lo que aumenta la pérdida de área basal y en el caso del bosque no intervenido se debe solamente al huracán. De hecho, los diámetros de los árboles sobrevivientes son relativamente pequeños y muy similares en ambos tipos de bosque (área basal de 0.12 m² y 0.145 m² respectivamente).

Cuadro 20: Area basal (m<sup>2</sup>/ha) de árboles (dap ≥30 cm) presente por tipo de bosque antes del aprovechamiento y del huracán, y después del huracán.

Escala de Tiempo respecto al huracán Mitch	BOSQUE INTERVENIDO				BOSQUE NO INTERVENIDO				Promedio
	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Prom.	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Prom.	General
Antes del aprov. y del huracán	17.96	33.83	20.86	<b>24.22</b>	19.38	36.59	27.26	<b>27.74</b>	<b>25.98</b>
Después del aprovechamiento	17.96	33.83	19.73	<b>23.84</b>	19.38	36.59	27.26	<b>27.74</b>	<b>25.79</b>
Árboles sin daños <sup>1</sup>	17.72	22.34	15.00	<b>15.02</b>	16.62	25.54	25.22	<b>22.39</b>	<b>18.71</b>
Árboles dañados <sup>2</sup>	10.24	11.48	4.73	<b>8.82</b>	2.96	11.04	2.03	<b>5.34</b>	<b>7.08</b>
Árboles desraizados y fustes quebrados <sup>3</sup>	6.20	7.30	4.28	<b>5.93</b>	1.51	9.96	1.61	<b>4.36</b>	<b>5.14</b>

1\_ Area basal de árboles sin daños, después del huracán. 2\_ Area basal de árboles dañados (en general), después del huracán.  
3\_ Area basal de árboles "desraizados + fuste quebrados", después del huracán.

En la distribución del área basal presente después del huracán (los árboles sin daños, Cuadro 20), la prueba de Mann-Whitney encuentra que hay diferencias significativas entre ambos tipos de bosques al 0.05 ( $U = 5$ ;  $P = 0.037$ ;  $n_1 = 6$ ,  $n_2 = 6$ ).

El área basal de todos los "árboles dañados" después del huracán (Cuadro 20) en el bosque intervenido fue de 8.82 m<sup>2</sup>/ha, en cambio en el bosque no intervenido fue de 5.34 m<sup>2</sup>/ha. Sin embargo, a pesar de las diferencias, la prueba de Mann-Whitney muestra que no hay diferencias significativas en la distribución del área basal entre ambos tipos de bosques al 0.05 ( $U = 28$ ;  $P = 0.109$ ;  $n_1 = 6$ ,  $n_2 = 6$ ) después del huracán. Aparentemente las altas área basales del sitio II (ver Cuadro 20) ha influido en los resultados anteriores.

Al nivel de los "árboles desraizados y fustes quebrados" por el huracán, el área basal afectado en los bosques intervenidos fue de 5.93 m<sup>2</sup>/ha y en los bosques no intervenidos fue 4.36 m<sup>2</sup>/ha. Sin embargo, la prueba de Mann-Whitney muestra que las diferencias en la distribución del área basal dañados por huracán entre ambos tipos de bosques, en este nivel no son significativas al 0.05 ( $U = 21$ ;  $P = 0.273$ ;  $n_1 = 6$ ,  $n_2 = 6$ ).

Las pérdidas de área basal por los "árboles desraizados y los fustes quebrados" (ver Cuadro 20) muestra que las mayores pérdidas fue en el bosque intervenido, con excepción del sitio II (bosque La Victoria), donde la mayor pérdida fue en el bosque no intervenido. En los sitios I y III, las diferencias de área basal entre ambos tipos de bosque fueron de 4.70 m<sup>2</sup>/ha y 2.67 m<sup>2</sup>/ha respectivamente para el bosque intervenido, en cambio en el sitio II fue de 2.66 m<sup>2</sup>/ha para el bosque no intervenido. Probablemente esta diferencia se debe a un menor daño en los árboles por desraizamiento y fustes quebrados, y por la presencia en el bosque de un mayor número de especies tolerantes a sombra, quienes se caracterizan por poseer maderas de mayor densidad y por lo tanto son más resistentes a los vientos.

## 4.2.2 RESPUESTA EN LA ESTRUCTURA VERTICAL.

### 4.2.2.1 Niveles de respuesta en los bosques afectados por el huracán.

Al nivel de los "árboles sin ninguna respuesta" y "árboles con respuestas" (clase 1 vrs clases 2-5, y Figura 17) registrados en los bosques intervenidos y los no intervenidos, la prueba de Chi-cuadrado, mostró que estos tipos de respuestas en los árboles son dependientes a los tipos de bosques, lo que indica que no hay diferencias significativas entre ambos tipos de bosque al 0.05 ( $X^2 = 2.19$ ;  $P = 0.14$ ;  $n_1 = 919$  y  $n_2 = 919$ ).

Sin embargo, un análisis a nivel de los "árboles con respuestas" (Figura 16) por tipo de bosque (mas detalles en Cuadro 20) la prueba de Chi-cuadrado, revela que los tipos de respuesta no son independientes a los tipos de bosques, por lo que presenta diferencias muy significativas al 0.001 ( $X^2 = 29.22$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 919$ ,  $n_2 = 919$ ) en los tipos de respuesta entre los bosques intervenidos y los no intervenidos.

Cabe aclarar que el número de observaciones de las respuestas de los árboles varía con respecto de los daños (de acuerdo a los diámetros evaluados), debido a que los niveles de respuesta fueron evaluados solamente en las parcelas del estudio. En cambio las clases de daños se evaluaron tanto en transectos como en las parcelas del estudio.

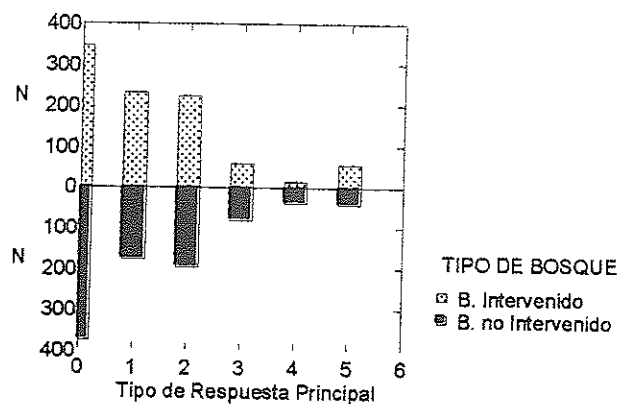


Figura 17: Tipos de respuesta principal de los árboles por tipo de bosque.

Tipos de Respuesta: 0 = ninguna respuesta, 1 = Arbol en pie / caldo con rebrote en tallo, 2 = Arbol en proceso de secarse, 3 = Arbol defoliado con rebrote en la copa, 4 = Arbol en pie con ramas quebradas en proceso de secarse, 5 = Arbol en pie con ramas quebradas con rebrote en copa.

Un análisis al nivel de los sitios de estudio sobre los tipos de respuestas de los árboles a los daños, entre los dos tipos de bosques (Figura 18), en los tres sitios (Toncontín: "El Tope", "Los Encuentros" y La Victoria "Palos Marcados"), la prueba de Chi-cuadrado, muestra que las respuestas no son independientes a los tipos de bosques, indicando que existen diferencias muy significativas al 0.01 ( $X^2 = 55.87$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 3$ ).

$n_2 = 337$ ) en el sitio I y al 0.01 ( $X^2 = 32.32$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 324$ ,  $n_2 = 295$ ) en el sitio II y al 0.01 ( $X^2 = 53.57$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 302$ ,  $n_2 = 287$ ) en el sitio III respectivamente.

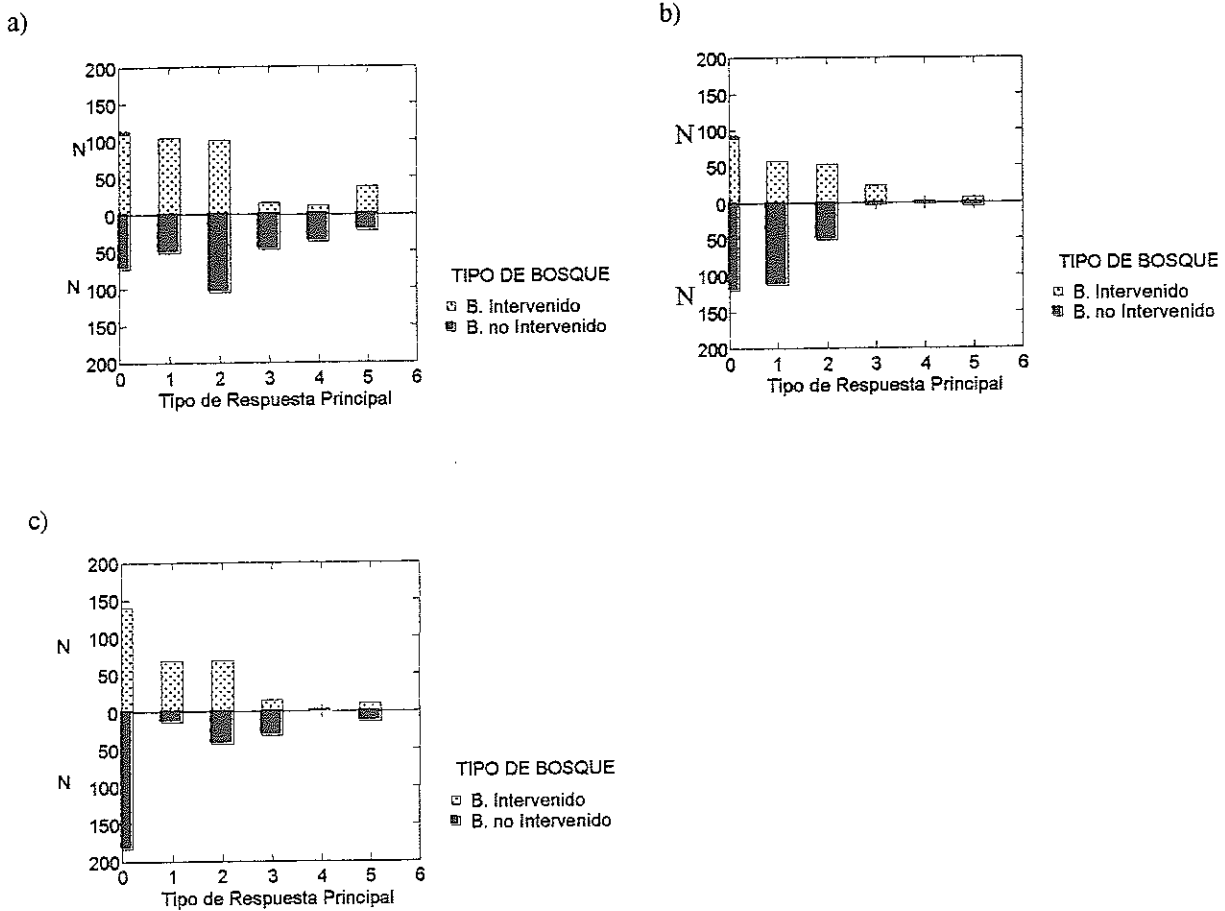


Figura 18: Tipos de respuesta principal de los árboles por tipo de bosque y sitio. a) Sitio I, b) Sitio II y c) Sitio III.

Tipos de Respuesta: 0 = ninguna respuesta, 1 = Arbol en pie / caído con rebrote en tallo, 2 = Arbol en proceso de secarse, 3 = Arbol defoliado con rebrote en la copa, 4 = Arbol en pie con ramas quebradas en proceso de secarse, 5 = Arbol en pie con ramas quebradas con rebrote en copa.

#### 4.2.2.2 Diferencias en respuesta de los árboles por hábitat.

Al nivel de los "árboles sin ninguna respuesta" y "árboles con respuestas" por tipo de hábitat (clase 1 vrs clases 2-5, en Figura 20) registrados en los bosques intervenidos y los no intervenidos, la proporción de "árboles sin respuesta" en sombra (62 % y 48 %) fue mayor comparado al hábitat claro (31 % y 38 %) y los "árboles con respuestas" en sombra (38 % y 52 %) fueron menores comparado al hábitat claro (69 % y 62 %) en los bosques intervenidos y no intervenidos respectivamente. La prueba de Chi-cuadrado, mostró que estos tipos de respuestas en los árboles no son independientes a los tipos de hábitat, lo que indica que hay



diferencias muy significativas entre ambos tipos de hábitat, en el bosque no intervenido al 0.01 ( $X^2 = 60.24$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 730$  y  $n_2 = 189$ ) y en bosque intervenido al 0.01 ( $X^2 = 8.03$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 646$  y  $n_2 = 273$ ). Esto sugiere que las respuestas de los árboles a los daños están más activas en los claros con respecto de las sombras, ya que los claros ofrecen mayor iluminación y espacio a los árboles para reactivar sus mecanismos de recuperación (regeneración).

Los análisis realizados con la prueba de Chi-cuadrado sobre los tipos de respuesta principal de los árboles en el bosque intervenido y no intervenido con relación a los tipos de hábitat: claro y sombra (Figura 19) muestran que las respuestas no son independientes a los tipos de hábitat, sugiriendo que existen diferencias muy significativas entre los tipos de hábitat tanto en el bosque intervenido al 0.001 ( $X^2 = 35.88$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 730$  y  $n_2 = 189$ ) como en el bosque no intervenido al 0.001 ( $X^2 = 27.19$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 646$  y  $n_2 = 273$ ). Por supuesto que la proporción de respuestas en los claros (69 y 62 %) son superiores a la proporción de respuestas en la sombra (38 y 52 %) en el bosque intervenido y no intervenido respectivamente.

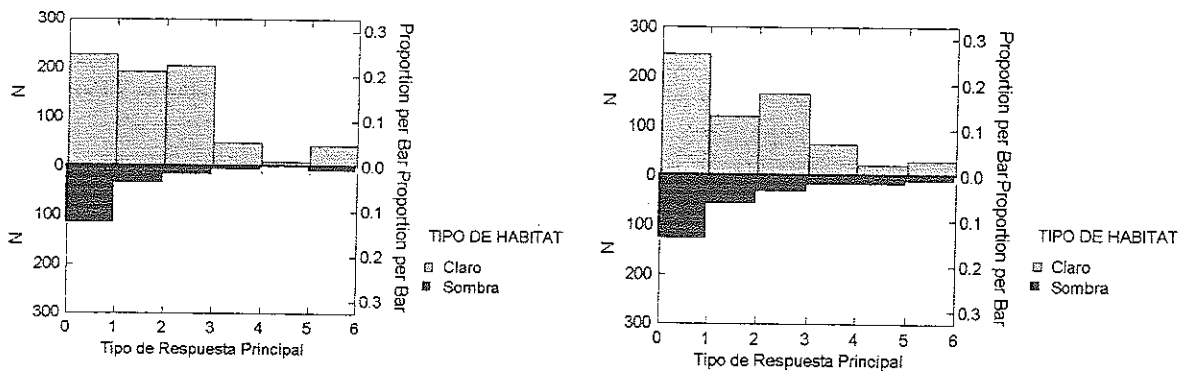


Figura 19. Tipo de respuesta principal por tipo de hábitat: a) bosque intervenido y b) bosque no intervenido.

Tipos de Respuesta: 0 = ninguna respuesta, 1 = Arbol en pie / caído con rebrote en tallo, 2 = Arbol en proceso de secarse, 3 = Arbol defoliado con rebrote en la copa, 4 = Arbol en pie con ramas quebradas en proceso de secarse, 5 = Arbol en pie con ramas quebradas con rebrote en copa.

Los tipos de respuesta por tipo de hábitat (Figura 19), tanto en el bosque intervenido como en el bosque no intervenido han mostrado que hay un mayor nivel de respuesta en los claros con respecto de las respuestas en la sombra. En general, esto refleja que las especies arbóreas del bosque (las mediciones solo abarcan a estas) están respondiendo a las nuevas condiciones creadas por el huracán: activar sus mecanismos de recuperación o en su defecto si las nuevas condiciones superan los niveles de estrés tolerables reducen las posibilidades de sobrevivencia. Un análisis al nivel de los sitios del estudio, el bosque intervenido en el sitio I (Toncontin "El Tope"), la prueba de Chi-cuadrado, muestra que los tipos de respuesta principal no son

independientes a los claros y sombra, lo cual indica que hay diferencias muy significativas al 0.01 ( $X^2 = 35.26$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 329$  y  $n_2 = 54$ ) en ambos tipos de hábitat. La misma prueba aplicada al bosque no intervenido muestra que también existen diferencias significativas entre los tipos de hábitat al 0.05 ( $X^2 = 13.68$ ;  $P = 0.02$ ;  $n_1 = 240$  y  $n_2 = 97$ ).

Para el Sitio II (La Victoria "Palos Marcados") tanto en el bosque intervenido como en el no intervenido, la prueba de Chi-cuadrado muestra que los tipos de respuesta no son independientes a los claros y sombra, lo cual indica que hay diferencias muy significativas al 0.01 ( $X^2 = 27.25$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 182$  y  $n_2 = 52$ ). Esta misma prueba aplicada al bosque muestra que no existen diferencias significativas entre los tipos de hábitat al 0.05 ( $X^2 = 6.227$ ;  $P = 0.29$ ;  $n_1 = 197$  y  $n_2 = 98$ ). Sin embargo, en los dos bosques el número de observaciones por tipo de respuesta fue menor a 5, debido a esto los resultados se deben considerar con cautela.

En el Sitio III (Toncontin "Los Encuentros") en el bosque intervenido, la prueba de Chi-cuadrado muestra que los tipos de respuesta principal no son independientes a los claros y sombra, lo cual indica que hay diferencias muy significativas al 0.01 ( $X^2 = 21.71$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 219$  y  $n_2 = 83$ ). Esta misma prueba aplicada al bosque no intervenido muestra que también existen diferencias muy significativas entre los tipos de hábitat al 0.01 ( $X^2 = 30.60$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 209$  y  $n_2 = 78$ ). Este último resultado para el bosque no intervenido, también se debe tomar con cautela debido al bajo número de observaciones por tipo de respuesta (menor a 5).

#### 4.2.2.3 Niveles de respuesta por especie por tipo de bosque.

Los grupos de especies que observaron proporcionalmente mayores niveles de respuesta del total de las especies (ver Cuadro 20), en ambos tipos de bosques en orden de importancia son: *Terminalia amazonia*, *S. globulifera*, *Macrohasseltia macroterantha* y *Tapiriria guianensis*. Las especies *H. alchorneoides* e *I. tectónica* también registraron un alto nivel de respuesta a los daños en el bosque intervenido, pero en el bosque no intervenido no registraron respuestas, además *I. tectónica* no registró ningún individuo en este último tipo de bosque. Debido a esto, no se puede establecer comparaciones para ambos tipos de bosques. Sin embargo, los resultados no muestran diferencias estadísticas significativas en los niveles de respuesta entre ambos tipos de bosques, debido a que las observaciones de campo fueron muy pequeñas (frecuencia a 5 por especie).

Cuadro 21. Proporción de árboles con respuestas (respuestas 1-5) por especies y por tipo de bosque. Los datos en ( ) indican el valor absoluto de número de árboles con respuestas.

No.	Especies	Respuesta de los árboles por tipo de bosque		
		Bosque Intervenido	Bosque no Intervenido	Valor Probabilidad (X <sup>2</sup> )
1	<i>Terminalia amazonia</i>	75.00(3)	100.00(2)	P = 0.682 <sup>a</sup> (X <sup>2</sup> = 1.500; n = 6)
2	<i>Macrohasseltia macroterantha</i>	42.86(3)	65.00(13)	P = 0.132 <sup>a</sup> (X <sup>2</sup> = 9.840; n = 27)
3	<i>Guarea grandifolia</i>	---	---	n = 2
4	<i>Mangnolia yoroconte</i>	33.33(1)	0	P = 0.361 <sup>a</sup> (X <sup>2</sup> = 0.833; n = 5)
5	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	100.00(3)	---	n = 1
6	<i>Tapirina guianensis</i>	71.43(5)	50.00(9)	P = 0.287 <sup>**</sup> (X <sup>2</sup> = 7.376; n = 25)
7	<i>Ilex tectónica</i>	100.00(3)	---	n = 3
8	<i>Vochysia. Cf. jefensis</i>	29.41(5)	54.24(64)	P = 0.013 <sup>*</sup> (X <sup>2</sup> = 17.70; n = 135)
9	<i>Calophyllum brasiliense</i>	33.33(1)	47.62(10)	P = 0.787 <sup>a</sup> (X <sup>2</sup> = 2.432; n = 24)
10	<i>Symphonia globulifera</i>	100.00(1)	64.71(11)	P = 0.206 <sup>a</sup> (X <sup>2</sup> = 8.471; n = 18)

-- Los espacios vacíos indican que no presentaron individuos en los bosques, lo cual imposibilita las estimaciones de su probabilidad.

a. Las variables no reunieron las 5 observaciones mínimas requeridas para el análisis, por lo que se deben considerar se con cautela.

Entre las especies que presentaron menores niveles de respuesta a los daños se encuentran: *Vochysia cf. jefensis*, *C. brasiliense* y *M. yoroconte*.

Al nivel de los tipos de respuesta por especies, el Cuadro 22 muestra el nivel de respuesta de las especies con respecto del nivel de respuesta promedio de las diez especies del estudio. De esta forma, fácilmente se puede determinar cuáles de ellas registraron mayores niveles de respuesta a los daños (de los eventos huracán mas aprovechamiento forestal). En el nivel del tipo de respuesta "ninguna respuesta" (nivel 0, Cuadro 22), las especies *V. cf. jefensis*, *C. brasiliense*, *T. guianensis*, y *M. macroterantha*, se destacan sin "ninguna respuesta" arriba del promedio. En cambio *S. globulifera*, y *M. yoroconte*, registraron un nivel de respuesta inferior al promedio.

Cuadro 22. Proporción de especies de árboles (dap ≥ 10 cm) con mayores niveles de respuestas respecto del promedio en el bosque. Los datos en ( ) indican el número absoluto de observaciones dentro de cada especie.

No.	ESPECIE	RESPUESTAS EN BOSQUE INTERVENIDO Y NO INTERVENIDO					TOTAL	
		0	1	2	3	4		5
1.	<i>T. amazonia</i>	33.33(2)	33.33(2)	33.33(2)	0	0	0	6
2.	<i>M. macroterantha</i>	40.74(11)	25.93(7)	18.52(5)	3.70(1)	3.70(1)	7.41(2)	27
3.	<i>G. grandifolia</i>	0	50.00(1)	50.00(1)	0	0	0	2
4.	<i>M. yoroconte</i>	80.00(4)	0	20.00(1)	0	0	0	5
5.	<i>H. alchorneoides</i>	0	100.00(1)	0	0	0	0	1
6.	<i>T. guianensis</i>	48.00(12)	20.00(5)	20.00(5)	12.00(3)	0	0	25
7.	<i>I. tectónica</i>	0	33.33(1)	66.67(2)	0	0	0	3
8.	<i>V. cf. jefensis</i>	49.63(67)	0.74(1)	24.44(33)	15.56(21)	8.15(11)	1.48(2)	135
9.	<i>C. brasiliense</i>	54.16(13)	4.17(1)	20.83(5)	0	4.17(1)	16.67(4)	24
10.	<i>S. globulifera</i>	33.33(6)	16.67(3)	16.67(3)	27.78(5)	5.55(1)	0	18
Total		(115)	(22)	(57)	(30)	(14)	(8)	246
<b>Promedio</b>		<b>48.46</b>	<b>31.57</b>	<b>30.05</b>	<b>14.76</b>	<b>5.39</b>	<b>8.52</b>	
Todas las restantes		(616)	(386)	(364)	(109)	(39)	(88)	1602
<b>GRAN TOTAL</b>		<b>(731)</b>	<b>(408)</b>	<b>(421)</b>	<b>(139)</b>	<b>(53)</b>	<b>(96)</b>	<b>1848</b>

Tipos de Respuesta: 0 = ninguna respuesta, 1 = Arbol en pie / caído con rebrote en tallo, 2 = Arbol en proceso de secarse, 3 = Arbol defoliado con rebrote en la copa, 4 = Arbol en pie con ramas quebradas en proceso de secarse, 5 = Arbol en pie con ramas quebradas con rebrote en copa.

En el nivel de respuesta "Arbol en pie/ caído con rebrote en tallo" (nivel 1, Cuadro 22) en el bosque la especie *Terminalia amazonia* registró una respuesta superior al promedio. Además, en observaciones de campo algunas especies mostraron abundantes rebrotes en los fustes de los árboles desraizados, especialmente en *Terminalia amazonia* y *Tapiriria guianensis*, en sitios abiertos (claros) en ambos tipos de bosque.

El tipo de respuesta "Arbol en proceso de secarse" (nivel 2, Cuadro 22) en el bosque, las especies que respondieron igual o superior al promedio de todas las especies fueron: *Ilex tectónica* y *Terminalia amazonia*. Al nivel de respuesta "Arbol defoliado con rebrote en la copa" (nivel 3, Cuadro 22) en el bosque, las especies que registraron rebrote de hojas por defoliación fueron *Symphonia globulifera* y *Vochysia cf. jefensis*.

El tipo de respuesta "Arbol en pie con ramas quebradas en proceso de secarse" (nivel 4, Cuadro 22) en el bosque, las especies que registraron un nivel de respuesta superior al promedio fueron *V. cf. jefensis* y *S. globulifera*.

Al nivel de respuesta "Arbol en pie con ramas quebradas con rebrote en la copa" (nivel 5, Cuadro 22) en el bosque, la especie que registró una respuesta superior al promedio en este nivel fue *Calophyllum brasiliense*.

#### 4.3 SUSCEPTIBILIDAD DE LAS 10 ESPECIES ESTUDIADAS.

##### 4.3.1 Proporción de árboles dañados por especie.

Además de las clases de daños a los árboles ( $dap \geq 30$  cm) por el efecto directo o indirecto del huracán y por el aprovechamiento forestal anteriormente descritas (clases de daños principales), también se registraron, algunas combinaciones entre los daños. Dentro de estas combinaciones se observaron: defoliación mas ramas quebradas, ramas quebradas mas inclinación parcial, desraizamiento y proporción de la masa radicular expuesta, para mencionar las más frecuentes. Sin embargo, debido a las pocas observaciones registradas durante el estudio, estas no serán profundizadas con análisis estadísticos sobre el nivel de significancia entre los tipos de bosques, pero serán descritas mas adelante en su ocurrencia en las especies (Cuadro 23).

Cuadro 23. Daños comparativos por especies y por tipo de bosque: Los datos indican el porcentaje de individuos dañados del total de la especie, y los datos en ( ) indican el número absoluto de los árboles (dap  $\geq$  30 cm) dañados.

Código	Especies del estudio	Arboles dañados por tipo de bosque		
		B. Intervenido	B. No Intervenido	Probabilidad ( $X^2$ ) <sup>a</sup>
1	<i>Terminalia amazonia</i>	100.00 (10)	100.00 (2)	P = 0.34* ( $X^2$ = 3.36; n = 12)
2	<i>Macrohasseltia macroterantha</i>	63.64 (7)	33.33 (3)	P = 0.54* ( $X^2$ = 3.11; n = 14)
3	<i>Guarea grandifolia</i>	100.00 (2)	0	P = 0.22* ( $X^2$ = 3.00; n = 3)
4	<i>Mangnolia yoroconte</i>	33.33 (1)	83.33 (5)	P = 0.27* ( $X^2$ = 2.62; n = 9)
5	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	100.00 (1)	50.00 (1)	P = 0.39* ( $X^2$ = 0.75; n = 3)
6	<i>Tapiriria guianensis</i>	100.00 (10)	75.00 (3)	P = 0.44* ( $X^2$ = 3.73; n = 14)
7	<i>Ilex tectónica</i>	100.00 (1)	—	— n = 1
8	<i>Vochysia cf. jefensis</i>	62.96 (17)	66.67 (18)	P = 0.91* ( $X^2$ = 0.98; n = 54)
9	<i>Calophyllum brasiliense</i>	100.00 (1)	66.67 (2)	P = 0.26* ( $X^2$ = 4.00; n = 4)
10	<i>Symphonia globulifera</i>	50.00 (1)	20.00 (1)	P = 0.21* ( $X^2$ = 3.08; n = 7)

-- Los espacios vacíos indican que no presentaron individuos en los bosques, lo cual dificulta las estimaciones de su probabilidad.  
a. Las variables no reunieron las 5 observaciones mínimas requeridas para el análisis, por lo que se debe considerar con cautela.

Los grupos de especies que observaron la mayor proporción de daño en ambos tipos de bosques (Cuadro 23) en orden de importancia son: *T. amazonia*, *T. guianensis*, *C. brasiliense*, y *M. macroterantha*. La mayoría de las especies no registraron suficientes observaciones para ver diferencias estadísticamente significativas en los daños percibidos entre los bosques intervenidos y no intervenidos.

Por otro lado, los grupos de especies que presentaron menores niveles de daños fueron: *M. yoroconte*, *V. cf. jefensis*, *H. Alchorneoides* y *S. globulifera*. En este grupo de especies tampoco se pueden establecer diferencias estadísticas significativas, ya que no se registraron suficientes observaciones en ambos tipos de bosques.

Al establecer una comparación entre las especies sin daños y los que recibieron alguna clase de daño (clases 1 vs clases 2-5, Cuadro 24), se determinó que el 21.50 % de los árboles no percibieron daños y un 78.50% de los mismos sufrieron daños, en los dos tipos de bosques. Es posible que algunas características de las especies tales como la densidad de la madera, la profundidad y la distribución de la masa radicular, el tipo de suelo (textura, pedregocidad, drenaje, suelto, compacto etc) puedan influir en que una especie resista más los embates de los vientos huracanados o lluvias fuertes y sostenidos.

El cuadro 24 muestra la proporción de las especies de árboles con dap  $\geq$  30 cm (medidos en transectos y parcelas) que observaron los mayores niveles de daños con respecto del promedio de las diez especies del estudio.

Cuadro 24. Proporción de especies con mayores niveles de daños respecto del promedio en el bosque. Los datos en ( ) indican el número absoluto de individuos (dap  $\geq 30$  cm) presentes en la clase de daño.

No.	ESPECIE	CLASES DE DAÑOS EN B. INTERVENIDO Y NO INTERVENIDO					TOTAL
		1	2	3	4	5	
1.	<i>Terminalia amazonia</i>	0	41.67(5)	8.33(1)	16.67(2)	33.33(4)	12
2.	<i>Macrohasseltia macroterantha</i>	42.85(6)	14.29(2)	14.29(2)	14.29(2)	14.28(2)	14
3.	<i>Guarea grandifolia</i>	33.33(1)	33.33(1)	33.33(1)	0	0	3
4.	<i>Mangnolia yoroconte</i>	33.33(3)	44.44(4)	22.22(2)	0	0	9
5.	<i>Hieronyma alchomeoides</i>	0	33.33(1)	66.67(2)	0	0	3
6.	<i>Tapiriria guianensis</i>	7.14(1)	7.14(1)	50.00(7)	14.28(2)	21.43(3)	14
7.	<i>Ilex tectónica</i>	0	100(1)	0	0	0	1
8.	<i>Vochysia. cf. jefensis</i>	35.19(19)	12.96(7)	25.93(14)	11.11(6)	14.81(8)	54
9.	<i>Calophyllum brasiliense</i>	25.00(1)	25.00(1)	25.00(1)	0	25.00(1)	4
10.	<i>Symphonia globulifera</i>	71.42(5)	0	14.28(1)	0	14.29(1)	7
Total 10 especies		(36)	(23)	(31)	(12)	(19)	121
Promedio		35.47	34.68	28.89	14.10	21.02	
Todas las rest.		(103)	(116)	(118)	(143)	(131)	611
<b>GRAN TOTAL</b>		<b>(139)</b>	<b>(139)</b>	<b>(149)</b>	<b>(155)</b>	<b>(150)</b>	<b>732</b>

Clases de daños 1 = Árboles sin daño, 2 = Árboles defoliados, 3 = Árboles con ramas quebrados, 4 = Árboles con fuste quebrado, 5 = Árboles desraizados e inclinados.

Casi todas las especies mostraron defoliación y ramas quebradas (clases 2 y 3, Cuadro 24), los árboles de las especies *Terminalia*, *Macrohasseltia*, *Tapiriria*, *Vochysia*, *Calophyllum* y *Symphonia*, también mostraron árboles desraizados e inclinados y fustes quebrados.

A nivel de fustes quebrados y desraizados e inclinados (clases 4 y 5, Cuadro 24) las especies *Terminalia amazonia*, *Tapiriria guianensis*, *M. macroterantha* y *C. brasiliense* fueron las más dañadas.

Con relación a los daños combinados registrados, para ambos tipos de bosques, se encontró que las especies *Terminalia amazonia*, *Tapiriria guianensis*, *M. macroterantha*, *G. grandifolia*, *V. cf. jefensis*, *C. brasiliense*, y *S. globulifera*, registraron daños por "defoliación + ramas quebradas". Las especies *V. cf. jefensis* y *Tapiriria guianensis* presentaron daños por "defoliación + árboles inclinados". Al nivel de "ramas quebradas + árboles desraizados" se registraron a las especies: *T. amazonia* y *V. cf. jefensis*. Finalmente al nivel de los "fustes quebrados + árboles inclinados" se registraron a las especies *V. cf. jefensis*, *T. amazonia* y *M. macroterantha*.

#### 4.4 RESPUESTA DE LA REGENERACION.

##### 4.4.1 Abundancia de las especies en las categorías de regeneración Latizal Alto y Bajo.

La abundancia de los "latizales altos" fue mayor en el bosque no intervenido (413) comparado al bosque intervenido (343). Los "latizales bajos" presentaron una situación similar a los latizales altos con una mayor abundancia en los bosques no intervenidos (783) con respecto de los intervenidos (633).

En general el porcentaje de "latizales altos" (Figura 20a) presentes para las especies del estudio, en los bosques intervenidos no es diferente con respecto del bosque no intervenido, a excepción de *V. cf. jefensis* y *C. brasiliense* que registraron una mayor abundancia en el bosque no intervenido (Cuadro 25). Estadísticamente no se pudo probar la significancia de las diferencias debido a que se registraron pocas observaciones por especie para aplicar una prueba estadística adecuada.

En los latizales bajos (Figura 20b), la situación es muy parecida a los latizales altos, pero a diferencia del bosque intervenido la abundancia en el bosque no intervenido es mayor en las especies *V. cf. jefensis*, *C. brasiliense* y *S. golbulifera*. En cambio, *T. amazonia* presentó mayor abundancia en el bosque intervenido comparado con el bosque no intervenido y *T. guianensis* presentó una abundancia muy parecida en ambos tipos de bosques.

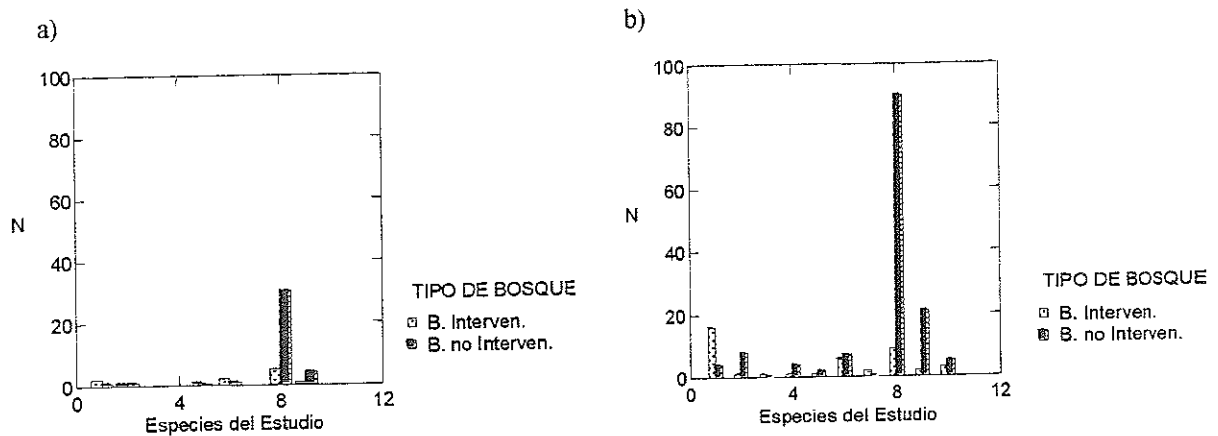


Figura 20: Número de individuos por especie por tipo de bosque. a) Latizal Alto, b) Latizal Bajo.

Especies: 1 = *T. amazonia*, 2 = *M. macroterantha*, 3 = *G. grandifolia*, 4 = *M. yoroconte*, 5 = *H. alchorneoides*, 6 = *T. guianensis*, 7 = *I. tectónica*, 8 = *V. cf. jefensis*, 9 = *C. brasiliense*, 10 = *S. golbulifera*.

La prueba de Chi-cuadrado aplicado a la categoría latizal alto, en cuanto al número de individuos por especie, indica que estos no son independientes a los tipos de bosques, lo que sugiere que existen diferencias

significativas al 0.05 ( $X^2 = 11.58$ ;  $P = 0.04$ ;  $n_1 = 12$ ,  $n_2 = 37$ ) entre los bosques intervenidos y no intervenidos. Sin embargo, debido a que para una mayoría, la frecuencia de observaciones por especie fue menor a 5, estos resultados se deben considerar con cautela.

Un análisis aplicado a la categoría latizal bajo, la prueba de Chi-cuadrado en cuanto al número de individuos por especie, indica que estos no son independientes a los tipos de bosques, lo que sugiere que existen diferencias muy significativas ( $X^2 = 66.12$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 42$ ,  $n_2 = 141$ ) entre los bosques intervenidos y los no intervenidos. Sin embargo, debido a que para una mayoría, la frecuencia de observaciones por especie fue menor a 5, estos resultados se deben considerar con cautela. La especie más abundante en el bosque para latizales altos y bajos (Figura 20) fue *V. cf. jefensis* (San Juan Rojo) y además presenta una tendencia de tener una mayor abundancia en los bosques no intervenidos.

La situación en los latizales bajos es similar a los latizales altos. De hecho, en observaciones de campo se pudo apreciar que las especies que mostraron una mayor frecuencia en el bosque en orden de mayor abundancia fueron *V. cf. jefensis* (san juan rojo), *Symphonia globulifera* (varillo), *Calophyllum brasiliense* (santa maria), *Tapiriria guianensis* (piojo caobina) y *Terminalia amazonia* (cumbillo o naranjo). Obviamente los resultados no reflejan la información anterior para todas las especies y esto es debido a la aleatorización de las parcelas, por ello algunas especies no estuvieron presentes en cantidades significativas en el muestreo de abundancia.

Cuadro 25. Abundancia de la regeneración de latizales por especies y por tipo de bosque.

BI = Bosque intervenido, BN = Bosque no intervenido.

No.	ESPECIES	LATIZ. BAJO		LATIZ. ALTO		TOTAL
		BI	BN	BI	BN	
1	<i>Terminalia amazonia</i>	16 (2.52)	4 (0.51)	2 (0.58)	1 (0.24)	23
2	<i>Macrohasseltia macroterantha</i>	1 (0.16)	8 (1.02)	1 (0.29)	1 (0.24)	11
3	<i>Guarea grandifolia</i>	1 (0.16)	0	0	0	1
4	<i>Mangolia yoroconte</i>	1 (0.16)	4 (0.51)	0	0	5
5	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	1 (0.16)	2 (0.26)	1 (0.29)	0	4
6	<i>Tapiriria guianensis</i>	6 (0.95)	7 (0.89)	2 (0.58)	1 (0.24)	16
7	<i>Ilex tectónica</i>	2 (0.31)	0	0	0	2
8	<i>Vochysia cf. jefensis</i>	9 (1.42)	90 (11.49)	5 (1.46)	30 (7.28)	134
9	<i>Calophyllum brasiliense</i>	2 (0.31)	21 (2.68)	1 (0.29)	4 (0.97)	28
10	<i>Symphonia globulifera</i>	3 (0.47)	5 (0.64)	0	0	8
11	Resto de especies	592 (93.37)	642 (81.99)	331 (96.50)	375 (91.01)	1940
	<b>TOTAL</b>	<b>634</b>	<b>783</b>	<b>343</b>	<b>412</b>	<b>2172</b>

La proporción de individuos en los latizales altos y bajos por especie por tipo de bosque y por sitio presentan una baja abundancia, además tampoco se tienen suficientes observaciones registradas por especie para probar diferencias estadísticamente confiables en los dos tipos de bosques (Cuadro 25).



#### 4.4.2 Tipos de respuesta principal en Latizales altos y bajos.

Los tipos de respuesta de los "latizales altos" por tipo de bosque (Cuadro 9, Anexo 1 y Figura 21a), al comparar entre la proporción de individuos "sin respuestas" con 34 % en el bosque intervenido y 54 % en el no intervenido con los individuos "con respuestas" en bosque intervenido (66 %) y el no intervenido (46 %); resulta que el bosque no intervenido la proporción de individuos sin respuestas es más alta con respecto del bosque intervenido. Pero al nivel de los individuos "con respuestas", el bosque intervenido registró una mayor proporción de individuos con respecto del bosque no intervenido. Además, la prueba de Chi-cuadrado muestra que los tipos de respuesta no son independientes a los tipos de bosques. Lo cual indica que presenta diferencias muy significativas al 0.01 ( $X^2 = 31.75$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 343$ ,  $n_2 = 413$ ) entre los dos tipos de bosques.

Al nivel de los latizales bajos (Cuadro 9, Anexo 1 y Figura 21b), al comparar la proporción de individuos "sin respuestas" en el bosque intervenido (79.15 %) y en el no intervenido (86.70 %) con los individuos "con respuestas" en el bosque intervenido (20.85 %) y el no intervenido (13.30 %); hay una alta proporción de individuos sin respuesta que con respuestas, para los dos tipos de bosques y los individuos con respuesta es mayor en el bosque intervenido comparada al no intervenido. Según la prueba de Chi-cuadrado los tipos de respuesta no son independientes a los tipos de bosques. Lo cual indica que los latizales bajos presentan diferencias muy significativas al 0.01 ( $X^2 = 14.36$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 633$ ,  $n_2 = 782$ ) en las respuestas entre los bosques intervenidos y no intervenidos a los daños del huracán.

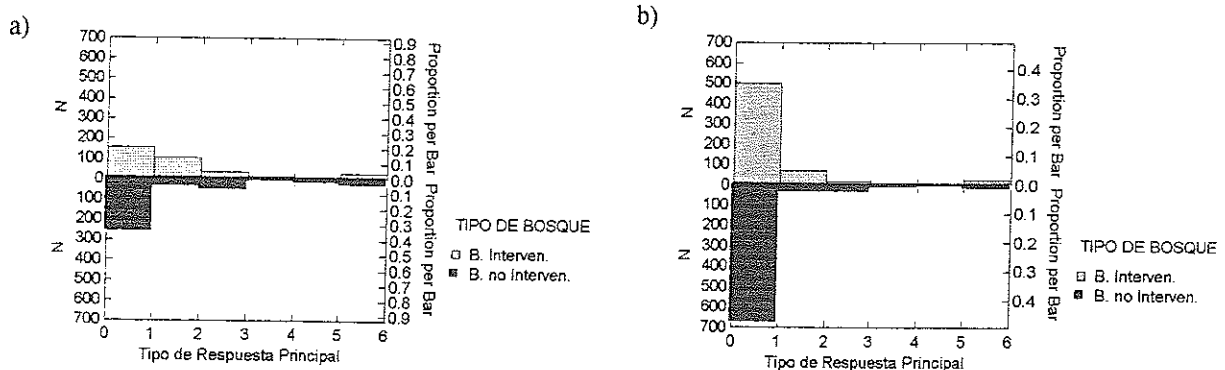


Figura 21: Diferencias en tipos de respuesta principal por tipo de bosque. a) Latizal Alto, b) Latizal Bajo.

Tipos de Respuesta: 0 = ninguna respuesta, 1 = Arbol en pie / caído con rebrote en tallo, 2 = Arbol en proceso de secarse, 3 = Arbol defoliado con rebrote en la copa, 4 = Arbol en pie con ramas quebradas en proceso de secarse, 5 = Arbol en pie con ramas quebradas con rebrote en copa.

Los niveles de respuestas "sin respuestas" y con respuestas en los latizales altos y bajos a los daños del huracán, muestran diferencias muy significativas entre los bosques intervenidos y los no intervenidos. Tanto para los latizales altos como para los bajos, la proporción de individuos sin respuesta es mayor en los bosques no

intervenidos con respecto de los no intervenidos. No obstante, en los latizales bajos la proporción de individuos sin respuestas a los daños, la proporción es mayor al 50 % en ambos tipos de bosques. Esto implica que los latizales bajos fueron menos dañados en ambos tipos de bosques comparado a los latizales altos. También esto es el resultado de que los latizales bajos están relativamente más protegidos por los árboles grandes con su cobertura arbórea.

#### 4.4.3 Tipos de respuesta de los latizales por tipo de hábitat.

En el bosque intervenido, las respuestas de los latizales altos por tipo de hábitat, analizados con la prueba de Chi-cuadrado muestran que no son independientes a los tipos de hábitat claro y sombra, indicando que hay diferencias muy significativas entre ambos tipos de hábitat al 0.01 ( $X^2 = 18.89$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 227$ ,  $n_2 = 116$ ). Un análisis similar aplicado a los latizales altos del bosque no intervenido, muestra que también existen diferencias muy significativas de la respuesta entre los hábitat claro y sombra al 0.01 ( $X^2 = 30.77$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 232$ ,  $n_2 = 180$ ).

Las respuestas de los latizales bajos en los bosques intervenidos por tipo de hábitat, analizados con la prueba de Chi-cuadrado muestra que no existen diferencias significativas entre los hábitat claro y sombra al 0.05 ( $X^2 = 5.21$ ;  $P = 0.39$ ;  $n_1 = 248$ ,  $n_2 = 385$ ). Un análisis similar aplicado a los bosques no intervenidos, muestra que hay diferencias muy significativas de la respuesta al 0.01 ( $X^2 = 15.21$ ;  $P = 0.01$ ;  $n_1 = 321$ ,  $n_2 = 461$ ) entre los hábitat claro y sombra. Sin embargo, debido al bajo número de observaciones en ambos tipos de bosques por tipo de respuesta (número menor a cinco) estos resultados se deben considerar con cautela.

Los tipos de respuestas por tipo de hábitat de los latizales altos en el bosque intervenido (Figura 22a), muestran que las respuestas en claro (143) son mayores con respecto de las respuestas en sombra (45). En el bosque no intervenido (Figura 22a) las respuestas en claro (101) son mayores con respecto de las respuestas en sombra (50).

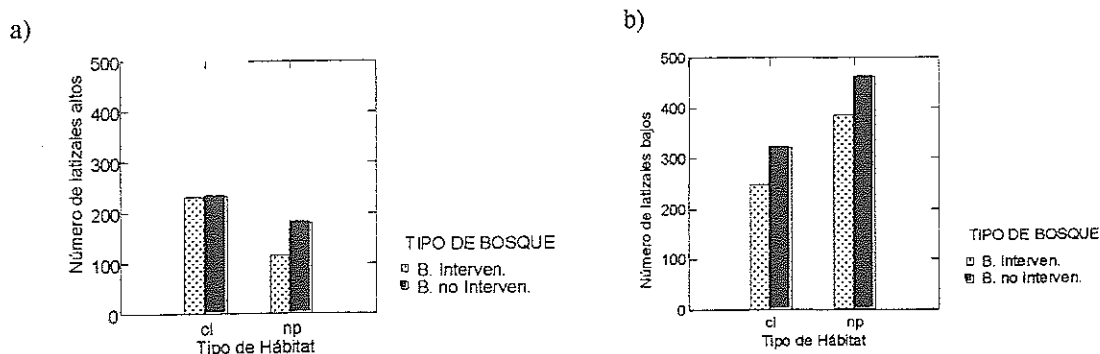


Figura 22: Número de latizales por hábitat y por tipo de bosque. a) Latizal alto, b) Latizal bajos. ci = claro, np = Sombra.

En el bosque intervenido las respuestas de los latizales bajos (Figura 22b), la situación es inversa de los latizales altos, las respuestas en claro (60) son menores con respecto de las respuestas en sombra (72). Además, en el bosque no intervenido, las respuestas en claro (49) también son menores con respecto de las respuestas en sombra (55). Las respuestas de los latizales altos a la incidencia del huracán tanto en los dos tipos de bosques fueron mayores en los claros con respecto de la sombra. No obstante, al nivel de los latizales bajos, las respuestas fueron mayores en la sombra comparada al claro.

#### 4.4.4 Abundancia de la regeneración: Brinzales y Plántulas.

La abundancia de la regeneración al nivel de los brinzales y las plantulas (Figura 23), muestra que las especies mas abundantes en orden de importancia en el bosque son *V. cf. jefensis* (San Juan Rojo), *T. guianensis* (Piojo caobina), *C. brasiliense* (María), *S. globulifera* (Varillo) y *T. amazonia* (Cumbillo o naranjo). Sin embargo, la mayor abundancia por tipo de bosque es variable para cada especie. El cuadro 26 muestra el número de individuos por especie (para brinzales y plantulas) por tipo de bosque, y los datos en ( ) indican los porcentajes por especie para el total de individuos por tipo de bosques.

Cuadro 26. Abundancia de la regeneración brinzales y plántulas por especies y por tipo de bosque.

BI = Bosque intervenido, BN = Bosque no intervenido

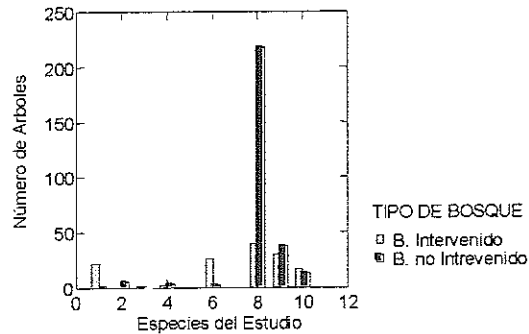
No.	ESPECIES	PLANTULAS		BRINZALES		TOTAL
		BI	BN	BI	BN	
1	<i>Terminalia amazonia</i>	2 (0.61)	0	22 (3.77)	1 (0.17)	25
2	<i>Macrohasseltia macroterantha</i>	0	2 (0.65)	0	6 (1.03)	8
3	<i>Guarea grandifolia</i>	0	0	1 (0.17)	0	1
4	<i>Mangolia yoroconte</i>	0	0	2 (0.34)	3 (0.52)	5
5	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	0	6 (1.95)	0	0	6
6	<i>Tapiriria guianensis</i>	80 (24.39)	5 (1.63)	26 (4.45)	2 (0.34)	113
7	<i>Ilex tectónica</i>	0	0	0	0	0
8	<i>Vochysia cf. jefensis</i>	42 (12.81)	140 (45.60)	40 (6.85)	218 (37.59)	440
9	<i>Calophyllum brasiliense</i>	4 (1.22)	5 (1.63)	30 (5.14)	38 (6.55)	77
10	<i>Symphonia globulifera</i>	8 (2.44)	5 (1.63)	17 (2.91)	13 (2.24)	43
11	Resto de especies	192 (58.54)	144 (46.91)	446 (76.37)	299 (51.55)	1081
	TOTAL	328	307	584	580	1799

Un análisis de la abundancia de las especies a nivel en los brinzales por tipo de bosques, la prueba de Chi-cuadrado, muestra que el número de individuos por especie no son independientes a los tipos de bosques, lo cual indica que hay diferencias muy significativas en la abundancia de los árboles por especie al 0.001 ( $X^2 = 150.350$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 329$ ,  $n_2 = 427$ ) entre los bosques intervenidos y los no intervenidos.

La abundancia de las plántulas por tipo de bosque, analizadas con prueba de Chi-cuadrado muestra que la abundancia no son independientes a los tipos de bosque, lo cual sugiere que hay diferencias significativas al

0,001 ( $X^2 = 136.061$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 328$ ,  $n_2 = 307$ ). Sin embargo, debido a que para algunas especies la frecuencia de observaciones fue menor a 5, se recomienda tomar con cautela estos resultados.

a)



b)

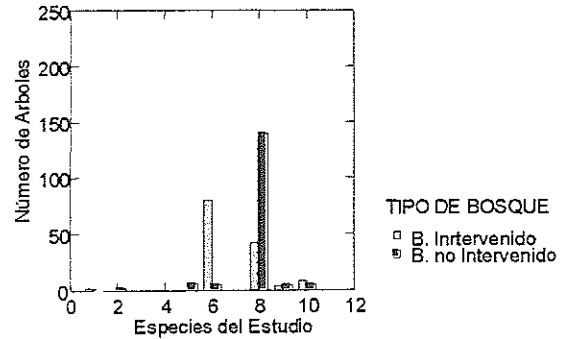


Figura 23: Abundancia de las especies del estudio por tipo de bosque. a) Brinzales, b) Plántulas.

Especies: 1 = *T. amazonia*, 2 = *M. macroterantha*, 3 = *G. grandifolia*, 4 = *M. yoroconte*, 5 = *H. alchorneoides*, 6 = *T. guianensis*, 7 = *I. tectónica*, 8 = *V. cf. jefensis*, 9 = *C. brasiliense*, 10 = *S. globulifera*.

La abundancia de las especies del estudio en los brinzales y plantulas, evidencia que hay una mayor concentración en *V. cf. jefensis*, *C. brasiliense*, y *T. guianensis*. Las especies *Vochysia* y *Calophyllum* muestran una tendencia de mayor abundancia en los bosques no intervenido tanto en brinzales como en plantulas. En cambio, las especies *Tapiriria* y *Symphonia* muestran una tendencia de mayor abundancia en los bosques intervenidos tanto en brinzales como en plantulas. Por otro lado, en observaciones de campo se apreció que estas especies en el bosque muestran una alta capacidad de adaptación a los disturbios naturales y los producidos por el hombre, lo que nos lleva a considerar que estas especies tienen características de alta resiliencia y resistencia a los disturbios naturales y artificiales.

#### 4.4.5 Regeneración de Brinzales y Plántulas por tipo de hábitat.

La mayor concentración de la regeneración en el caso de los brinzales se presenta en los claros (Figura 24a) tanto en el bosque intervenido como en el no intervenido. En cambio, la mayor concentración de las plántulas se presenta en el tipo de hábitat "sombra" (Figura 24b) en ambos tipos de bosques. La prueba de Chi-cuadrado, revela que la abundancia de lo brinzales en el bosque intervenido entre los claros y la sombra no son independientes a los tipos de hábitat, lo que indica que hay diferencias significativas ( $X^2 = 29.328$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 328$ ,  $n_2 = 256$ ) entre los dos tipos de hábitat.

La misma prueba aplicado al bosque no intervenido, muestra que la abundancia de los brinzales tampoco son independientes a los tipos de hábitat, lo cual indica que también hay diferencias significativas en la abundancia entre los claros y la sombra ( $X^2 = 24.206$ ;  $P = 0.001$ ;  $n_1 = 357$ ,  $n_2 = 223$ ). A pesar de los resultados anteriores, el número de observaciones (en los dos tipos de bosque) para algunas especies presentó una frecuencia menor a 5, debido a esto, estos los datos resultantes deben considerarse con cautela.

Las especies que observaron una mayor abundancia en el bosque intervenido fueron: *V. cf. jefensis* (San Juan Rojo), *C. brasiliense* (María), *Tapiriria guianensis* (Piojo caobina) y *Terminalia amazonia* (Cumbillo o naranjo). Y en el bosque no intervenido las especies más abundantes fueron: *V. cf. jefensis* (San Juan Rojo) y *C. brasiliense* (María).

Un análisis de la abundancia de las plántulas en el bosque intervenido, la prueba de Chi-cuadrado muestra que las abundancias no son independientes a los tipos de hábitat, lo cual indica que hay diferencias muy significativas al 0.01 ( $X^2 = 29.280$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 146$ ,  $n_2 = 182$ ) entre los hábitat claro y sombra. El mismo análisis estadístico aplicado al bosque no intervenido, muestra que también hay diferencias significativas entre los tipos de hábitat al 0.01 ( $X^2 = 24.920$ ;  $P = 0.000$ ;  $n_1 = 147$ ,  $n_2 = 160$ ). Sin embargo, debido a que el número de observaciones de los resultados anteriores (en los dos tipos de bosques) para la mayoría de las especies presentó una frecuencia menor a 5, estos resultados deben considerarse con cautela.

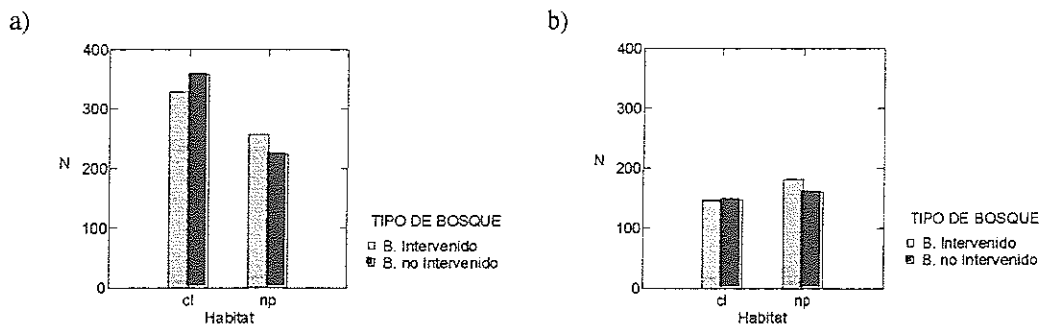


Figura 24: Número de individuos por hábitat y por tipo de bosque. a) Brinzales, b) Plántulas.

cl = claro, np = Sombra.

Lo anterior nos indica que los brinzales están creciendo más, bajo condiciones de luz o de grandes aperturas en el bosque actual, producto del paso del huracán Mitch. En cambio, las plántulas se han establecido mejor en la sombra debido a que las condiciones de claro no favorecen su establecimiento, porque las condiciones

de hojarasca en el suelo y la humedad los limitan. Sin embargo, algunas especies como *V. cf. jefensis*, logra desarrollarse en iguales condiciones de crecimiento en la sombra y también en los claros.

Al nivel de los brinzales, las especies que registraron una mayor abundancia en el bosque intervenido fueron: *V. cf. jefensis* (San Juan Rojo), *C. brasiliense* (Maria), *Tapiriria guianensis* (Piojo caobina) y *Terminalia amazonia* (Cumbillo o Naranja). Y en el bosque no intervenido las especies más abundantes fueron: *V. cf. jefensis* (San Juan Rojo) y *C. brasiliense* (Maria). Al nivel de las plántulas, las especies que presentaron mayor abundancia en el bosque intervenido fueron: *Tapiriria guianensis* (Piojo caobina) y *V. cf. jefensis* (San Juan Rojo), y en el bosque no intervenido la especie más abundante fue: *V. cf. jefensis* (San Juan Rojo).

## 4.5 DISCUSION.

### 4.5.1 NIVELES DE DAÑOS.

Los bosques pueden ser considerados como un mosaico de vegetación dinámica de diferentes edades producidos por disturbios e influenciado por diferentes condiciones bióticas y abióticas. Tres fases principales (claro, reconstrucción y maduras) han sido reconocidas en el ciclo de la regeneración del bosque desde los trabajos iniciales de Watt (1947). Los recientes estudios de Francis & Gillespie (1993), revelan algunos puntos significativos sobre el comportamiento del viento con relación a los daños al bosque: la topografía tiene una profunda influencia en el comportamiento del viento y su dirección de movimiento en tierra firme.

El patrón espacial de los daños por viento fue controlado por la altura de la vegetación, la composición y por la exposición misma de los sitios a la trayectoria del huracán Mitch. El nivel de daños que produjo los vientos huracanados al bosque, más las intensas lluvias que provocó el huracán, debido a su estacionamiento en la costa norte de Honduras en octubre de 1998, esta fue determinante para los efectos directos e indirectos a los bosques. Además de la exposición de los bosques a la trayectoria del evento natural, la inclinación de los terrenos (pendientes arriba de 60%) y el nivel de apertura de los bosques por el aprovechamiento forestal contribuyeron en forma muy particular al nivel de daños producidos por el huracán. Vandermeer *et al.* (1990), también mencionan que la intensidad del impacto del huracán Juana en los bosques de la costa norte de Nicaragua fue mayor en los bosques que presentaron una exposición cercana a la trayectoria del huracán.

La superficie de área de bosque disturbada principalmente por árboles desraizados y fustes quebrados, en áreas de muestreo de 10 ha, se encontraron tamaños de claros desde 1697- 2408 m<sup>2</sup> en rodales intervenidos por aprovechamiento forestal y en rodales naturales. Scatena y Larsen (1991), reportan que en Puerto Rico los daños ocasionados por el huracán Hugo, en 13 ha de bosque donde se concentraron los daños, con una exposición del terreno de cara a la trayectoria del huracán, registró áreas de claros de 1,625 m<sup>2</sup>, la superficie en esa área fue disturbada por deslizamiento de tierras y árboles desraizados.

Los tamaños de claros observados en los rodales intervenidos por aprovechamiento forestal presentaron áreas de 1952-3256 m<sup>2</sup> los cuales fueron más grandes a los observados en los rodales naturales con áreas de 1616-1775 m<sup>2</sup> (cuadro 10, Anexo 1). Según Foster & Boose (1992), los patrones de daños y observaciones más recientes indican que los árboles dentro de áreas de bosques abiertas de 10-100 metros fueron más susceptibles a la caída que los árboles bajo cobertura arbórea continua. Sin embargo, una limitación en el presente estudio definiendo el tamaño de los claros fueron los claros causados por huracán en las áreas de bosque intervenido por aprovechamiento forestal. Donde, a pesar de los claros causados directamente por el huracán, algunos de

los claros se desarrollaron sobre las áreas abiertas por los árboles aprovechados. Resultando físicamente difícil la distinción del área de claro causado por el huracán y cual la parte debida al aprovechamiento. Debido a lo anterior, las áreas de claros determinados en los bosques intervenidos se toman como producto de la incidencia de los eventos aprovechamiento mas huracán.

El nivel del impacto del huracán Mitch en los bosques estudiados de la costa norte de Honduras se considera como moderadamente afectado. Ya que se registraron niveles de daños en la estructura vertical del bosque (árboles desraizados, fustes quebrados, defoliación y ramas quebradas) en proporciones menores al 50 % del total de la muestra. Además, en los dos tipos de bosques se registraron una sobrevivencia proporcionalmente significativa tanto al nivel de los árboles como en la regeneración (latizales altos y bajos). Por otro lado, un poco mas de la mitad de la cobertura arbórea continua del bosque resultó ser dañada y presentó un solo claro grande (> 10,000 m<sup>2</sup>), abundantes claros medianos (600-5,000 m<sup>2</sup>) y pequeños (200-500 m<sup>2</sup>) en los rodales intervenidos y naturales. Lo anteriormente expuesto se basa en los estándares de intensidad de impacto introducidos al bosque por cobertura arbórea continua afectada, niveles de daños a los árboles y superficie de bosque alterada por Allan & Starr (1982), Kramer & Verkaar (1998), Bellingham et al (1992) y Laurence (1997).

#### 4.5.2 NUMERO DE ARBOLES DAÑADOS.

De los 1838 árboles de la muestra en los dos tipos de bosques, en el bosque intervenido de un total de 919 individuos un 19.80 % (182) presentaron desraizamiento e inclinación, 22.09 % (203) con fustes quebrados, 16.43 % (151) con ramas quebradas, 16.97 % (227) defoliados y un 24.70 % resultaron sin daños. Mientras que en el bosque natural de un total de 919 árboles un 16.10 % (148) resultaron desraizados e inclinados, 11 % (101) con fustes quebrados, 21.22 % (195) con ramas quebradas, 24.37 % (224) defoliados y 27.31 % resultaron sin daños. En general, se observaron árboles con mayores daños por desraizamiento y fustes quebrados en el bosque intervenido y mayores árboles defoliados y con ramas quebradas en el bosque no intervenido. Y la sobrevivencia es proporcionalmente menor en ambos tipos de bosques del total de árboles de la muestra.

En Jamaica, Bellingham et al (1992), reportan que evaluaciones del impacto del huracán Gilbert en 2600 árboles permanentemente marcados en 49 parcelas de 10 X 10 m (0.49 ha) a lo largo de la cimas de las montañas y dentro de claros, se encontró que el 74 % de los árboles (en cinco años) presentaron daños relativamente altos que el esperado en promedio de largo tiempo. En general, los daños severos por ramas quebradas fueron más comunes la causa de muerte por el huracán que el desraizamiento. Pues las lluvias no fueron muy intensivas antes ni durante la tormenta. Por otro lado, los daños causados por el huracán Hugo en puerto Rico, para 2177 fustes de árboles (dap ≥ 10 cm) se registró que 16.7% de ellos sufrieron severos daños en el tallo: 909 (6.9%)



fueron desraizados, 983 (7.5 %) sufrieron quebradura de ramas, 182 (1.4 %) quebradura de raíces y 104 (0.8%) fueron inclinados (Zimmerman *et al.* 1994).

Vandermeer *et al.* (1990), también mencionan que en un área muestreado de 4,000 m<sup>2</sup>, se encontraron 374 individuos de 79 especies. De estos, el 27.2 % (102) habían caído y 53.2 % (199) estaban truncados (fustes quebrados), dejando solamente 19.5 % (73) árboles en pie con algunas ramas. En contraste, Bates (1929), trabajando en Puerto Rico reportó más árboles con fustes quebrados que caídos por causa de huracanes. Estos resultados concuerdan en sus aspectos generales con estudios posteriores como los de Putz *et al.* (1983) trabajando en Panamá informaron que la quiebra del fuste es más común que el desraizamiento (75 % de los árboles estaban con fustes quebrados en vez de caídos), comparado a 66 % que reportan Vandermeer *et al.* (1990).

En general, los resultados anteriores concuerdan con los daños causados por el huracán Mitch en los bosques de la costa norte de Honduras. Sin embargo, como resultado de la comparación entre los bosques intervenidos y los no intervenidos, los daños difieren en las estructuras de cada tipo de bosque.

#### 4.5.3 IMPACTO EN LA ESTRUCTURA DEL BOSQUE.

##### 4.5.3.1 Estructura horizontal.

Según Moeur (1993), los modelos espaciales de la posición de los árboles en el bosque reflejan el complejo mosaico histórico y medioambiental impuesto por patrones de establecimientos iniciales, las diferencias medioambientales, el clima y los factores de la luz solar, la competencia de la vegetación, y el éxito de cambio de diferentes especies en el tiempo también dependen de sus características de historia de vida individuales. La descripción y interpretación de estas relaciones espaciales han sido el enfoque mayor de la investigación del bosque. Varias implicaciones pueden beneficiarse de la inclusión de información espacial detallada. Modelos de procesos fisiológicos en posiciones del bosque que simulan el crecimiento de un árbol, la producción del carbono, y asimilación dentro de los árboles y dentro de las posiciones.

El citado autor también plantea que la inclusión de información espacial también puede mejorar los modelos de manejo forestal tradicional orientados. La mayoría de los modelos de crecimiento y rendimiento del bosque no consideran explícitamente en los datos de los árboles la presencia de la estructura espacial, pero a menudo se incorporan los efectos espaciales indirectos a través de la inclusión de variables de competencia como la densidad de la posición de los árboles. Porque los árboles en un bosque interactúan recíprocamente para influir en la distribución y desarrollo de sus vecinos.

El análisis espacial aplicado al mapeo de los árboles usados para el análisis de la distribución de las distancias entre los árboles vecinos más cercanos, considera las distancias entre todos los árboles en la parcela (50 X 50 m). Mapas precisos de la ubicación de los árboles en un área es esencial para estudios espacialmente explícitos de poblaciones de árboles y la dinámica del bosque (Condit *et al.* 1992, y Moer 1993).

Una comparación de distancias calculadas entre los cinco árboles ( $dap \geq 10$  cm) más cercanos mostró una distancia media de 6.67 m en el bosque intervenido y en el bosque no intervenido (antes del aprovechamiento y del huracán), mientras que después del aprovechamiento la distancia fue de 3.70 m para el bosque intervenido, con una diferencia mínima de 3 cm. Sin embargo después del huracán la situación fue diferente, el bosque intervenido registro una distancia media de 4.84 m, y el bosque no intervenido con 4.39 m, con una diferencia de 4.5 cm mas en el bosque intervenido. Sin embargo, al considerar solo árboles grandes ( $dap \geq 30$  cm) la distancia media en el bosque intervenido fue de 4.18 m, y en el bosque no intervenido fue de 4.25 m, con una diferencia de 7 cm mas en el bosque no intervenido, mientras que después del aprovechamiento la distancia fue de 4.32 m en el bosque intervenido, con una diferencia de 14 cm anterior al aprovechamiento. Después del huracán, el bosque intervenido registró una distancia media de 5.32 m, y el bosque no intervenido con 5.04 m, con una diferencia de 28 cm mas en el bosque intervenido.

En los tres sitios del estudio, se realizaron aprovechamientos de baja intensidad, debido a que en el período de 1992-94, el aprovechamiento forestal se concentró en unas pocas especies de alto valor comercial. Debido a esto, para árboles con  $dap \geq 10$  cm, se registraron niveles de aperturas mínimas (0.03 metros) en los bosques intervenidos producto de las actividades de aprovechamiento. En cambio, el huracán produjo una mayor apertura en estos bosques con 1.14 metros y de 0.70 metros en el bosque natural. Al considerar solamente los árboles grandes con  $dap \geq 30$  cm, el aprovechamiento produjo aperturas en el bosque con 0.14 metros, mientras que el huracán aumentó con 1.66 metros (sobre la base de las distancias después del aprovechamiento) y en el bosque no intervenido con 0.80 metros. Estos resultados muestran que tanto para árboles con  $dap \geq 10$  cm como para diámetros mayores a 30 centímetros, el huracán logró abrir mas el bosque intervenido que en el bosque no intervenido comparada a las actividades del aprovechamiento forestal, resaltando que la misma fue de baja intensidad.

Tal como se muestra en las figuras del Anexo 2 sobre la distribución espacial de los árboles con menor densidad (menos agrupados) estos resultaron estar más susceptibles a los daños por viento. Ya que el nivel de apertura del bosque facilita un mayor flujo del viento huracanado y los individuos en los bordes de los espacios mas abiertos resultaron ser mas dañados. En cambio, una distribución con una mayor densidad de árboles (ver distribución de árboles en parcelas, Anexo 2) los mismos fueron afectados en una manera similar a la forma como están distribuidas en el bosque. A partir de las observaciones anteriores se podría concluir que no es tanto

el nivel de apertura causado por el aprovechamiento lo que causo mayores daños en el bosque (que en este estudio los sitios tuvieron intensidades de aprovechamiento bajas), mas bien lo que provoco un menor o mayor nivel de daños fue la forma de la distribución espacial de los arboles en el bosque.

En este sentido, Sterner *et al.* (1986) plantean que la mortalidad de los árboles en los bosques tropicales puede tener un importante componente espacial, resultando que los árboles maduros de por lo menos algunas especies tengan una tendencia a ser eventualmente disturbados. Ellos consideraron que estos patrones de mortalidad podrían contribuir al mantenimiento de la alta riqueza de las especies en estos bosques. Los patrones de distribución (en mayor o menor densidad) de los árboles contribuyen muy particularmente al grado en que un bosque resulta en menor o mayor medida dañados por los disturbios naturales. Según Sterner *et al.* (1986) este sería un modelo de la dinámica espacial que da énfasis a la importancia de la especialización del hábitat de las especies arbóreas determinando la distribución de árboles en su fase de adulto.

#### 4.5.3.2 Estructura Vertical.

Es probable que los vientos huracanados entraron con mayor libertad en los bosques intervenidos, en parte debido a que la estructura del bosque intervenido mostró una menor densidad de árboles (ver Anexo 2, Parcelas) y por otra parte por las aperturas del aprovechamiento, provocando desraizamiento y quebrando los fustes de los árboles, además las lluvias probablemente también provocaron mayor deslizamientos de tierras en este tipo de bosque debido a una mayor apertura del dosel y una menor protección del suelo por raíces de árboles. En cambio, en los bosques no intervenidos debido a que presentaron un dosel relativamente mas cerrado (árboles más cercanos unos a otros) comparado al bosque intervenido, los vientos huracanados causaron mas daños por defoliación y ramas quebradas. Obviamente debido a la gran fuerza de los vientos y a la distribución espacial de los árboles, también provocaron desraizamiento y quebradura de fustes de árboles en el bosque no intervenido.

#### 4.5.4 RESPUESTAS DE LOS ARBOLES A LOS DAÑOS.

En los bosques comunales de la costa norte de Honduras, de los 1838 árboles con  $dap \geq 10$  cm registrados el 24.92 % (229) de los 919 individuos en el bosque intervenido mostraron rebrote en el tallo en árboles en pie y caídos, 24.16% (222) de los árboles en proceso de secarse, 6.09 % (56) de los árboles defoliados con rebrote en la copa, 1.41% (13) árboles en pie con ramas quebradas en proceso de secarse, 5.88% (54) árboles en pie con ramas quebradas con rebrote en la copa y un 37.54 % (345) de los individuos no mostraron ninguna respuesta a los daños. Mientras que en el bosque no intervenido (natural), el 19.91% (179) de los 919 individuos presentaron rebrote en el tallo de árboles en pie y caídos, 21.65% (199) de los árboles estaban en proceso de secarse, 9.03% (83) de los defoliados presentaron rebrote en la copa, 4.35% (40) de los árboles en pie con ramas quebradas

estaban en proceso de secarse, 4.57% (42) de los individuos en pie con ramas quebradas presentaron rebrote en la copa y el 40.91% (376) de los individuos no mostraron ninguna respuestas a los daños.

Vandermeer *et al.* (1990), también reportan que después de la llegada del huracán Juana en las costas caribeñas de Nicaragua, el 77% (288) de los 374 individuos registrados habían rebrotado a lo largo del fuste. De estos 94.5 % árboles en pie presentaron rebrotes en el fuste, 76.4 % (152) presentaron rebrote en los fustes quebrados y un 65.7 % (67) árboles caídos presentaron rebrotes en el fuste. Además Putz *et al.* (1983), en sus estudios de daños a los árboles por vientos en Panamá, notaron que muchos árboles rebrotaron en los troncos quebrados, mientras que los árboles desraizados no observaron rebrotes. Ellos sugieren que el no rebrote en estos árboles era un mecanismo de especies de árboles con madera débil con tendencias a sufrir altas cantidad de quebradura de sus fustes por vientos.

Esta es una importante consideración, pues los rebrotes seguramente son un aspecto importante en la recuperación de los bosques posterior a un disturbio. De hecho, en los bosques de la costa norte de honduras afectados por el huracán Mitch, se observaron fustes de árboles jóvenes a partir de fustes de árboles grandes caídos probablemente con el huracán Fifi (1974) o debido al impacto de otra tormenta tropical en el pasado.

A pesar del daño, el proceso de recuperación estaba en marcha como rebrote y regeneración en el sotobosque y en menor proporción en los claros en la mayoría de los individuos de casi todas las especies. No se sabe que porcentaje de esta recuperación será exitosa. No obstante, la práctica forestal de manejo de rebrotes sugiere que los árboles truncados que están rebrotando cerca del extremo superior sobrevivirán relativamente bien, como en los estudios de Putz *et al.* (1983) y Putz y Brokaw (1989).

En observaciones de campo en los sitios de estudio también se pudo apreciar que existían rebrotes grandes de árboles caídos, esto indica que este mecanismo de respuesta es importante y forma parte de la dinámica de recuperación de estos bosques, lo que es un indicativo de que estos bosques están adaptados a este tipo de disturbio.

Al nivel de los "árboles sin ninguna respuesta" y "árboles con respuestas" por tipo de hábitat registrados en los bosques intervenidos y los no intervenidos, la proporción de árboles sin respuesta en sombra (62 y 48 %) fue mayor comparado al hábitat claro (31 % y 38 %) y los "árboles con respuestas" en sombra (38 % y 52 %) fueron menores comparado al hábitat claro (69 % y 62 %) en los bosques intervenidos y no intervenidos respectivamente. Las diferencias fueron muy significativas entre ambos tipos de hábitat, tanto en el bosque intervenido como en el bosque no intervenido. Esto sugiere que las respuestas de los árboles a los daños están mas activas en los claros con respecto de las sombras, ya que los claros ofrecen mayor iluminación y espacio a los árboles para reactivar sus mecanismos de recuperación.

Es muy importante considerar varios aspectos de las respuestas de los árboles a este tipo de disturbios (huracán). La comparación de los mecanismos de respuesta de los árboles entre los dos tipos de bosques, indica que las nuevas condiciones de espacio y luz permiten a los árboles activar sus mecanismos de recuperación. En general, los tipos de respuesta son muy parecidos en ambos tipos de bosques, pero llama la atención que más de un tercio de los individuos de la muestra no presentaron ningún tipo de respuesta. Una parte de estos es debido a los árboles que no sufrieron daños, pero en otros se debe a la capacidad de rebrote de las especies, las cuales son características muy particulares de algunas especies como la *Vochysia cf. jefensis* y *Tapiriria guianensis* que mostraron mayor rebrote en ambos tipos de bosque. Sin embargo, para los individuos que no mostraron ninguna respuesta, probablemente algunos de ellos se recuperarán mas lentamente que otros, es decir que a los seis meses del impacto del huracán la recuperación de algunos individuos no será muy evidente y talvés se requiera de un período de evaluación de uno a dos años de la incidencia del huracán para ver el proceso de recuperación de estos bosques. Por otro lado, también cabe la posibilidad de que muchos de estos individuos ya estén virtualmente muertos, pero debido a la densidad de la madera se mantengan aún en pie (Putz *et al.* 1983, y Lawton 1984) lo cual es una característica de las especies tolerantes a la sombra. Obviamente especies de arboles con menor densidad de su madera (especies de rápido crecimiento) muestran respuestas mas temprano de secamiento o bien abundantes rebrotes en sus estructuras dañadas.

#### 4.5.5 SUSCEPTIBILIDAD DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.

Los grupos de especies que observaron la mayor proporción de daño en ambos tipos de bosques fueron: *T. amazonia*, *T. guianensis*, *C. brasiliense*, y *M. macroterantha*. Por otro lado, los grupos de especies que presentaron menores niveles de daños fueron: *M. yoroconte*, *V. cf. jefensis*, *H. Alchorneoides* y *S. globulifera*. La mayoría de las especies no registraron suficientes observaciones para ver diferencias estadísticamente significativas entre los bosques intervenidos y no intervenidos.

No todos los árboles fueron creados iguales con respecto a la resistencia a los huracanes. La fortaleza de la madera en las ramas y sus bordes tiene menor resistencia a quebraduras a altas velocidades y la fuerza de los vientos. Según Francis & Gillespie (1993), existen alrededor de diez diferentes niveles de puntos de flexión (punto de quiebre) de la madera entre los más fuertes y más débiles en las maderas tropicales. La densidad de la madera de los árboles tiene mucho que ver como un árbol puede ser más resistente o susceptible a los daños por el viento y esto tiene que ver con la forma del crecimiento de las especies arbóreas (gremios ecológicos a que pertenecen). De acuerdo a lo anterior, las tasas de crecimiento son de particular interés para entender los efectos de los disturbios en las comunidades forestales, porque la tasa de crecimiento esta correlacionado directamente a la densidad de la madera (Putz *et al.* 1983) tal como las de lento crecimiento, las especies tolerantes a la sombra tienen mayor densidad de madera que los de rápido crecimiento intolerantes a la sombra

(Lawton, 1984). A la vez, la densidad de la madera es un determinante de la frecuencia y el tipo de daño sufridos por los árboles durante las tormentas (Zimmerman *et al.* 1994).

Para el caso, en Puerto Rico, la frecuencia con el cual las especies de árboles sufrieron quebradura de ramas estaba negativamente correlacionado con la densidad de la madera en uno de los dos sitios (Walker *et al.* 1992). En Panamá Putz *et al.* (1983) encontraron que los árboles desraizados tuvieron mas densidad de madera que los árboles con troncos quebrados, ellos estudiaron los tipos de quebraduras más comunes. Así, se puede esperar que durante las tormentas tropicales con fuertes vientos, las especies de árboles de rápido crecimiento serían las más susceptibles a daños por viento.

#### 4.5.6 RESPUESTA DE LA REGENERACION.

Según Withmore (1989), las diferencias del tamaño de los claros resulta en diferencias en la composición de las especies en el siguiente ciclo. El citado autor también encontró evidencias que sugieren que en todos los bosques, las especies que caen en claros pequeños, la regeneración se ha establecido en la sombra del bosque cuando son liberados (empieza el crecimiento en altura). En contraste, un grupo de diferentes especies colonizan los claros grandes, las semillas de estas especies solo germinan en claros. Entonces, la regeneración ocurre solamente después de la formación de los claros.

En los latizales altos, de los 343 individuos de la muestra en el bosque intervenido 33.53% mostraron rebrote en el tallo de los latizales en pie y caídos, 14% en proceso de secarse, 4.95% de los defoliados con rebrote en la copa, ninguno en pie con ramas quebradas en proceso de secarse, 2.62% de los latizales en pie con ramas quebradas con rebrote en la copa y un 44.90% de los individuos no mostraron respuestas a los daños. Mientras que en el bosque no intervenido (natural) de los 412 individuos, 12.62% de los latizales en pie y caídos presentaron rebrote en el tallo, 14.81% estaban en proceso de secarse, 4.61% de los defoliados presentaron rebrote en la copa, 2.91% de los latizales en pie con ramas quebradas estaban en proceso de secarse, 1.46% de los individuos en pie con ramas quebradas presentaron rebrote en la copa y el 63.59% de los latizales no mostraron respuestas a los daños.

Al nivel de los latizales bajos, de un total de 633 individuos muestreados en el bosque 12.64% de los latizales en pie y caídos mostraron rebrote en el tallo, 3.63% estaban en proceso de secarse, 2.69% de los defoliados con rebrote en la copa, 0.47% de los latizales en pie con ramas quebradas en proceso de secarse, 1.42% de los latizales en pie con ramas quebradas con rebrote en la copa y un 79.15% (154) de los individuos no mostraron respuestas a los daños. Mientras que en el bosque no intervenido (natural) de los 412 individuos, 12.62% de los individuos en pie y caídos presentaron rebrote en el tallo, 14.81% estaban en proceso de secarse, 4.61% de los

defoliados presentaron rebrote en la copa, 2.91% de los latizales en pie con ramas quebradas estaban en proceso de secarse, 1.46% de los individuos en pie con ramas quebradas presentaron rebrote en la copa y el 63.59% de los individuos no mostraron respuestas a los daños.

En general, esto refleja que las especies arbóreas del bosque (las mediciones solo abarcan a estas) están respondiendo a las nuevas condiciones creadas por el huracán. Los tipos de respuesta por tipo de hábitat (Figura 20), tanto en el bosque intervenido como en el bosque no intervenido han mostrado que hay un mayor nivel de respuesta en los claros con respecto de las respuestas en la sombra.

Los tipos de respuestas por tipo de hábitat de los latizales altos en el bosque intervenido (Figura 23a), muestran que las respuestas en claro (144) son mayores con respecto de las respuestas en sombra (45). En el bosque no intervenido (Figura 23a) las respuestas en claro (100) también son mayores con respecto de las respuestas en sombra (50). En el bosque intervenido las respuestas de los latizales bajos (Figura 23b), la situación es inversa de los latizales altos, las respuestas en claro (60) son menores con respecto de las respuestas en sombra (72). Además, en el bosque no intervenido, las respuestas en claro (49) también son menores con respecto de las respuestas en sombra (55). Las respuestas de los latizales altos a la incidencia del huracán en los dos tipos de bosques fueron mayores en los claros con respecto de la sombra. No obstante, al nivel de los latizales bajos, las respuestas fueron mayores en la sombra comparada al claro.

La abundancia de la regeneración al nivel de los brinzales y las plántulas (Figura 24), muestra que las especies más abundantes en el bosque son *V. cf. jefensis* (San Juan Rojo), *C. brasiliense* (María), *T. guianensis* (Piojo caobina), *S. globulifera* (Varillo), y *T. amazonia* (Cumbillo o naranjo). Sin embargo, la mayor abundancia por tipo de bosque es variable para cada especie.

La proporción de brinzales creciendo por tipo de hábitat en el bosque intervenido, se registró que el 67.40% (93) están creciendo en claro y un 32.60% (45) lo hacen en sombra. En el bosque no intervenido, 53.74% (151) están creciendo bajo condiciones de claro y un 46.26% (130) están creciendo bajo condiciones de sombra. Al nivel de las plántulas en el bosque intervenido, 35.30% (48) están creciendo en condiciones de claro y un 64.70% (88) lo hacen bajo condiciones de sombra. En el bosque no intervenido, 37.42% (61) están creciendo bajo condiciones de claro y un 62.58% (102) están creciendo bajo condiciones de sombra.

Lo anterior nos indica que los brinzales están creciendo más, bajo condiciones de luz o de grandes aperturas en el bosque actual, producto del paso del huracán Mitch. En cambio, las plántulas se han establecido mejor en la sombra debido a que las condiciones de claro no favorecen su establecimiento, porque las condiciones de hojarasca en el suelo y la humedad los limitan. Sin embargo, algunas especies como *V. cf. jefensis*, logra desarrollarse en igual forma en condiciones de crecimiento tanto en sombra como en los claros.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 5.1 Proporción del área de bosque dañado.

El bosque intervenido fue proporcionalmente más dañado comparado al bosque no intervenido. Lo cual se debe a que las áreas dañadas en los bosques intervenidos son la suma de los daños por aprovechamiento y el huracán. En cambio la cobertura arbórea dañada en el bosque no intervenido corresponde únicamente a los daños ocasionados por el huracán.

Los sitios I y II fueron proporcionalmente más dañados comparado al sitio III. Las aperturas en el dosel del bosque para los sitios en mención sobrepasan el 50 % de las áreas de muestreo respectivo, a excepción del bosque no intervenido en el sitio I. Este último sitio mostró en el bosque intervenido una apertura de 50.37 % (2,015 m<sup>2</sup>) y en el no intervenido 42.54% (1,701.75 m<sup>2</sup>). El sitio II presentó una apertura de 65.08% (1,952.65 m<sup>2</sup>) y el no intervenido 53.86 % (1,615.77 m<sup>2</sup>). En cambio el sitio III registró una apertura del bosque intervenido de 40.70% (3,256.25 m<sup>2</sup>) y en el no intervenido el 22.19% (1,775 m<sup>2</sup>). Se puede afirmar que el sitio III fue proporcionalmente menos dañado comparado con los otros sitios.

### 5.2 Tamaños de claros.

Los tamaños de los claros causados por el huracán Mitch no son estadísticamente diferentes en los bosques intervenidos con respecto a los no intervenidos. Es posible que esto se debe a la gran variabilidad del tamaño de los claros. En el bosque intervenido el área promedio de los claros fue de 1,794.68 m<sup>2</sup> (72 - 11,084 m<sup>2</sup>), mientras que en el bosque no intervenido el área fue de 1,300 m<sup>2</sup> (28.27 - 4,523.90 m<sup>2</sup>). A pesar de la no diferencia estadística, el área promedio de los claros en el bosque intervenido muestra ser mayor al bosque no intervenido. Esto se debe particularmente a que en los bosques intervenidos en algunos casos el huracán amplió los claros producidos por el aprovechamiento forestal.

Al nivel de los tres sitios del estudio, los tamaños de los claros no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los bosques intervenidos y los no intervenidos. A pesar de la no diferencia estadística, en este nivel aún se puede observar diferencias en los tamaños de los claros entre ambos tipos de bosques.

La intensidad del impacto del huracán de acuerdo al tamaño de los claros y los daños causados se clasifica como moderadamente afectado para los dos tipos de bosques. El aprovechamiento ha influido en el área bajo claros (m<sup>2</sup>/ha) pero no en el tamaño promedio de los claros causados por el huracán.

### 5.3 Árboles dañados.

A pesar de que la proporción de árboles dañados fue muy similar entre los bosques intervenidos y los no intervenidos afectados por el huracán, esta fue estadísticamente diferente. La proporción de árboles defoliados y



con ramas quebradas fue inferior en el bosque intervenido comparado al no intervenido, pero la cantidad de árboles con fustes quebrados y desraizados e inclinados fue superior en el bosque intervenido con respecto del bosque no intervenido.

Al nivel de los tres sitios, la proporción de árboles dañados también fue diferente estadísticamente, entre los dos tipos de bosques. Esto indica que, los daños en la estructura del bosque por efecto del huracán son diferentes en los bosques intervenidos y los no intervenidos.

#### 5.3.1 Latizales dañados.

La distribución de daños sobre las diferentes clases de latizales altos dañados presentó diferencias estadísticas entre los bosques intervenidos y los no intervenidos. En el bosque intervenido los individuos dañados representan el 66 % (228) y en el no intervenido el 46 % (190) de todos los latizales altos observados (756). Lo anterior muestra que los latizales altos fueron más dañados en el bosque intervenido con respecto del no intervenido. Sin embargo, al nivel de las diez especies estudiadas, debido a las pocas observaciones para cada una de ellas, no se pudo determinar los principales tipos de daños ocasionados por especie.

El porcentaje de latizales bajos dañados entre el bosque intervenido y el no intervenido son diferentes estadísticamente. De hecho, la proporción de daños es mayor en el bosque intervenido (34 %) con respecto al bosque no intervenido (22 %). Los daños en los latizales bajos fueron menos del 50 % de todos los individuos de la muestra. Probablemente, la menor proporción de daños observada en este nivel de regeneración se debe a que esta tiene un tamaño más pequeño y están relativamente más protegidas de los daños directos por los vientos huracanados, aunque sigue sujeto a daños indirectos por la caída de otros árboles y latizales altos.

#### 5.4 Árboles y latizales sin daños.

La proporción de árboles ( $dap \geq 30$  cm) sobrevivientes al huracán presentó diferencias estadísticas entre el bosque intervenido y el no intervenido. El porcentaje en el bosque intervenido fue de 22.28 % (84 de 377) y para el bosque no intervenido fue igual a 21.47 % (76 de 354).

La proporción de latizales altos sobrevivientes al huracán presentó diferencias estadísticas significativas entre los bosques intervenidos y los no intervenidos. El porcentaje de sobrevivencia de latizales altos en el bosque no intervenido (54 %) fue mayor con respecto del intervenido (34 %). El hecho de presentar una mayor sobrevivencia en el bosque no intervenido, refleja que realmente los latizales altos estuvieron relativamente más protegidos por los árboles grandes comparado al bosque intervenido, donde se asume que hubo una menor protección de los mismos.

La proporción de latizales bajos sobrevivientes al huracán también mostró diferencias estadísticas significativas entre los bosques intervenido y los no intervenidos. El porcentaje de sobrevivencia en latizales bajos en el bosque no intervenido (78 %) es mayor con respecto del intervenido que fue de (66 %). De hecho, la sobrevivencia de los latizales bajos fue mayor al 50 % en los dos tipos de bosques. Obviamente debido a un tamaño menor los latizales bajos estuvieron mas protegidos en la cobertura de los árboles.

## 5.5 Impactos en la estructura del bosque.

### 5.5.1 Estructura horizontal.

El aprovechamiento no alteró la estructura horizontal del bosque, es decir, las distancias entre los árboles ( $dap \geq 10$  cm) más cercanos se mantienen iguales (comparando la situación antes y después del aprovechamiento). Esto se debe en parte a la intensidad de aprovechamiento bajos, durante el período de extracción de las maderas. En aquel período (1992-94), la extracción se concentró solo en unas pocas especies de alto valor comercial.

El huracán si alteró la estructura horizontal del bosque, es decir, las distancias entre los árboles ( $dap \geq 10$  cm) cambiaron con relación a la situación antes del huracán. Llegando a registrar rangos de distancias de 0-23.94 metros (antes 0-16.32 metros). Lo que cambia es tanto la cantidad de árboles como la distancia entre éstos después de cada tipo de disturbio (aprovechamiento y huracán). Las distancias entre los cinco árboles más cercanos presentaron diferencias estadísticas significativas entre los bosques intervenidos y los no intervenidos.

En el bosque intervenido para los árboles con  $dap \geq 10$  cm, el aprovechamiento aumentó la distancia entre los árboles con 0.03 metros, mientras que el huracán aumentó la distancia con 1.14 metros (sobre la base de las distancias después del aprovechamiento) y en el bosque no intervenido con 0.72 metros. Para los árboles con  $dap \geq 30$  cm en el bosque intervenido, el aprovechamiento aumentó la distancia entre los árboles con 0.14 metros, mientras que el huracán aumentó la distancia con 1.66 metros (sobre la base de las distancias después del aprovechamiento) y en el bosque no intervenido con 0.80 metros. Estos resultados muestran que tanto para árboles con  $dap \geq 10$  cm como para diámetros mayores a 30 centímetros, el huracán logró abrir mas el bosque intervenido que en el bosque no intervenido.

### 5.5.2 Area basal.

El área basal presente en los bosques antes y después del aprovechamiento no presentó diferencias estadísticas entre los bosques intervenidos y no intervenidos. Esto se debe a la baja intensidad del aprovechamiento y a las pocas especies de valor comercial en aquel período (1992-94).

El área basal dañado por el huracán no presentó diferencias estadísticas significativas entre los bosques intervenidos y los no intervenidos. En el bosque intervenido el área basal afectado fue de 8.82 m<sup>2</sup>/ha y en el bosque no intervenido fue de 5.34 m<sup>2</sup>/ha. De estos, el área basal afectado por árboles desraizados y fustes quebrados en el bosque intervenido fue de 5.93 m<sup>2</sup>/ha y en el bosque no intervenido fue de 4.36 m<sup>2</sup>/ha. De manera que hay diferencias en el área basal dañado entre los dos tipos de bosques, a pesar de que no tiene una significancia estadística. Los altos valores de área basal del sitio II influyeron particularmente en los resultados anteriores, debido a un gran número de árboles de diámetros grandes.

El área basal remanente (es decir, de los árboles en pie) posterior al huracán, presentaron diferencias estadísticas significativas entre los dos tipos de bosques. En el bosque intervenido el área basal fue de 15.02 m<sup>2</sup>/ha y en el bosque no intervenido fue igual a 22.39 m<sup>2</sup>/ha. Claramente esto indica que el bosque intervenido fue mas dañado por el huracán con respecto del no intervenido para los árboles con dap  $\geq$  30 cm.

#### 5.5.3 Estructura vertical.

El huracán alteró la estructura vertical del bosque y esta fue estadísticamente diferente en los bosques intervenidos comparado con los bosques no intervenidos. El número de árboles desraizados e inclinados y fustes quebrados es mayor en el bosque intervenido con respecto del bosque no intervenido. Pero, el número de árboles defoliados y ramas quebradas es mayor en el bosque no intervenido con respecto al bosque intervenido. Se puede asumir que los vientos huracanados entraron con mayor fuerza en los bosques con dosel mas abiertos (por el aprovechamiento forestal) desraizando y quebrando fustes de árboles, en cambio el bosque no intervenido con un dosel mas cerrado ofreció mas resistencia resultando en más defoliación y ramas quebradas.

#### 5.6 Susceptibilidad a daños de las especies.

Las especies de árboles más propensos a los daños causados por el huracán en los dos tipos de bosque fueron en orden de susceptibilidad: *Terminalia amazonia*, *Tapiiría guianensis*, *Calophyllum brasiliense* y *Macrohasseltia macroterantha*. El resto de las especies no presentaron suficientes individuos (número menor a cinco) observaciones para realizar un análisis estadístico adecuado.

Las especies que registraron menores niveles de daños fueron *M. yoroconte*, *V. cf. jefensis*, *H. Alchorneoides* y *S. globulifera*. La prueba de significancia estadística no fue posible estimarla, debido al poco número de observaciones para las especies estudiadas. Aunque el numero total de árboles observados fue alto (1849).

## 5.7 Respuestas de las especies.

### 5.7.1 Árboles.

Los tipos de respuesta de los árboles a los daños son estadísticamente diferentes entre los bosques intervenidos y los no intervenidos. Al nivel de los tres sitios del estudio, los tipos de respuestas también presentaron diferencias estadísticas significativas entre los dos tipos de bosques.

Los árboles mostraron diferencias estadísticas en las respuestas entre los hábitat de claro y sombra, tanto en el bosque intervenido como en el no intervenido. La proporción de respuestas en el hábitat de claro fue mayor con respecto a la sombra, en ambos tipos de bosques.

Los grupos de especies que observaron mayores niveles de respuesta respecto del promedio (10 especies), en los dos tipos de bosques en orden de importancia son: *Terminalia amazonia*, *Macrohasseltia macroferantha*, *Symphonia globulifera* y *Tapiriria guianensis*. En general, esto refleja que las especies arbóreas del bosque están respondiendo a las nuevas condiciones creadas por el huracán: activando sus mecanismos de recuperación a los daños.

### 5.7.2 Abundancia de latizales altos y bajos.

La abundancia de los latizales altos de las especies del estudio no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los bosques intervenidos y no intervenidos, con excepción de *V. cf. jefensis* (San Juan Rojo) y *C. brasiliense* (Maria) que registraron una mayor abundancia en el bosque no intervenido. Además el número de observaciones por especie es menor a 5, lo que no permite realizar un análisis estadístico adecuado.

En los latizales bajos, la situación es muy parecida a los latizales altos, sin embargo, las especies *Vochysia cf. jefensis*, *Calophyllum brasiliense* y *Symphonia globulifera* presentaron mayor abundancia en el bosque no intervenido con respecto del bosque intervenido. En cambio, *Terminalia amazonia* presentó mayor abundancia en el bosque intervenido con respecto del no intervenido y *Tapiriria guianensis* registró una abundancia muy parecida en ambos tipos de bosques.

### 5.7.3 Respuestas de latizales altos y bajos.

Las respuestas a nivel de los latizales altos y bajos, presentaron diferencias estadísticas muy significativas entre los bosques intervenidos y los no intervenidos. Ambos latizales registraron los mayores niveles de respuesta en el bosque intervenido con respecto del no intervenido.

Las respuestas de los latizales altos y bajos por tipo de hábitat a la incidencia del huracán en el bosque no intervenido presentaron diferencias estadísticas muy significativas entre los hábitat claro y sombra. Sin embargo,

para los latizales bajos debido al bajo número de observaciones en ambos tipos de bosques por tipo de respuesta (número menor a cinco) estos resultados se deben considerar con cautela

Las respuestas de los latizales altos por tipo de hábitat en los dos tipos de bosques fueron mayores en los claros con respecto de la sombra. Al nivel de los latizales bajos, las respuestas fueron mayores en el hábitat sombra comparada al claro.

#### 5.7.4 Brinzales y plantulas.

La abundancia de los brinzales de las especies del estudio presentó diferencias entre los bosques intervenidos y no intervenidos, aunque estadísticamente no se pudo probar estas diferencias debido a que se registraron pocas observaciones para algunas especies. Las especies *V. cf. jefensis*, *T. guianensis* y *C. brasiliense* mostraron una mayor abundancia en el bosque. En cambio, las especies *Tapiriria* y *Symphonia* muestran una tendencia de mayor abundancia en los bosques intervenidos tanto en brinzales como en plantulas.

La abundancia de los brinzales entre los tipos de hábitat: claro y sombra, también presenta diferencias estadísticas significativas. De hecho, la mayor concentración de los brinzales se presenta en el tipo de hábitat claro, en los dos tipos de bosque. Sin embargo, debido al bajo número de observaciones por especie (menor a cinco), estos resultados deben considerarse con cautela.

La abundancia de las plántulas de las especies del estudio presentó diferencias estadísticas muy significativas entre los bosques intervenidos y no intervenidos. La abundancia entre los tipos de hábitat: claro y sombra, también presenta diferencias estadísticas significativas. De hecho, la mayor concentración de las plántulas se presenta en el tipo de hábitat sombra, en los dos tipos de bosque. Sin embargo, debido al bajo número de observaciones por especie (menor a cinco), estos resultados también deben considerarse con cautela.

Las especies más abundantes para los brinzales y latizales en el bosque intervenido fueron: *V. cf. jefensis* (San Juan Rojo), *C. brasiliense* (María), *Tapiriria guianensis* (Piojo caobina) y *Terminalia amazonia* (Cumbillo o naranjo). Y en el bosque no intervenido las más abundantes fueron: *V. cf. jefensis* (San Juan Rojo) y *C. brasiliense* (María).

#### 5.8 Metodología del estudio.

Las variables de las clases de daños (6 clases de daños) fueron muy consistentes, ya que se obtuvieron suficientes observaciones por cada clase de daño, reflejando los daños reales causados al bosque por el huracán Mitch.

La metodología no permite medir todos los tipos de respuesta, pero para el futuro el investigador puede concentrarse solamente de 3 a 4 tipos de respuesta de los árboles, por ejemplo: rebrote en fuste de árbol en pie/desraizado, proceso de secamiento de árbol defoliado, árbol con ramas quebradas y defoliados rebrota con hojas y ramas, y regeneración vegetativa en los tallos de los árboles.

La metodología de los transectos fue adecuada para estimar los claros y su tamaño en forma de inventario.

La metodología de la medición de las distancias fue muy útil para ver que si hay diferencias entre los tipos de bosques y en una escala temporal de los disturbios (antes y después del aprovechamiento y antes y después del huracán).

### 5.9 Recomendaciones para el manejo forestal.

Para evaluar los cambios en la composición y estructura del bosque, se recomienda monitorear el establecimiento de especies arbóreas tolerantes y no tolerantes a la luz en períodos de 2 a 5 años posteriores a la ocurrencia de los disturbios (aprovechamiento, tormentas tropicales o huracanes).

Determinar la abundancia de especies de árboles dependientes de los claros en los bosques manejados, para simular la dinámica natural de los bosques tropicales.

Monitorear la regeneración natural en las parcelas establecidas durante el estudio, con la finalidad de manejar los bosques tropicales heterogéneos para el rendimiento sostenido de madera, aprovechando los claros que promueven regeneración natural de especies de árboles nativas.

Aprovechar la madera caída en los bosques, incluso los árboles de diámetros menores, previo búsqueda de mercado para la materia prima, por ejemplo los talleres de ebanistería pudieran ser una buena opción para experimentar.

Dentro de los planes de manejo, cabe la necesidad de ajustar y actualizar el volumen de madera a aprovechar debido a la pérdida de área basal (árboles grandes) por desraizamiento y fustes quebrados posterior al huracán.

Finalmente, la ausencia de cantidades suficientes de latizales altos para las especies de árboles de interés comercial, se debe evaluar mas en detalle las existencias, para asegurar que el desarrollo de estas especies no afectan los próximos ciclos de la producción forestal en los bosques del estudio.

## 6. Bibliografía.

- Anderson, R. C. & Brown, L. E. 1986. Stability and instability in plant communities following fire. *American Journal Botany* 73: 364-368.
- Augsburger, C. K. 1984. Seedling survival of tropical tree species: Interactions of dispersal distance, light-gaps, and pathogens. *Ecology (EE.UU.)* 65(6): 1705-1712.
- Ayarde, H. R. 1995. Estructura de un sector de selva pedemontana. Reserva Fiscal Parque La Florida, Tucumán. In: Brown, A. D. Y Grau, H. R. (eds) *Investigación, Conservación y Desarrollo en Selvas Subtropicales de Montaña*. Laboratorio de Investigaciones de las Yungas, Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. 69 - 78. p 270.
- Begon, M., Harper, J. L., Townsend, C. R. 1996. *Ecology: individuals, populations and communities*. Blackwell Science Ltd. Oxford, 1068 p.
- Bellingham P.J., Kapos, V., Varity N., Healey, J.R., Tanner, E.J.V., Kelly, D.L., Dalling, J.W., Burns, L.S., Lee, D., Sidrak, G., 1992. Hurricanes need not cause high mortality: the effects of hurricane Gilbert on forests in Jamaica. *Journal of Tropical Ecology*, 8: 217-223.
- Bellingham, J., 1991. Landforms influence patterns of hurricane damage: evidence from Jamaican montane forests. *Biotropica* 23(4a): 427-433.
- Bellingham J., Tanner, E.J.V., Healey, J.R., 1994. Sprouting of trees in Jamaican montane forests, after a hurricane. *Journal of Ecology* 82: 747-758.
- Bormann, F. H. & Likens, G. E: 1979. *Pattern and process in a forested ecosystem*. Springer- Verlag, Berlin.
- Boose, E., Foster, D., Fluet, M. 1994. Hurricane impacts to tropical and temperate forest landscapes. *Ecological Monographs*, 64(4): 369-400.
- Boose, E. R., Boose, E. F., Lezberg, A. L. 1998. A practical method for mapping trees using distance measurements. *Ecology* 79(3): 819-827.

- Boucher, D. H. 1990. Growing back after hurricanes; catastrophes may be critical to rain forest dynamics. *Bio Science* 40: 163-166.
- Boucher, D. H., Vandermeer, J.H., Mallona, M.A., Zamora, N., Perfecto, I. 1994. Resistance and resilience in directly regenerating rainforest: Nicaraguan trees of the Vochysiaceae after Hurricane Joan. *Forest Ecology and Management* 68: 127-136.
- Brokaw, N.V.L., Walker, L. 1991. Summary of the effects of Caribbean hurricanes on vegetation. *Biotropica* 23(4a): 442-447.
- Brokaw, N.V.L., Grear J.S., 1991. Forest structure before and after Hurricane Hugo at three elevations in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. *Biotropica* 23(4a): 386-392.
- Brokaw, N.V.L. 1985. Treefalls, regrowth, and community structure in tropical forests. In: Pickett, T. A. and White, P. S. (eds). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic press, New York, USA.
- Camacho, M., Finegan, B. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo de la costa noreste de Costa Rica: el crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial: CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 295. 38pp.
- Canham, C. D., Marks, P.L. 1985. The response of woody plants to disturbance: patterns of establishment and growth. In: Pickett, S.T. y White, P.S.(Eds.) *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press. USA. 197-215.
- Clark, J. S. 1988. Effect of climate change on fire regimes in northwestern Minnesota. *Nature* 334: 233-235.
- Climenton, F.E. 1916. *Plant succession: An analysis of the Development of Vegetation*. Carnegie Institution of Washington, Washington, USA, 242 512 p.
- COHDEFOR, 1996. Plan de manejo Bosque Toncontín (no publicado).
- COHDEFOR, 1996. Normas técnicas y Reglamentarias para la Elaboración de Planes de Manejo y Planes Operativos en Bosques Latifoliados.



- Condit, R., Hubbell, S. P., Foster, R. B. 1992. Short-term dynamics of neotropical forest: change within limits. *BioScience* 42: 822-828.
- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199: 1302 – 1309.
- DaAngelis, D. L., Waterhouse J. C. 1987. Equilibrium and nonequilibrium concepts in ecological models. *Ecological Monographs*, 57 (1): 1 – 21.
- Delgado, D., Finegan, B., Zamora, N., Meir, P. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del norte de Costa Rica. Cambios en la riqueza y composición de la vegetación. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales. Serie Técnica, Informe Técnico/CATIE No. 298. Turrialba, Costa Rica.
- Denslow, J.S. 1980. Gap partitioning among tropical rain forest trees. *Biotropica* 12(Supplement): 47-55.
- Drew, A. P. 1998. Growth Rings, Phenology, Hurricane Disturbance and Climate in *Cyrilla racemiflora* L., a Rain Forest Tree of Luquillo Mountains, Puerto Rico. *Biotropica* 30 (1): 35-49.
- Everham III, E. M., Brokaw, N. V. L. 1996. Forest damage and recovery from catastrophic wind. *The Botanical Review* 62(2): 113-185.
- Ferrando, J. J. 1998. Composición y estructura del bosque latifoliado de la costa norte de Honduras y su relación con los principales disturbios que lo afectan. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica CATIE. 71p.
- Finegan, B. 1992. The management potential of neotropical secondary lowland rain forest. *Forest Ecology and Management*, 47: 295-321. ✓
- Finegan, B., Camacho, M. 1999. Stand dynamics in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest, 1988-1996. (En prensa).
- Finegan, B., Delgado, D. 1997. Los ambientes forestales tropicales y el ajuste de las especies vegetales. Apuntes de clases. Escuela de Posgrado. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 15p.

- Foster, R. 1988. Species and stand response to catastrophic wind in central New England, USA, *J.Ecology* 76, 135-151.
- Foster, D.R., Boose, E.R. 1992. Patterns of forest damage resulting from catastrophic wind in central New England, USA *J. Ecol.* 80:79-98.
- Francis, J. K., Gillespie, A. J. R. 1993. Relating gust speed to tree damage in Hurricane Hugo, 1989. *Journal of Arboriculture* 19 (6): 368-373.
- Frangi, J., Lugo, A. 1991. Hurricane damage to a flood plain forest in Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Biotropica* 23 (4):324-335.
- Frangi, J., Lugo, A. 1998. A flood plain palm forest in the Luquillo Mountains of Puerto Rico, five 5 years after Hurricane Hugo. *Biotropica* 30(3):339-348.
- Garwood, N. C. 1989. Tropical soil seed banks. A review In: Leck, M.A.; Parker, V. T. & Simpson, R. I. (eds) *Ecology of soil seed banks*. pp 149- 209. Academic Press, San Diego.
- Gorshkov, V. V., Bakkal, I. J. 1995. Species richness and structure variations of Scots Pine forest communities during the period from 5 to 210 years after fire. In: Korpilahti, E., Kellomäki, S. And Karjalainen, T. (eds) *Climate Change, Biodiversity and Boreal Forest Ecosystems. The Finnish Research Programme on Climate Change (SILMU), Finland.* 249 - 260. p 315.
- Guariguata, M. R. 1998. Consideraciones ecológicas sobre la regeneración natural aplicada al manejo forestal. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales, Publicación No. 14. Serie Técnica, Informe Técnico No. 304.
- Hawthorne, W. 1993. Forest regeneration after logging. Findings of a study in the Bia South Game Productive Reserve Ghana, ODA forestry series # 3, 52 pp.
- Hanski, I., Gilpin, M. E. 1997. *Metapopulation biology: ecology, genetic and evolution.* San Diego Academic Press. 512.

- Henry, J. D. & Swan, J. M. A. 1974. Reconstructing forest history from live and dead plant material- an approach to the study of forest succession in southwest New Hampshire. *Ecology* 55: 772-783.
- Hernandez, R. S., Fernandez, C. C., Baptista, P. L. 1991. Metodología de la investigación. McGraw-Hill. México, D.F. 505p.
- Hubbell, S. J. 1979. Tree distribution, abundance, and diversity in tropical dry season. *Science* 203: 1299-1309.
- Kramer, K., Verkaar, H. J. 1998. Disturbed Disturbances: The Complicated Management of Sustainable Forest Ecosystems. *In: Nabuurs, G. J., Nuutinen, T., Bartelink, H. And Korhonen, M. (eds) Forest Scenario Modelling for Ecosystem Management at Landscape Level. Proceedings of the International Seminar and Summer School. Wageningen, The Netherlands (26 June - 3 July 1997). 47-62. 382 p.*
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas tropicales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas-posibilidades y métodos para un manejo sostenido- Trad. Antonio Carrillo. Hamburg y Berlin, República Federal de Alemania. GTZ. 335 pp.
- Laurance, W. F. 1991. Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for the design of natural reserves. *Biological Conservation* 57: 205-219.
- Laurance, W. F. 1997. Hyper-Disturbed Parks: edge effects and the ecology of isolated rainforest reserves in Central Amazonia. *In: Laurance W. F. And Bierregaard R. O. (Eds.) Tropical Forest Remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities. University of Chicago Press. USA. p. 71-83.*
- Lawton, R. O., Putz, F. E. 1984. Natural disturbance and gap-phase regeneration in a wind-exposed tropical cloud forest. *Ecology* 69: 764-777.
- Leigh, E.G., Rand, A.S., Windsor, D.M., (Eds.), 1990. Ecología de un bosque tropical: ciclos estacionales y cambios a largo plazo. Smithsonian Press. 546 pp.
- Li, C. y Apps, M. J. 1995. Disturbance impacts on forest temporal dynamics. *In: Apps, M. J. and Price, D. T. (eds) Boreal Forests and Global Change. 429 - 435. Reprinted from Water, Air and Soil Pollution 82 (1-2), 1995. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht /Boston / London.*

- Lieberman, M., Lieberman, D., 1994. Patterns of density and dispersion of forest trees. En: McDade L.A., Bawa, K.S., Hespenheide, H.A., Hartshorn, G.S., (Eds.)1994. La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest. The University of Chicago Press. 106-119.
- Lodge, D., Scatena, F. N., Ausbury, C. E., Sánchez, M. J. 1991. Fine litterfall and related nutrient inputs resulting from Hurricane Hugo in subtropical wet and lower montane rain forests of Puerto Rico. *Biotropica* 23: 373-378.
- Lopez, G. P., Lopez, J. P. 1995. Introducción al micro SAS: aplicaciones al análisis de experimentos agrícolas. Unidad de Informática y Bioestadística. CATIE. 118p.
- Loiselle, B. A., Ribbens, E., Vargas, O. 1996. Spatial and temporal variation of seed rain in a tropical lowland wet forest. *Biotropica* (EE.UU.) 28: 82-95.
- Lugo, A. 1995. Management of tropical biodiversity. *Ecological Applications* 5 (4): 956 – 961.
- Marks, P. L. 1974. The role of pin cherry (*Prunus pensylvanica* L.) in the maintenance of stability in a northern hardwood ecosystem. *Ecology Monogr.* 44: 73-99.
- Meffe, G. K., Carroll, R. C. 1994. *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates. 600p.
- McNaughton, S.T. 1983. Serengeti grassland ecology: the role of composite environmental factors and contingency in community organization. *Ecology Monogr.* 53: 259-320.
- McNaughton, S. T. 1985. Ecology of grazing ecosystem: the Serengeti. *Ecology Monogr.* 55: 259-294.
- McNaughton, S. J. 1992. The proogation of disturbance in savannas trough food webs. In: Hytteborn, H. & Skarpe, C. (eds) *Vegetation dynamics and regeneration in seasonal tropical climates*. *Journal of Vegetation Science* 3:3 01-314.
- Moeur, M. 1993. Characterizing spatial patterns of trees using stem-mapped data. *Forest Science* 39: 756-775.
- Nelson, B. W., Kapos, V., Adams, J. B., Oliveira, W. J., Braun, O.P.G. And Amaral, I.L. 1994. Forest disturbance by large blowdowns in the Brazilian Amazon. *Ecology* 75: 853 - 858.

- Parviainen, J. 1995. Impact of fire on Finnish forest in the past and today. *In*: Korpilahti, E.; Kellomäki, S. And Karjalainen, T. (eds) *Climate Change, Biodiversity and Boreal Forest Ecosystems. The Finnish Research Programme on Climate Change (SILMU), Finland.* 249 - 260. p 315
- PDBL. 1995. Broadleaf Forest Development Project PDBL. Final Report 1988-1995. La Ceiba, Atlántida. Honduras.
- Platt, W. J., Hermann, S. M. 1986. Relationship between dispersal syndrome and characteristics of populations of trees in a mixed-species forest. pp 309-321 *In*: Estrada, A., and Fleming, J. H. (eds) *Frugivores and seed dispersal.* The Netherlands.
- PLANFOR, 1996. Plan de Acción Forestal 1996-2015. En el marco de la Agenda Forestal Hondureña. COHDEFOR / PROFOR / GTZ. Honduras.
- Pickett, S.T., Thompson, J. N. 1978. Patch dynamics and the design of nature reserves. *Biological Conservation* 13: 27-37.
- Pickett, S.T., White, P.S. 1984. Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. *In*: Pickett S.T. y White P.S. (Eds.) *The ecology of natural disturbance and patch dynamics.* Academic Press. USA. 3-13.
- Pickett, S.T., White, P.S. (eds) 1985. *Natural Disturbances: The Patch Dynamics Perspective.* Academic Press. New York, NY.
- Pickett, S.T., White, P.S. 1985. Patch dynamics: a synthesis. *In*: Pickett S.T. y White P.S. (eds.) *The ecology of natural disturbance and patch dynamics.* Academic Press Inc. London Ltd. pp 371-384.
- Pimm, S. L. 1984. The complexity and stability of ecosystems. *Nature* 307: 321-326.
- Posas G., A. L. 1998. Factores que limitan la adopción de la motosierra con marco como tecnología de aprovechamiento forestal: estudios de caso con productores que manejan bosques comunales. Zona Norte de Honduras. Tesis M Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Putz F. E., Coley, P.D., Lu, K. Montalvo, A., and Aiello, A. 1983. Uprooting and snapping of trees: structural determinants and ecological consequences. *Can. Journal For. Res.*, 13: 1011-1020.

- Putz F. E. 1983. Treefall pits and mounds, buried seeds, and the importance of disturbed soil to pioneer trees on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology* 64: 1069-1074.
- Putz F. E., Brokaw, N. V. L.. 1989. Sprouting of broken trees on Barro Colorado Island, Panama. In: *Ecological Society of America* 70 (2): 508-512.
- Reice, S. R. 1994. Nonequilibrium determinants of biological community structure. *American Scientist* 82: 424– 435.
- Redhead, J. F. 1960. An análisis of logging damage in lowland rain forest, Western Nigeria. *Nigerian Forestry Information Bulletin* 10: 5-16.
- Reilly, A.E., 1991. The effects of Hurricane Hugo in three tropical forests in the U.S. Virgin Islands. *Biotropica* 23 (4a):414-419.
- Rodriguez, G. 1992. Diagnostico socioambiental y estrategias de manejo para la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Pico Bonito, La Ceiba, Honduras. Tesis de Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 168 pp.
- Rollet, B. 1980. Organización. In: *Ecosistemas de los bosques tropicales; informe sobre el estado de los conocimientos*. Roma, Italia. UNESCO-PNUMA-FAO. p126-162.
- Sáenz G., Finegan B., en prensa 1996. Monitoreo de la regeneración natural con fines de manejo forestal. *Catie*.
- Schupp, E. W., Howe, H. F., Augspurger, C.K., Levey, D. J. 1989. Arrival and Survival in Tropical Trefall Gaps. *Ecology* 70 (3): 562-564.
- Silva, J. N. M. 1989. The behaviour of the Tropical Rain Forest of the Brazilian Amazon after Logging. Thesis Ph D. Oxford England, Forestry Institute. University of Oxford. 302 p.
- Skoglund, J. 1992. The role of seed banks in vegetation dynamics and restoration of dry tropical ecosystems. In: Hytteborn, H. & Skarpe, C. (eds) *Vegetation dynamics and regeneration in seasonal tropical climates*. *Journal of Vegetation Science* 3:357-360.
- Sousa, W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15: 353 – 391.



- Sprugel, D. G. 1976. Dynamic structure of Wave-generated *Abies balsamea* forests in the northeastern United States. *Journal of Ecology* 64: 889-912.
- Sterner, R. W., Ribic, C. A., Schatz, G. E. 1986. Testing for life historical changes in spatial patterns of four neotropical tree species. *Journal of Ecology* 74: 621-633.
- Tanner, E., Kapos, V., Healey, J. 1991. Hurricane effects on forest ecosystem in the Caribbean. *Biotropica* 23(4):513-521.
- Thompson, D. A. 1983. Effects of Hurricanes Allen on some Jamaican forests. *Commonw. Forest Review* 62: 107-115.
- Turner, R. H., Gardner, M. G. 1991. Quantitative methods in landscape ecology. *Ecological studies* 82. Springer-Verlag, New York Inc. 536p.
- Uhl, C., Clark, P. M., Dezzee, N., Marquirino, P. 1988. Vegetation dynamics in Amazonian treefall gaps. *Ecology* 69: 751-763.
- Ugalde, M. C. 1995. Evaluación del Aprovechamiento Forestal en Estero Guerra, Dos Brazos y Mogos. Península de Osa. Costa Rica. In: Valerio, J. (ed.) Propuesta de Parámetros para la Certificación del Aprovechamiento Forestal de Bajo Impacto en Costa Rica. Taller Nacional para la determinación de Niveles Aceptables de los Parámetros para La Certificación Forestal en Costa Rica, por el Proyecto REFORMA -CIIBI. Agosto, 1995.
- Urban, D. L., O'neill, R. V., Shugart, H. H.Jr. 1987. Landscape ecology. A hierarchical perspective can help scientist understand spatial patterns. *Bioscience*: pp 119-127.
- Valerio, J; Salas,C; Castillo, M. 1995. Informe final del Proyecto de Comportamiento del Bosque Natural después del Aprovechamiento Forestal. Cartago, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Vicerrectoría de Investigación y Extensión, Departamento de Ingeniería Forestal - GTZ. 177pp.
- Vandermeer J.H., Zamora, N., Boucher, D. H., Yih, K., 1990. Regeneración inicial en una selva tropical en la costa caribeña de Nicaragua después del Huracan Juana. *Revista de Biología Tropical* 38(2b):347-359.

- Vandermeer, J.H., de la Cerda, I.G., Boucher, D.H., 1997. Contrasting growth rate patterns in eighteen tree species from a post-hurricane forest in Nicaragua. *Biotropica* 29(2):151-161
- Verissimo, A., Barreto, P., Mattos, M., Tarifa R., Uhl, C. 1992. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: the case of Paragominas. *For. Ecology and Management* (55): 169-199.
- Walker, L. R. 1991. Tree damage and recovery from hurricane Hugo in Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. *Biotropica* 23 (4a): 379-385.
- Walker L.R. 1995. Timing of post-hurricane tree mortality in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology* 11: 315-320.
- White, P.S., Pickett, S.T. 1985. Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. In: Pickett S.T. y White P.S. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press Inc. London Ltd. pp. 3-12.
- Whitmore, T. C. 1982. On pattern and process in forest. The plant community as a working mechanism. *Brit. Ecology Soc. Special Pub No. 1*, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Whitmore, T. C. 1990. *An introduction to tropical rain forests*. Clarendon Press, Oxford.
- Whitmore, T. C. 1997. Tropical Forest Disturbance, Disappearance and Species Loss. In: Lawrance, W. F. And Bierregaard, R.O. (eds) *Tropical Forest Remnants. Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. The University of Chicago Press, Chicago 60637. pp 3-12.
- Whigmam D., Olmsted I., Cabrera E., Harmon M. 1991. The impact of Hurricane Gilbert on trees, litterfall, and woody debris in dry tropical forest in northesatern Yucatan Peninsula *Biotropica* 23(4a):434-441.
- Wyatt-Smith, J., and Foenander, E. C. 1962. Damage to regeneration as result of logging. *Malasian Forester* 25: 40-44.
- Zimmerman, J; Everham, E; Waide, R; Lodge, J; Taylor C; Brokaw, N. 1994. Responses of tree species to hurricane winds in subtropical wet forest in Puerto Rico: implications for tropical life histories. *Journal of Ecology*, 82:911-922.



# Anexo 1

**Cuadro 1: Criterios usados para evaluar los daños a árboles individuales causados por el Huracán (Transectos y en parcelas).**

---

**A. Tipos de daño:**

1. Desraizado y/o árbol caído:
  - 1.1. Árbol caído y totalmente desraizado.
  - 1.2. Tamaño de la copa (Largo X Ancho en metros).
  - 1.3. Árbol fuertemente inclinado y parcialmente desraizado ( $\geq 45$  grados con respecto a la vertical).
  - 1.4. Árbol parcialmente inclinado sin desraizamiento visible ( $< 45$  grados con respecto a la vertical)
  - 1.5. Proporción de la masa radicular expuesta (0-25%, 25-50%, 50-75%,  $> 75$  %).
  - 1.6. Tamaño de la masa radicular (Largo X Ancho en metros).
  
2. Fustes quebrados:
  - 2.1. Árbol con fuste quebrado.
  - 2.2. Fustes torcidos o reventados (sin caída de la parte afectada).
  - 2.3. Fustes doblados (por aplastamiento de A. grandes)
  
3. Daños a la copa: Los daños a las ramas de la copa por quebradura estimados visualmente en categorías de:
  - 3.1. ningún daño.
  - 3.2. daño moderado: a ramas  $< 5$  cm de diámetro.
  - 3.3. daños graves: a ramas  $> 5$  cm de diámetro.
  - 3.4. Daños muy graves: a ramas laterales (originado de los troncos).
  
4. Defoliación: pérdida parcial o total de copa, visualmente estimado como:
  - 4.1. Ninguna pérdida, no presenta pérdida de hojas.
  - 4.2. Defoliación solo en la punta de las ramas de la copa(0-25%, 25-50%, 50-75%,  $> 75$  %).
  - 4.3. Cobertura de follaje total, el cual incluye hojas nuevas y hojas que sobrevivieron el huracán, estimado como % del dosel perdido después del huracán (0-25, 25-50, 50-75, o  $> 75$  %).
  
5. Ningún daño visible: el árbol al parecer no fue dañado.
  
6. Árbol Aprovechado.

---

Adaptado de Frangi & Lugo (1991) y Walker (1991).

**Cuadro 2: Criterios usados para evaluar la respuesta de los árboles individuales ante el disturbio por el Huracán (en parcelas).**

**B. Respuesta de los árboles.**

1. Arbol en pie/ desraizado con rebrote en el fuste:
  - 1.1. Hay rebrote en < 25% de la superficie del tallo.
  - 1.2. Hay rebrote en 25 - 50% de la superficie del tallo.
  - 1.3. Hay rebrote en 50 - 75% de la superficie del tallo.
  - 1.4. Hay rebrote en >75 % de la superficie del tallo.
2. Arbol defoliado en proceso de secarse:
  - 2.1. < 25% de la copa en proceso de secamiento
  - 2.2. 25 - 50% de la copa en proceso de secamiento
  - 2.3. 50 - 75 % de la copa en proceso de secamiento
  - 2.4. >75 % de la copa en proceso de secamiento
3. Arbol defoliado con rebrote de hojas:
  - 3.1. < 25% de la copa con rebrote de hojas
  - 3.2. 25 - 50% de la copa con rebrote de hojas
  - 3.3. 50 - 75 % de la copa con rebrote de hojas
  - 3.4. >75 % de la copa con rebrote de hojas
4. Arbol con ramas quebradas en proceso de secarse:
  - 4.1. < 25% del árbol en proceso de secamiento
  - 4.2. 25 - 50% del árbol en proceso de secamiento
  - 4.3. 50 - 75 % del árbol en proceso de secamiento
  - 4.4. >75 % del árbol en proceso de secamiento
5. Arbol en pie con ramas quebradas y defoliado con rebrote en copa. Las ramas tienden a restaurar el dosel original.
  - 5.1. < 25% de la copa del árbol esta refoliandose
  - 5.2. 25 - 50% de la copa del árbol esta refoliandose
  - 5.3. 50 - 75 % de la copa del árbol esta refoliandose
  - 5.4. >75 % de la copa del árbol se esta refoliando.
6. Regeneración a nivel del suelo: abundancia y establecimiento de plántulas en el sotobosque, por las nuevas condiciones de apertura del dosel: espacio y luz.
  - 6.1. Establecimiento de nuevas plantulas en sitios abiertos (0.05-0.3 m), en claros y sombra.
  - 6.2. Liberación de regeneración ya existente, (brinzales) en el sitio, antes del evento (0.6-2 m) en claros y sombra.

Adaptado de Frangi & Lugo (1991) y Walker (1991).

**Cuadro 3: Listado de especies no tradicionales actualmente comerciales y potencialmente comerciales, según COATLAHL.**

No.	Especies tradicionales y no tradicionales actualmente comerciales	
	Nombre Común	Nombre Científico
1	Cumbillo*	<i>Terminalia amazonia</i>
2	Huesito*	<i>Macrohasseltia macroterantha</i>
3	Marapolan*	<i>Guarea grandifolia</i>
4	Redondo*	<i>Mangnolia yoroconte</i>
5	Rosita*	<i>Hieronyma alchorneoides</i>
6	Piojo*	<i>Tapiriria guianensis</i>
7	San Juan Areno	<i>Ilex skutchii</i>
8	San Juan rojo*	<i>Vochysia cf. jefensis</i>
9	Santa Maria*	<i>Calophyllum brasiliense</i>
10	Varillo*	<i>Symphonia globulifera</i>
11	Todas las restantes	

Fuente: COATLAHL, 1997.

\* Principales especies con valor en el mercado (nacional e internacional) con oferta en el bosque, valor ecológico y potencial para su manejo a largo plazo.

Cuadro 4. Distribución de tamaños de claros por tipo de bosque afectado por el huracán Mitch.

Rango del Tamaño De los Claros (m <sup>2</sup> )	SITIO I		SITIO II		SITIO III		TOTAL
	BI	BN	BI	BN	BI	BN	
< 100	—	2	—	1	1	—	4
100 – 300	—	—	2	—	2	2	6
300 – 500	2	—	—	1	1	—	4
500 – 800	—	4	1	—	2	—	7
800 – 1000	1	0	1	1	1	—	4
1000 – 1300	—	—	1	2	—	—	3
1300 – 1500	—	1	—	1	—	1	3
1500 – 1800	1	—	1	1	2	—	5
2000 – 2300	—	—	—	—	—	1	1
2300 – 2500	—	—	—	—	—	1	1
2500 – 2800	—	1	—	—	—	—	1
2800 – 3000	—	—	—	1	1	—	2
3000 – 3300	—	1	—	—	—	—	1
3500 – 3800	—	—	—	—	1	—	1
4000 – 4300	—	—	1	—	1	—	2
4500 – 4800	—	—	—	—	—	1	1
10000 – 12000	1	—	—	—	—	—	1
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>49</b>

Cuadro 5: Relación de las áreas de los claros por tipo de bosque y por sitio de estudio.

No. Claros (m <sup>2</sup> )	SITIO I		SITIO II		SITIO III	
	BI	BN	BI	BN	BI	BN
Claro 1	420.00	2420.00	141.37	1790.71	1631.28	2477.91
Claro 2	883.57	3141.60	4240.00	1102.70	673.87	2009.25
Claro 3	344.00	773.00	1248.79	951.90	106.03	164.15
Claro 4	1535.00	621.00	1664.20	2940.54	2871.56	104.21
Claro 5	11084.00	96.00	106.03	1040.66	1631.28	1385.44
Claro 6	3595.25	1390.00	796.40	1460.84	232.00	4523.90
Claro 7	—	572.22	848.23	28.27	396.64	—
Claro 8	—	508.98	—	37.50	755.67	—
Claro 9	—	33.00	—	—	4754.10	—
Claro 10	—	—	—	—	4010.25	—
Claro 11	—	—	—	—	825.00	—
Claro 12	—	—	—	—	72.00	—
<b>TOTAL</b>	<b>17,861.82</b>	<b>9,555.80</b>	<b>9045.02</b>	<b>9690.62</b>	<b>17,959.68</b>	<b>10,664.86</b>

Cuadro 6: Número de individuos en "Latizal Alto" por especie por tipo de bosque por sitio.

No.	ESPECIES	SITIO I		SITIO II		SITIO III	
		B. Interven.	B. no Interven.	B. Interven.	B. no Interven.	B. Interven.	B. no Interven.
1	<i>T. amazonia</i>	0	1	—	—	2	0
2	<i>M. macroterantha</i>	—	—	—	—	1	1
3	<i>G. grandifolia</i>	—	—	—	—	—	—
4	<i>M. yoroconte</i>	—	—	—	—	—	—
5	<i>H. alchomeoides</i>	1	0	—	—	—	—
6	<i>T. guianensis</i>	—	—	0	1	2	0
7	<i>I. tectónica</i>	—	—	—	—	—	—
8	<i>V. cf. jefensis</i>	4	8	0	10	1	12
9	<i>C. brasiliense</i>	—	—	—	—	1	4
10	<i>S. globulifera</i>	—	—	—	—	—	—
11	Resto de especies	83	69	61	113	187	193
	<b>Total</b>	<b>88</b>	<b>70</b>	<b>61</b>	<b>124</b>	<b>194</b>	<b>210</b>

Cuadro 7: Número de individuos en "Latizal Bajo" por especie por tipo de bosque por sitio.

No.	ESPECIES	SITIO I		SITIO II		SITIO III	
		B. interven.	B. no Interv.	B. Interv.	B. no Interv.	B. Interv.	B. no Interv.
1	<i>T. amazonia</i>	14	3	—	—	2	1
2	<i>M. macroterantha</i>	0	1	0	5	1	2
3	<i>G. grandifolia</i>	—	—	1	0	—	—
4	<i>M. yoroconte</i>	0	2	—	—	1	2
5	<i>H. alchorneoides</i>	0	1	—	—	1	1
6	<i>T. guianensis</i>	2	2	1	2	3	3
7	<i>I. tectónica</i>	—	—	—	—	2	0
8	<i>V. cf. jefensis</i>	4	12	0	12	5	66
9	<i>C. brasiliense</i>	0	11	—	—	2	10
10	<i>S. globulifera</i>	1	2	1	0	1	3
11	Resto de especies	107	121	100	189	385	366
	Total	128	155	103	208	403	454

Cuadro 8: Distribución de las clases de daños de árboles (dap  $\geq$  30 cm) por tipo de bosque. Los datos reflejan el número absoluto de los daños causados directa e indirectamente por el huracán Mitch.

Código	CLASES DE DAÑOS	BOSQUE INTERVENIDO	BOSQUE NO INTERVENIDO	TOTAL
1	Arboles sin daño	84	76	160
2	Defoliación	71	88	159
3	Ramas quebradas	84	108	192
4	Fuste quebrado	61	34	95
5	Desraizado / inclinado	77	48	125
	<b>TOTAL</b>	<b>377</b>	<b>354</b>	<b>731</b>

Cuadro 9. Tipos de respuesta de los latizales altos y bajos por tipo de bosque.

Cod	TIPOS DE RESPUESTAS	LATIZAL ALTO			LATIZAL BAJO		
		BI	BN	TOTAL	BI	BN	TOTAL
0	Ninguna respuesta	154	262	416	501	678	1179
1	Arbol en pie / caído con rebrote en tallo	115	52	167	80	43	123
2	Arbol en proceso de secarse	48	61	109	23	37	60
3	Arbol defoliado con rebrote en la copa	17	19	36	17	19	36
4	Arbol en pie con ramas quebradas en proceso de secarse	0	12	12	3	2	5
		9	6	15	9	3	12
	5 Arbol en pie con ramas quebradas con rebrote en copa						
	<b>TOTAL</b>	<b>343</b>	<b>412</b>	<b>755</b>	<b>633</b>	<b>782</b>	<b>1415</b>

Cuadro 10. Proporción de área de bosque afectado con claros y tamaños de claros por sitios de estudio.

SITIOS DE ESTUDIO	B. INTERVENIDO		B. NO INTERVENIDO	
	Area (m <sup>2</sup> )	%	Area (m <sup>2</sup> )	%
Sitio I	2015.00	50.37	1701.75	42.54
Sitio II	1952.65	65.08	1615.77	53.86
Sitio III	3256.25	40.70	1775.00	22.19
<b>Promedio</b>	<b>2407.97</b>	<b>52.05</b>	<b>1697.51</b>	<b>40.53</b>

Cuadro 11: Distribución de las clases de daños de latizales altos por tipo de bosque. Los datos reflejan el número absoluto de los daños causados directa e indirectamente por el huracán Mitch.

Código	CLASES DE DAÑOS	BOSQUE INTERVENIDO	BOSQUE NO INTERVENIDO	TOTAL
1	Latizales sin daño	116	222	338
2	Defoliación	49	53	102
3	Ramas quebradas	31	36	67
4	Fuste quebrado	65	37	102
5	Desraizado / inclinado	82	64	146
	<b>TOTAL</b>	<b>343</b>	<b>412</b>	<b>755</b>

Cuadro 12: Distribución de las clases de daños de latizales bajos por tipo de bosque. Los datos reflejan el número absoluto de los daños causados directa e indirectamente por el huracán Mitch.

Código	CLASES DE DAÑOS	BOSQUE INTERVENIDO	BOSQUE NO INTERVENIDO	TOTAL
1	Latizales sin daño	421	608	1029
2	Defoliación	28	43	71
3	Ramas quebradas	28	21	49
4	Fuste quebrado	42	18	60
5	Desraizado / inclinado	114	92	206
	<b>TOTAL</b>	<b>633</b>	<b>782</b>	<b>1425</b>

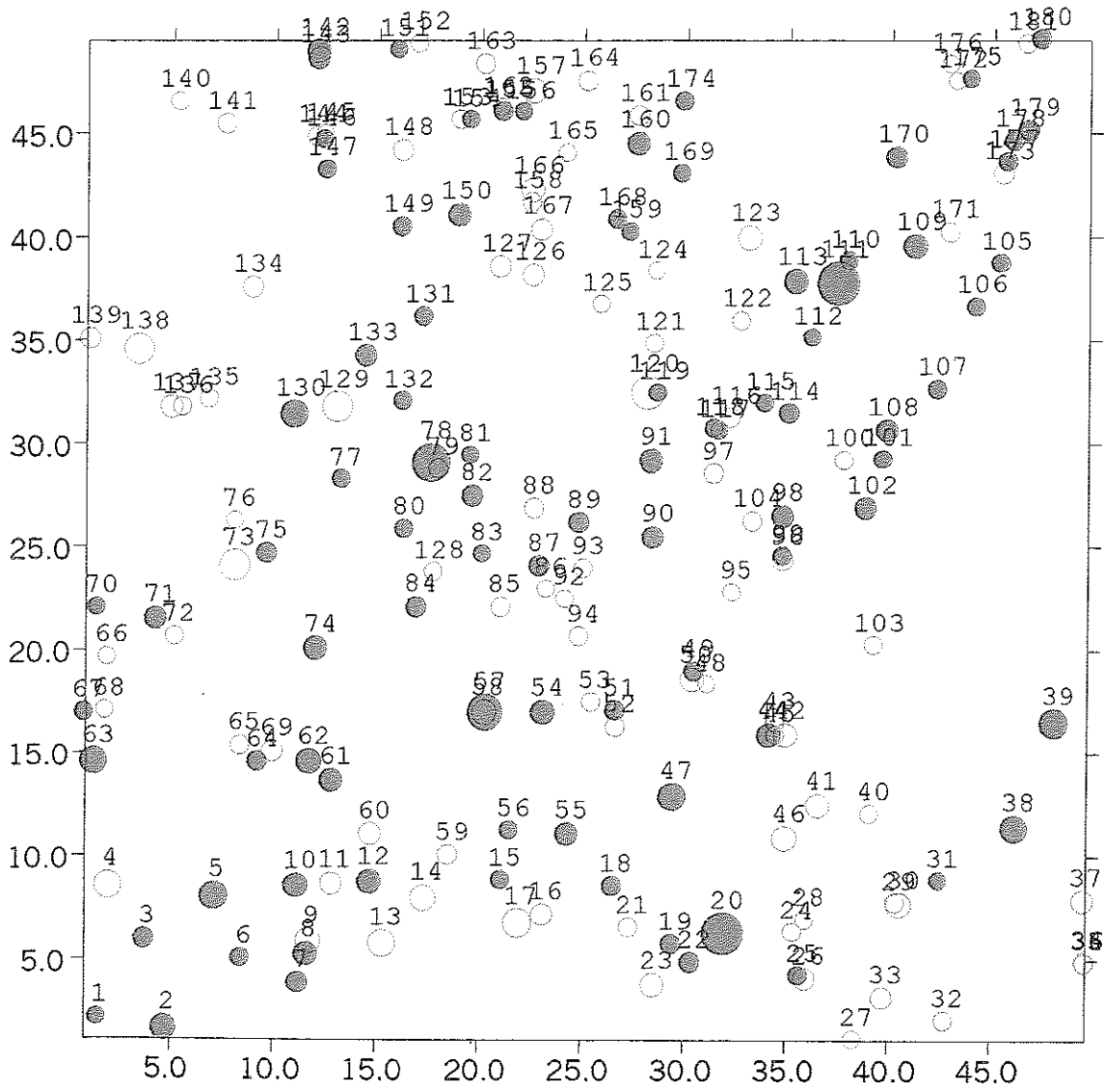
Cuadro 13. Distribución de area basal (m<sup>2</sup>/ ha) por clase diamétrica por tipo de bosque y sitio.

TIPO DE BOSQUE/		CLASE DIAMETRICA									TOTAL
Sitio	Tipo	10-19.9	20-29.9	30-39.9	40-49.9	50-59.9	60-69.9	70-79.9	80-89.9	> 90	
1	BI	7.82	8.20	5.92	2.34	1.82	2.02	0.00	0.00	4.56	32.68
1	BN	6.78	7.88	5.58	0.56	2.82	4.38	2.72	1.20	1.56	33.48
	<b>Sub-total</b>	<b>14.60</b>	<b>16.08</b>	<b>11.50</b>	<b>2.90</b>	<b>4.64</b>	<b>6.40</b>	<b>2.72</b>	<b>1.20</b>	<b>6.12</b>	<b>66.16</b>
2	BI	3.94	3.62	6.08	4.62	4.16	1.82	3.28	2.18	9.88	39.58
2	BN	5.18	6.04	5.00	2.16	3.26	3.98	5.06	7.78	8.30	46.76
	<b>Sub-total</b>	<b>9.12</b>	<b>9.66</b>	<b>11.08</b>	<b>6.78</b>	<b>7.42</b>	<b>5.80</b>	<b>8.34</b>	<b>9.96</b>	<b>18.18</b>	<b>86.34</b>
3	BI	6.00	6.28	4.36	4.26	1.30	0.72	3.56	3.44	2.78	32.70
3	BN	5.22	5.92	4.00	3.82	0.88	3.40	2.80	2.20	8.60	36.84
	<b>Sub-total</b>	<b>11.22</b>	<b>12.20</b>	<b>8.36</b>	<b>8.08</b>	<b>2.18</b>	<b>4.12</b>	<b>6.36</b>	<b>5.64</b>	<b>11.38</b>	<b>69.54</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>34.94</b>	<b>37.94</b>	<b>30.94</b>	<b>17.76</b>	<b>14.24</b>	<b>16.32</b>	<b>17.42</b>	<b>16.80</b>	<b>35.68</b>	<b>222.00</b>

# Anexo 2

SITIO I: TONCONTIN "EL TOPE".

Parcela no.1 del bosque intervenido (Antes y Después del Huracán).

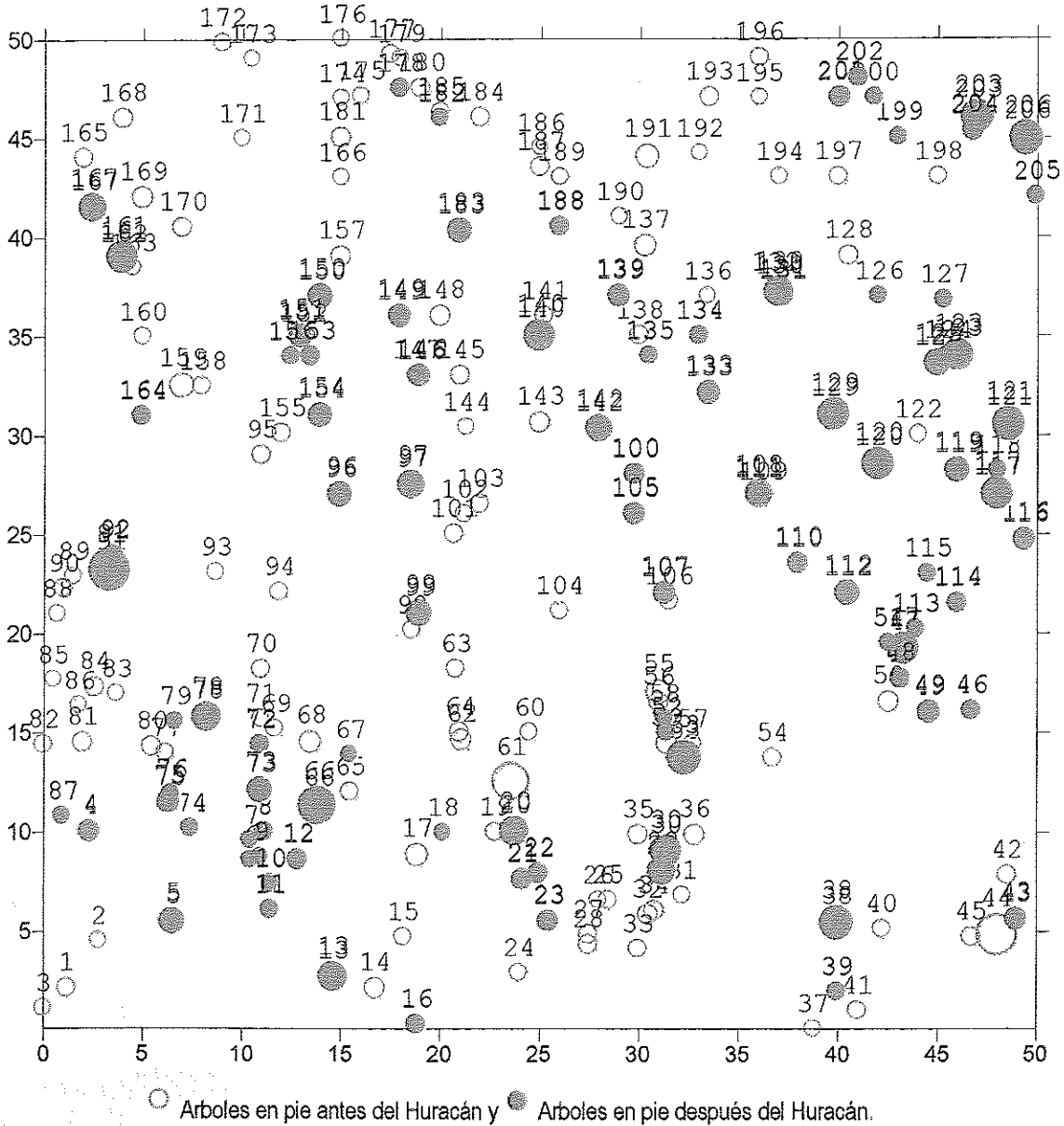


○ Arboles en pie antes del Huracán y ● Arboles en pie después del Huracán.



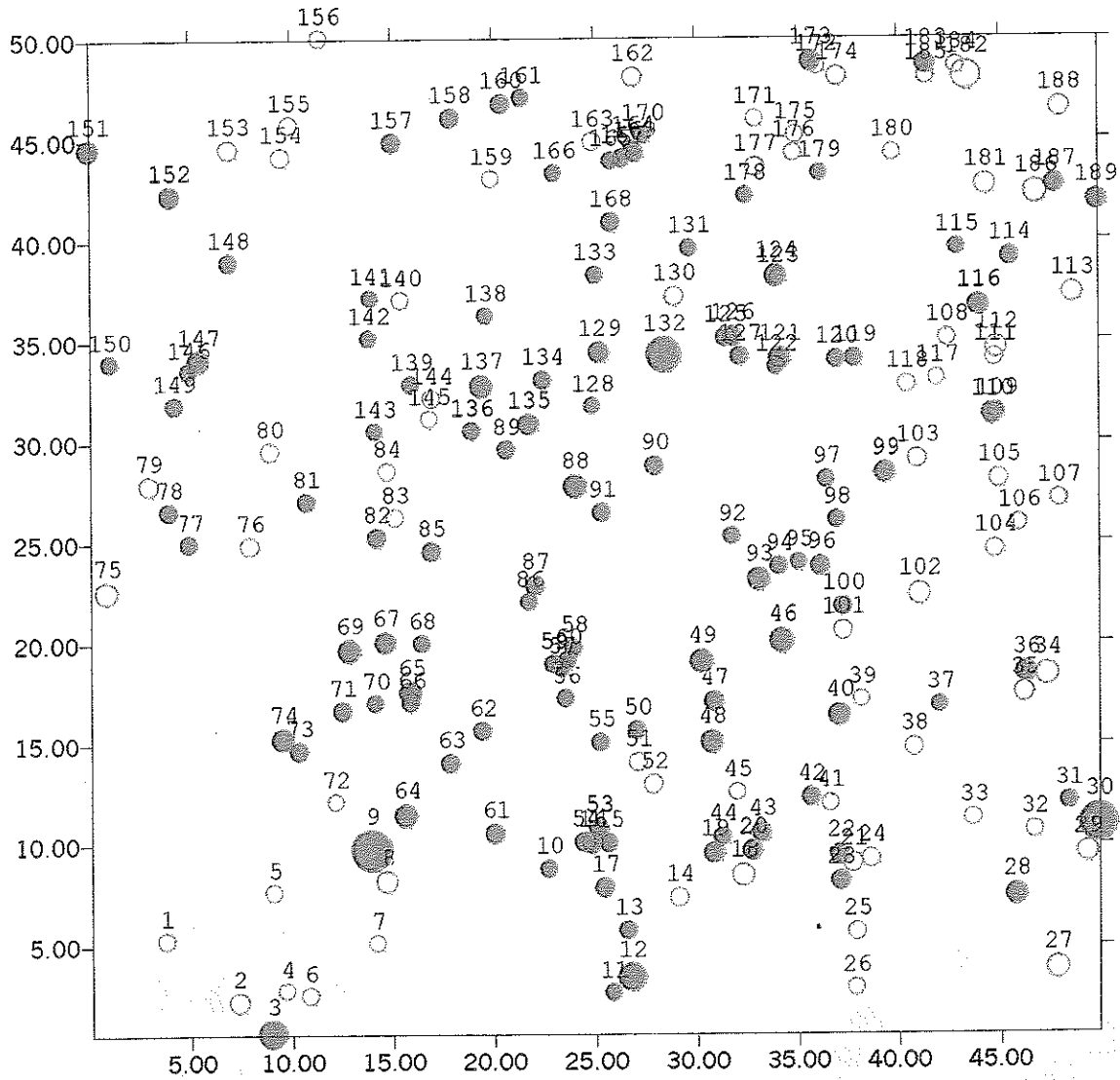
SITIO I: TONCONTIN "EL TOPE".

Parcela no.2 del bosque intervenido (Antes y Después del Huracán).



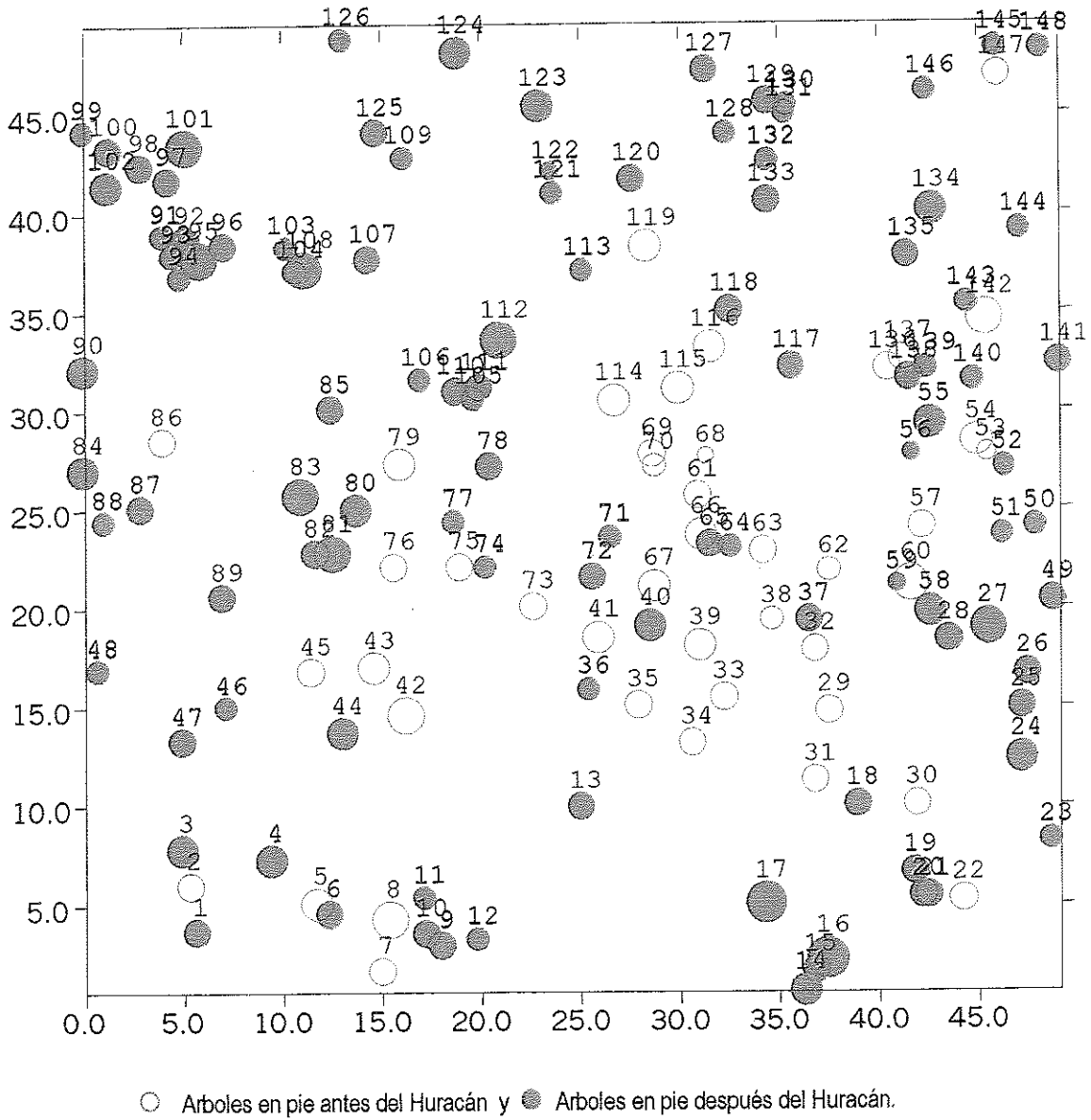
SITIO I: TONCONTIN "EL TOPE".

Parcela no.1 del bosque no intervenido (Antes y Después del Huracán).



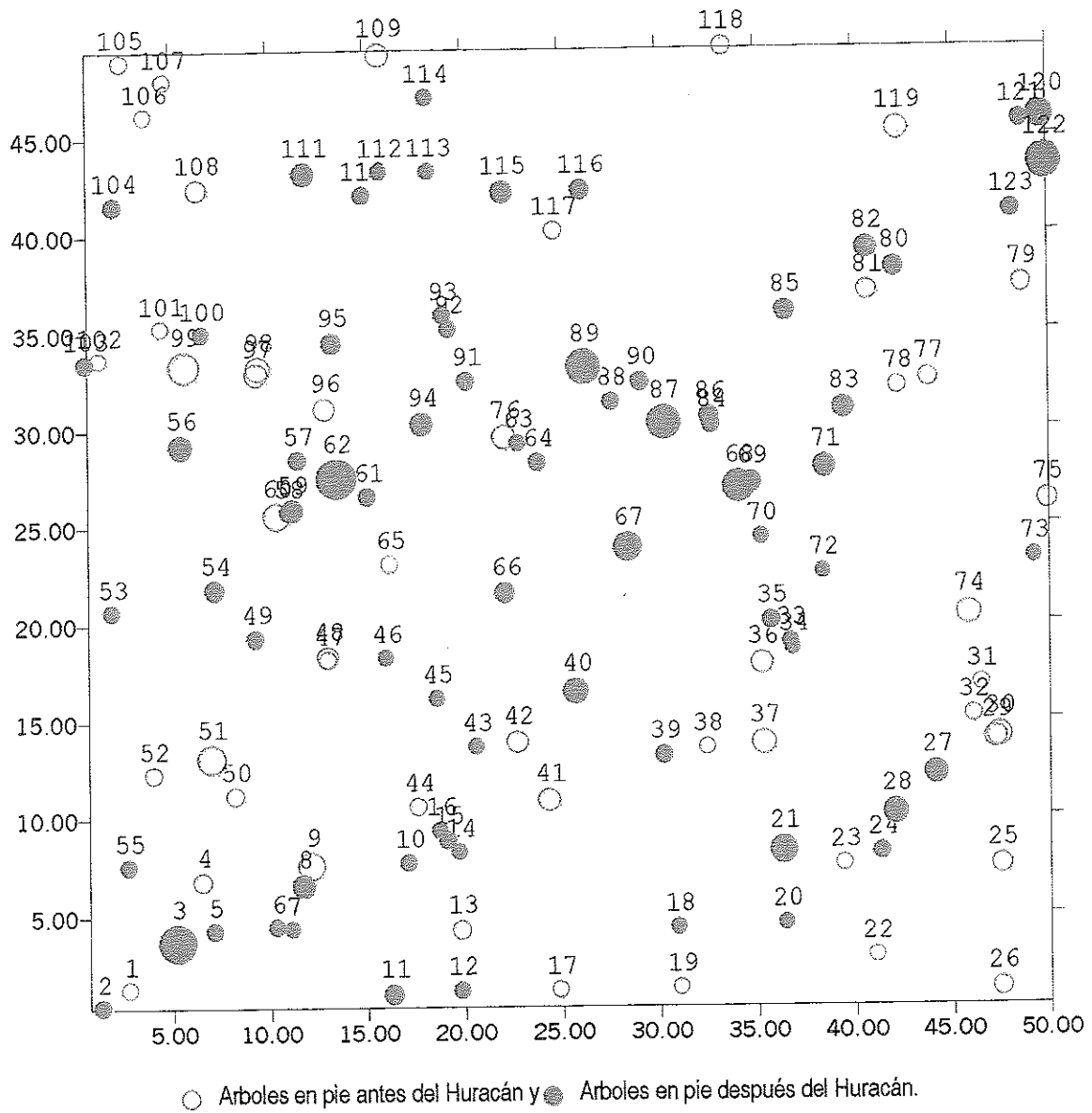
SITIO I: TONCONTIN "EL TOPE".

Parcela no.2 del bosque no intervenido (Antes y Después del Huracán).



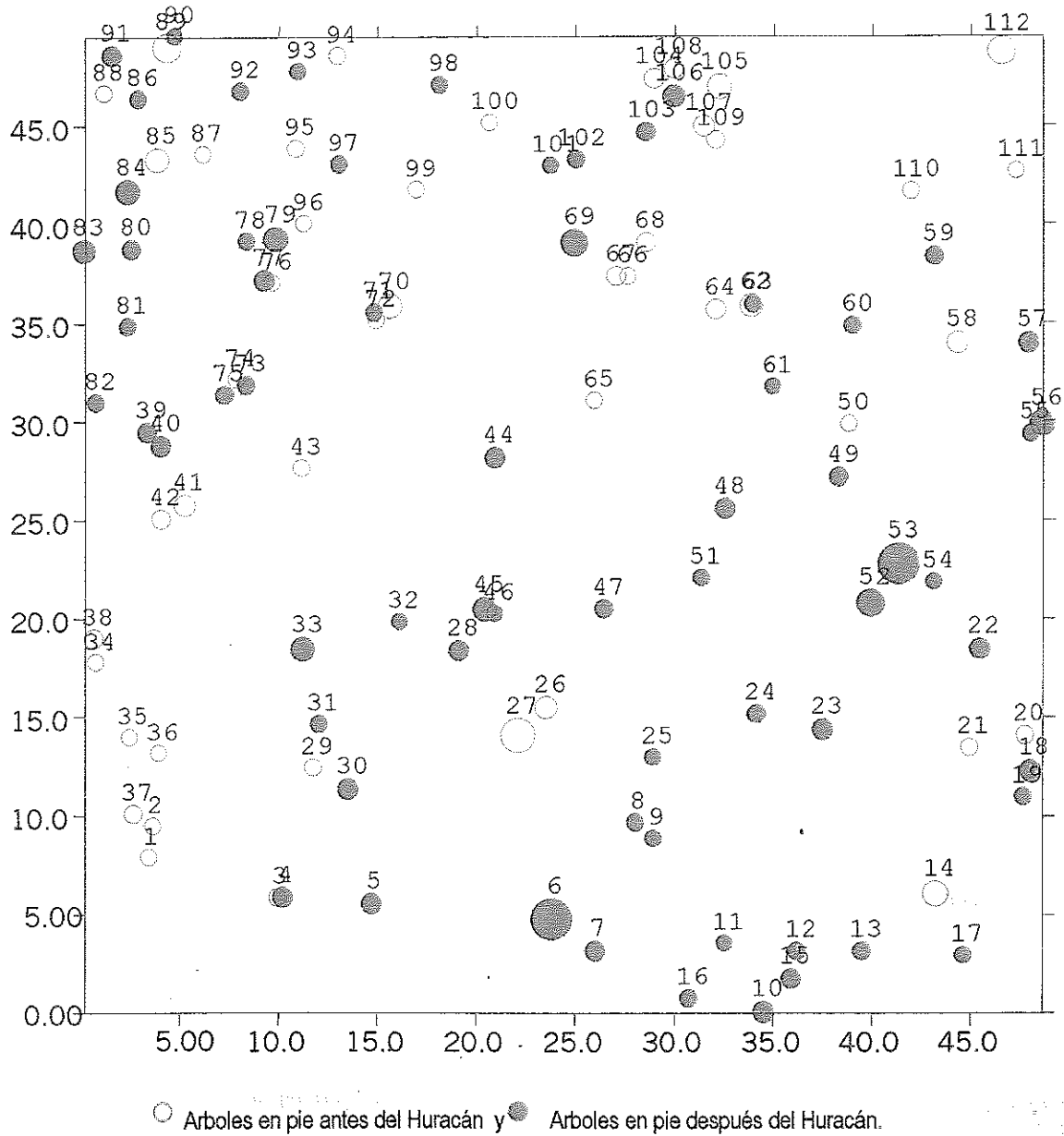
# SITIO II: LA VICTORIA "PALOS MARCADOS".

Parcela no.1 del bosque intervenido (Antes y Después del Huracán).



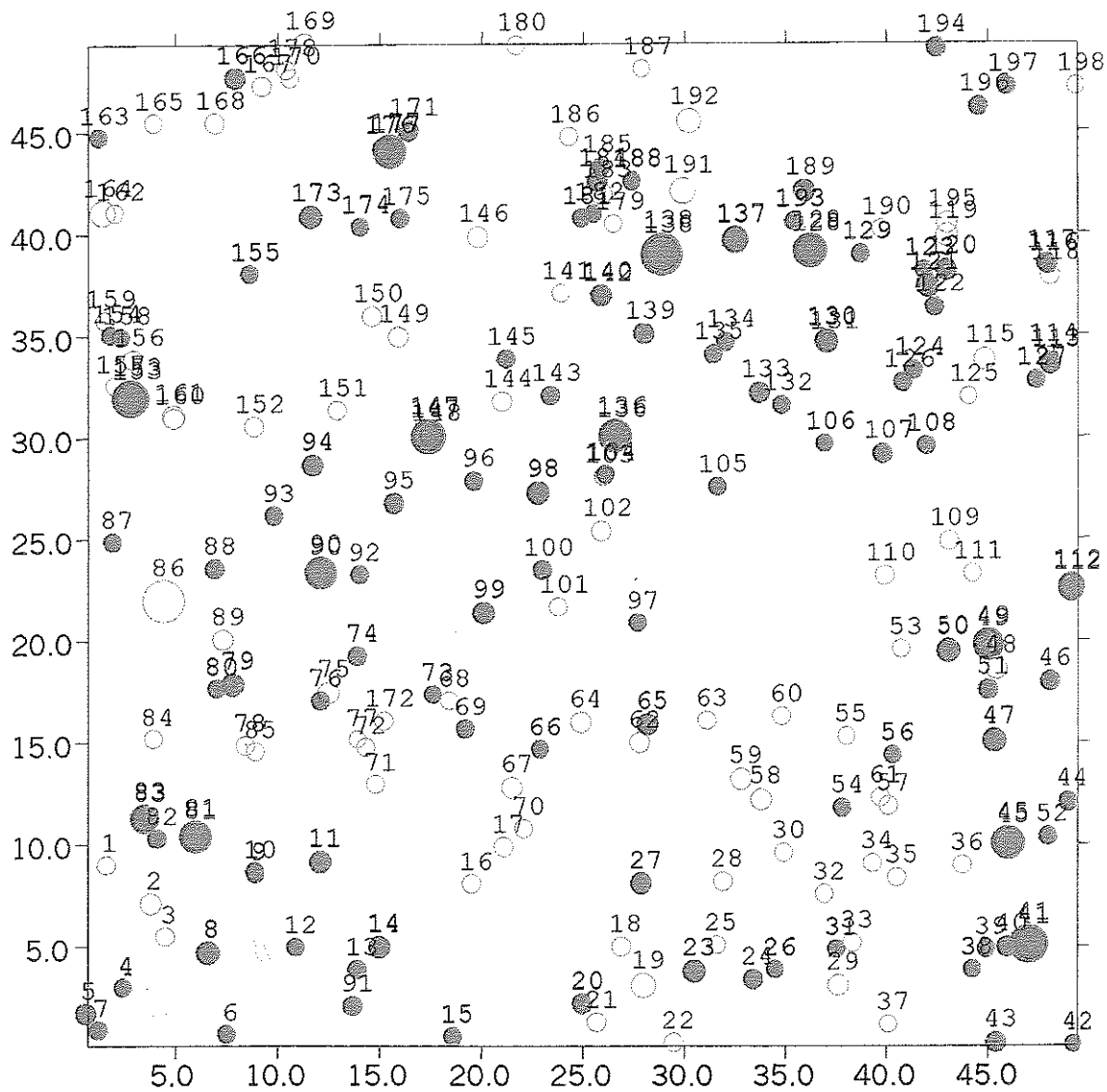
SITIO II: LA VICTORIA "PALOS MARCADOS".

Parcela no.2 del bosque intervenido (Antes y Después del Huracán).



SITIO II: LA VICTORIA "PALOS MARCADOS".

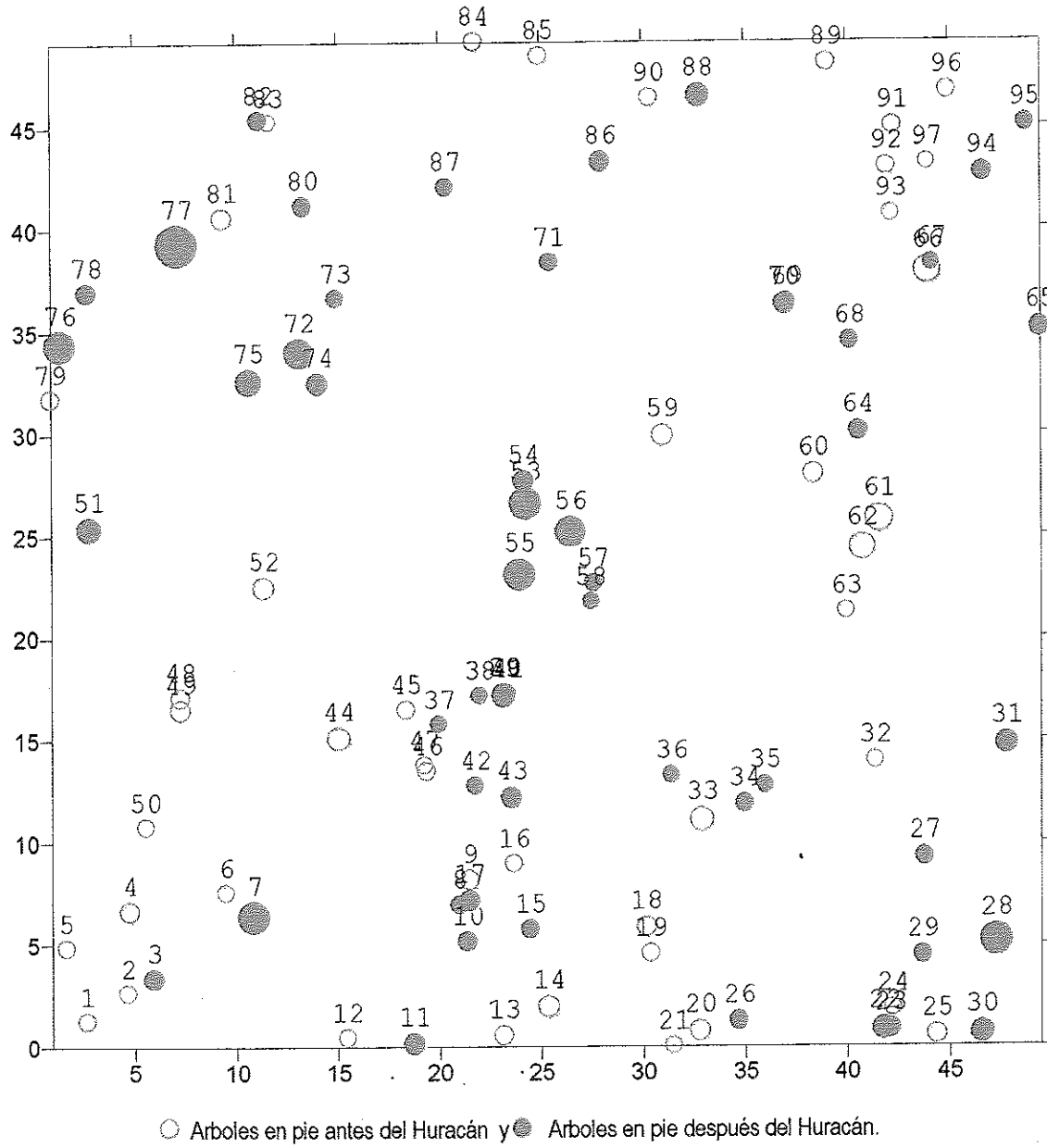
Parcela no.1 del bosque no intervenido (Antes y Después del Huracán).



○ Árboles en pie antes del Huracán y ● Árboles en pie después del Huracán.

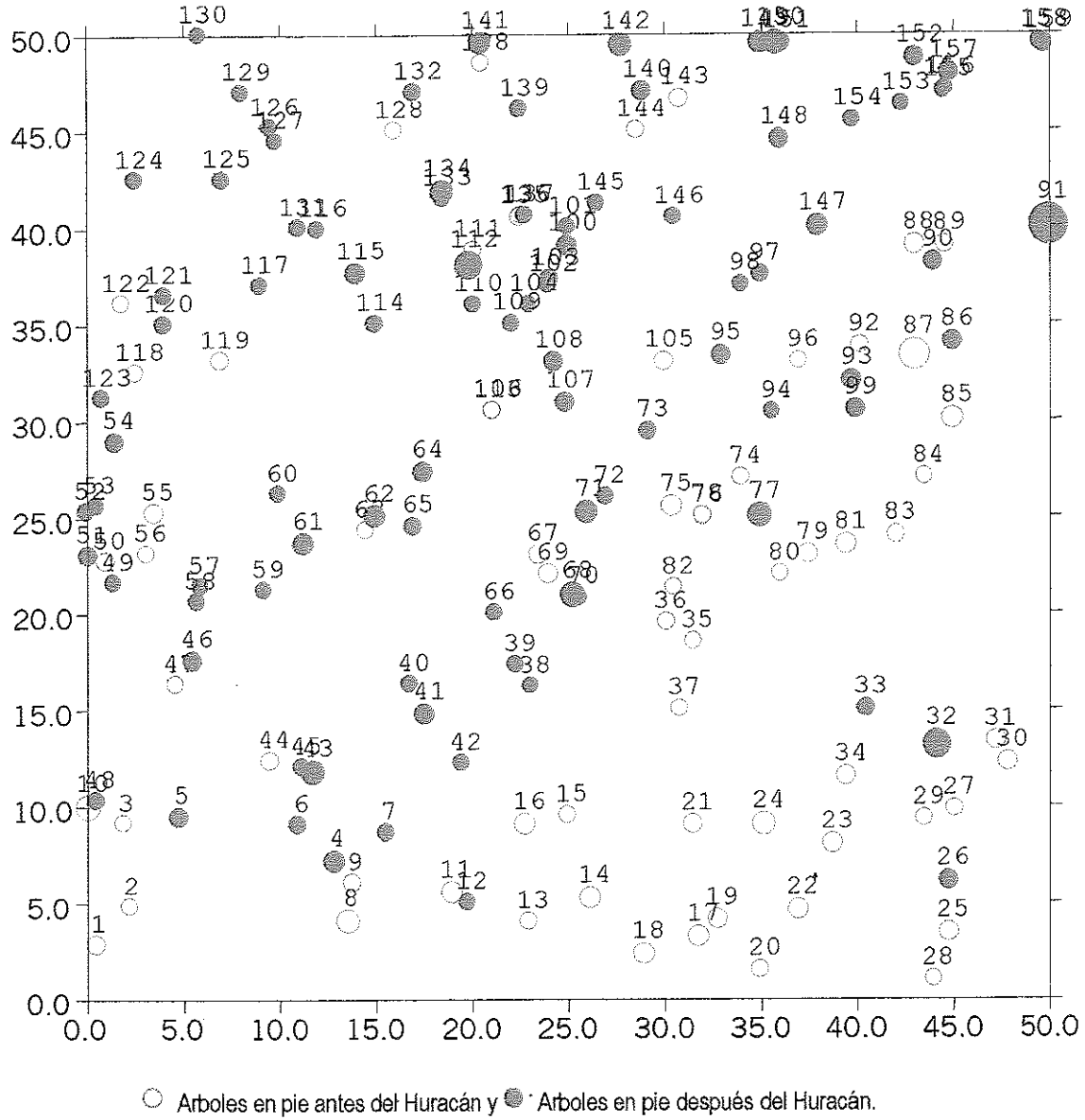
SITIO II: LAVICTORIA "PALOS MARCADOS".

Parcela no.2 del bosque no intervenido (Antes y Después del Huracán).



SITIO III: TONCONTIN "LOS ENCUENTROS".

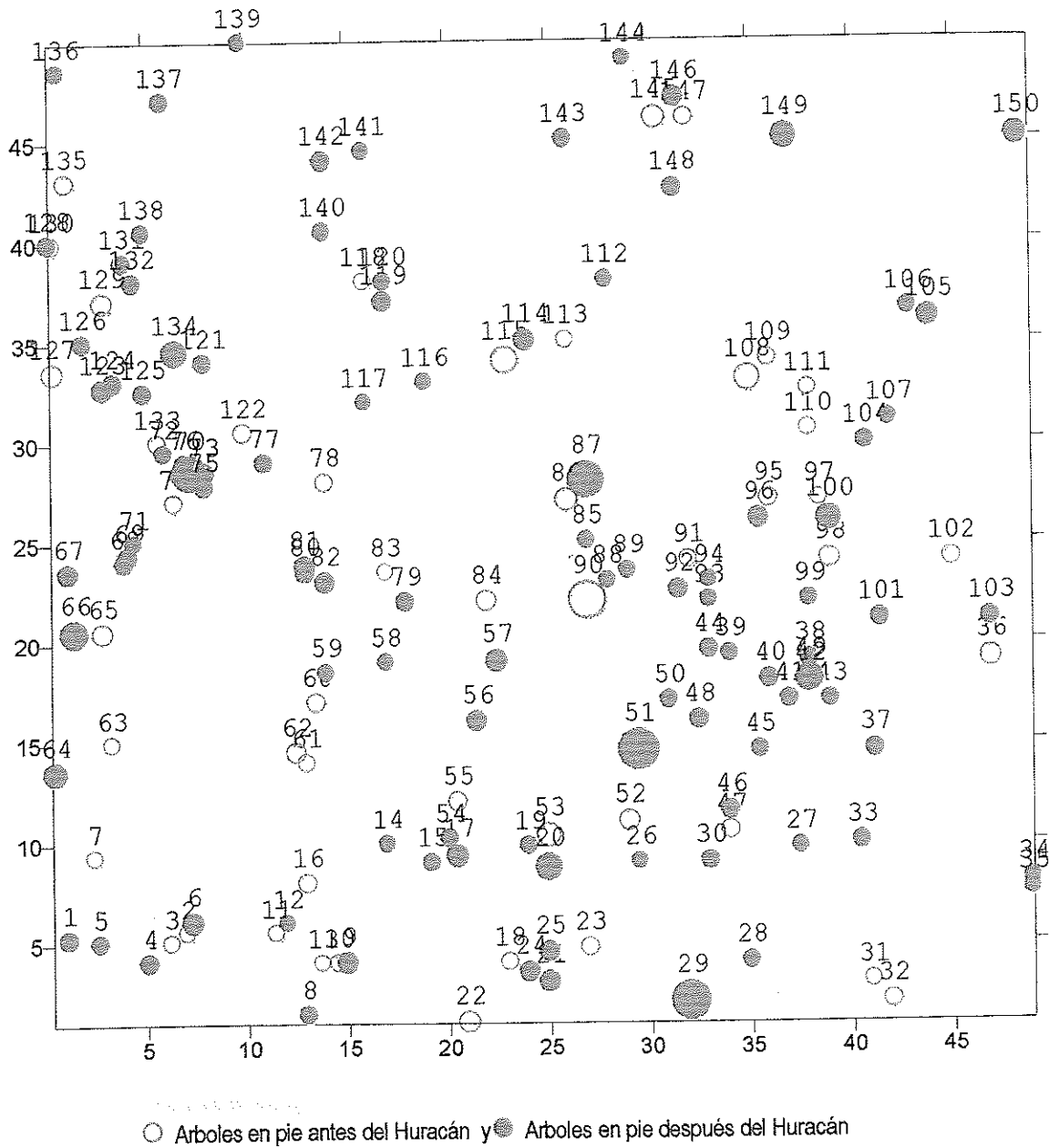
Parcela no.1 del bosque intervenido (Antes y Después del Huracán).





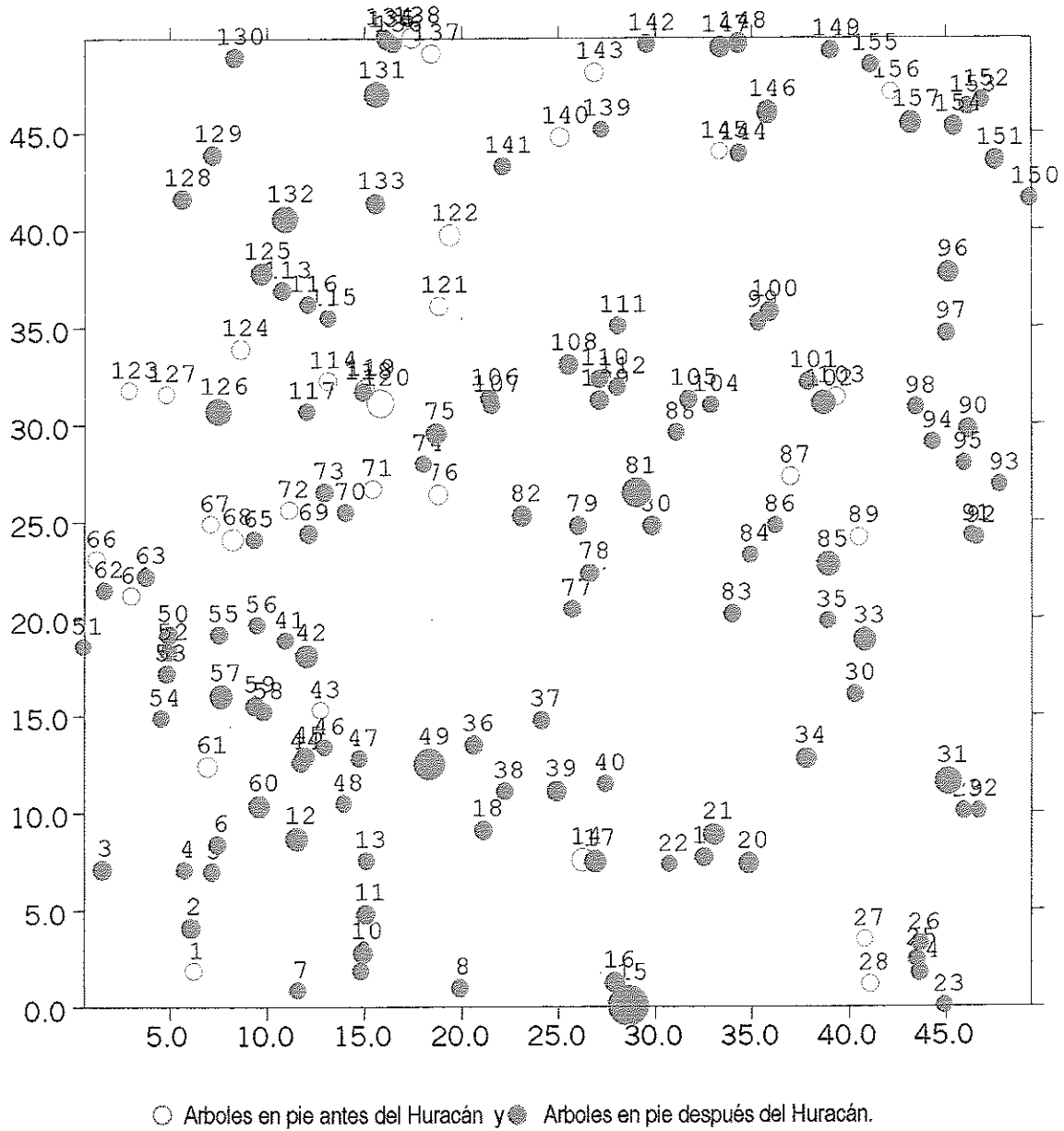
SITIO III: TONCONTIN "LOS ENCUENTROS".

Parcela no.2 del bosque intervenido (Antes y Después del Huracán).



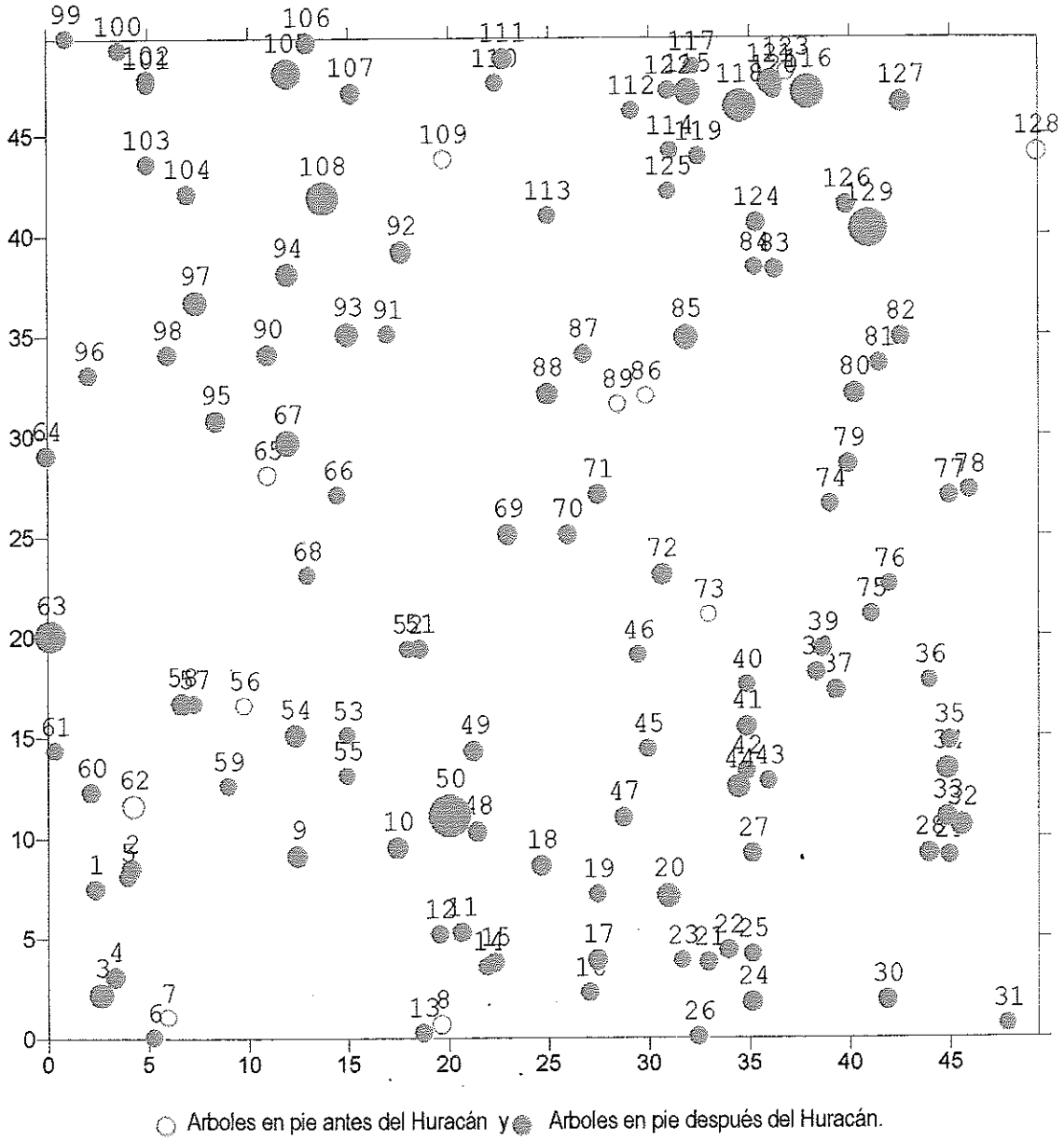
SITIO III: TONCONTIN "LOS ENCUENTROS".

Parcela no.1 del bosque no intervenido (Antes y Después del Huracán).



SITIO III: TONCONTIN "LOS ENCUENTROS".

Parcela no.2 del bosque no intervenido (Antes y Después del Huracán).



# Anexo 3

**EVALUACION DE LA RESISTENCIA / SUSCEPTIBILIDAD DE TODOS LOS ARBOLES (DAP  $\geq$  50 cm) Y FUSTALES (DAP 10-29.9 cm), EN EL AREA AFECTADA POR EL HURACAN.**

BOSQUE COMUNAL: \_\_\_\_\_ TIPO DE BOSQUE: \_\_\_\_\_ SITO: \_\_\_\_\_ PRESENCIA DE INDIVIDUOS: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

TRANSECTO No. \_\_\_\_\_ RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

Claro #: \_\_\_\_\_ m  
Radio longit: \_\_\_\_\_ m  
Radio Ancho: \_\_\_\_\_ m

Claro #: \_\_\_\_\_ m  
Radio longit: \_\_\_\_\_ m  
Radio Ancho: \_\_\_\_\_ m

Claro #: \_\_\_\_\_ m  
Radio longit: \_\_\_\_\_ m  
Radio Ancho: \_\_\_\_\_ m

Claro #: \_\_\_\_\_ m  
Radio longit: \_\_\_\_\_ m  
Radio Ancho: \_\_\_\_\_ m

Claro #: \_\_\_\_\_ m  
Radio longit: \_\_\_\_\_ m  
Radio Ancho: \_\_\_\_\_ m

**TRANSECTOS DE 10 m X 100 m.**

No.	NOMBRE COMUN	DAP (cm)	H (m)	NIVELES DE DAÑOS						DIMENSION			DISTURBIOS		OBSERVACIONES		
				A	B**	C	D	E	F**	G	COPA	RAIZ	HABIT	CAUSA			
																A * L	A * L
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	

A = A. No sufrio ningun dafio  
B = A. Dañado (1 = Cob. Total, 2 = Sob punta rama)  
C = A. Con ramas dañadas (1 = Muy grave- ram. Laterales, 2 = Grave D > 5 cm, 3 = Moderad. D < 5 cm)  
D = A. con Fuste quebrado o roto  
E = A. desraizado o caído / muerto (1 = Caído, 2 = Fuert. Inclnci (>45°), 3 = Parcial. Inclnciado (< 45°)  
F = Exposición de Masa Radicular\*\*  
G = A. Aprovechado

H = Clase Altura:  
1 = 0 - 5 m  
2 = 5 - 10 m  
3 = 10 - 15 m  
4 = 15 - 20 m  
5 = 20 - 25 m  
6 = 25 - 30 m

\*\* Respuesta en %:  
1 = >75%  
2 = 50 - 75%  
3 = 25 - 50%  
4 = 0 - 25%

HABITAT:  
CL = Claro (Clase de Ilumin. 1 y 2)  
NP = No Perturbado (Clase de Ilumin. 3, 4 y 5)  
CAUSA A: Caída  
DS = Deslizam Tierra  
AGR = Arresire A. Grande  
VIE = Viento









**EVALUACION DE ABUNDANCIA EN LAS CATEGORIAS DE REGENERACION:  
BRINZAL (0.3 - 1.5 m).**

BOSQUE COMUNAL: \_\_\_\_\_ SITIO: \_\_\_\_\_ TIPO DE BOSQUE: \_\_\_\_\_

TRANSECTO: \_\_\_\_\_ PARCELA: \_\_\_\_\_ SUBPARCELA: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

PRESENCIA DE INDIVIDUOS: SI \_\_\_ NO \_\_\_ RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

**Sub-parcelas de 2 m X 2 m.**

No.	N. COMUN	H (m)	REGEN (Br)	No. PLANT	HABITAT		OBSERVACIONES
					CL	NP	
1							
2							
3							
4							
5							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							

H= Altura del Brinzal (m).

CL = Claro (Clase Iluminación 1 y 2)

NP= No Perturbado (Clase Iluminación 3, 4 y 5)

**EVALUACION DE ABUNDANCIAS EN LAS CATEGORIAS DE REGENERACION:  
PLANTULAS (0.05 - 0.3 m).**

BOSQUE COMUNAL: \_\_\_\_\_ SITIO: \_\_\_\_\_ TIPO DE BOSQUE: \_\_\_\_\_

TRANSECTO: \_\_\_\_\_ PARCELA: \_\_\_\_\_ SUBPARCELA: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

PRESENCIA DE INDIVIDUOS: SI \_\_\_ NO \_\_\_ RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

**Sub-parcelas de 1 m X 1 m.**

No.	N. COMUN	H (m)	REGEN (PI)	No. PLANT	HABITAT		OBSERVACIONES
					CL	NP	
1							
2							
3							
4							
5							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							

H= Altura Plantula (m).

CL = Claro (Clase Iluminación 1 y 2)

NP= No Perturbado (Clase Iluminación 3, 4 y 5)

**UBICACION DE LOS ARBOLES EN LA PARCELA.**

BOSQUE COMUNAL: \_\_\_\_\_ SITIO: \_\_\_\_\_ TIPO DE BOSQUE: \_\_\_\_\_

TRANSECTO: \_\_\_\_\_ PARCELA: \_\_\_\_\_ SUBPARCELA: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

PRESENCIA DE INDIVIDUOS: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

**Sub-parcelas de 10 m X 10 m.**

No	SUBPARC	ESPECIE	COORDEN		ESTADO DEL ARBOL			OBSERVACIONES
			Cx	Cy	PIE	INCL	CAID	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								

PIE = Arbol en pie, CAI = Arbol Caído, INCL = Arbol Inclinado, APR = Arbol Aprovechado.