

Estructura y composición de un bosque húmedo tropical explotado en la región norte de Costa Rica

Eugenio GONZALEZ J.¹

Eladio CHAVES S.²

ABSTRACT

The structure, composition and silvicultural characteristics of the natural regeneration were studied in a harvested tropical rain forest, located in Sarapiquí, Costa Rica (10° 32' N, 84° 04' W). Three years before harvesting the forest, palms, lianas and noncommercial plants were cut and in 1984 a commercial volume of 40 m³/ha was logged. The natural regeneration sampling was conducted three years after logging the forest. Using concentric circular plots, trees with a DBH greater than 10 cm were sampled in 100 m² plots; saplings with DBH less than 10 cm and taller than 1.5 m in 25 m² plots, and seedlings taller than 30 cm and less than 1.5 m in 4 m² plots. In each plot, the DBH of all trees was measured and registered individually by species. According to relative crown position in the stratum, an individual tree was classified as dominant, codominant, intermediate and overtopped. Saplings and seedlings were recorded individually by species in each plot. After sampling the regeneration, the species were classified in three commercial groups: high commercial value, median commercial value and other species without known commercial value. The data were quantitatively analyzed for abundance, dominance, frequency and importance value index (IVI) by species, regeneration size and

commercial group. Diametric distributions for basal area and trees per hectare were elaborated. The relative crown position was analyzed by commercial group. The species with highest ecological importance (IVI) was *Pentaclethra macroloba*, which was classified as a noncommercial species for this study. With regard to saplings, it was found 247 saplings/ha for high and medium commercial value species, with high frequency and abundance of *Virola sebifera*, a commercial species. The number of seedlings of valuable species was 1160 seedlings/ha, distributed on several species. For high and medium commercial value species in was found 25 trees/ha, with a basal area of 2.75 m²/ha. On the basis of data on structure and composition of this forest, it was found that the commercial tree species did not have optimal conditions for the sustained management of the forest; however, saplings and seedlings showed favorable silvicultural conditions for the management, which could be attributed preliminarily to

1. Dirección actual: Department of Forest Science, Texas A & M. University, College Station, Texas 77843-2135, U.S.A.

2. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional, Apdo. 86-3000, Heredia, Costa Rica.

the elimination of palms and lianas performed three years before harvesting the forest.

INTRODUCCION

Los estudios estructurales de la masa forestal constituyen la principal herramienta para el silvicultor, pues permite, entre otras cosas, hacer inferencia sobre el origen, características ecológicas y dinámicas y tendencias futuras de una comunidad vegetal (Lamprecht, 1964). Generalmente los estudios estructurales se han utilizado para describir varias características de agregados de árboles. Algunos autores como White (1963) y Finol (1970), han caracterizado a través de estos estudios las distribuciones diamétricas de las diferentes clases de tamaños dentro de las masas forestales; otros, como Richards (1976), lo han utilizado para explicar las distribuciones de individuos dentro de estratos. Así, es entonces posible hablar de estructuras diamétricas, de copa, de estructura espacial de una especie o grupo, entre otros.

En términos prácticos es posible simplificar el análisis estructural de la vegetación hablando de organización horizontal y vertical. En este sentido, Bourgeron (1983) da dos enfoques para el estudio estructural: la comunidad boscosa puede ser descrita cualitativa o cuantitativamente. Desde la perspectiva cualitativa, el enfoque se orienta hacia los patrones de distribución de los árboles en la estructura horizontal y vertical. En forma cuantitativa, y especialmente para el bosque húmedo tropical, se han desarrollado modelos que permiten estudiar las relaciones entre algunas variables dasométricas (Rollet 1980, Bourgeron 1983).

Existen muchos parámetros para el estudio de la estructura horizontal de masas forestales, siendo la riqueza florística y la diversidad los más estudiados (Rollet 1980). Sin embargo, se ha considerado que estas características sólo conducen a planteamientos teóricos, no permitiendo una interpretación de la dinámica del bosque y las especies, teniendo que profundizarse más en otros parámetros, como por ejemplo en la distribución diamétrica de número de árboles y el área basal (Rollet 1980).

Entre las distribuciones diamétricas en

masas tropicales, la de mayor importancia desde el punto de vista silvícola es la del número de árboles por clases de tamaño (Dawkins 1958, Baur 1964, Rollet 1980, Withmore 1984). Para el total de árboles, con diámetro en la sección normal (DAP) mayor a 10 cm, la distribución se aproxima a una serie geométrica decreciente (Rollet 1980), aproximándose a la forma de una "J invertida" (Dawkins 1958, Baur 1964, Rollet 1980). Muchos estudios en masas tropicales así lo confirman (Brüning 1983, Lieberman et al. 1985, de Graaf 1986, Peralta et al. 1987, Finegan y Sabogal 1988, 1988a). Esa típica distribución diamétrica permite precisar los efectos de los principales factores ambientales, como por ejemplo explotaciones u otro tipo de perturbaciones (Rollet 1983). Del mismo modo, se ha sugerido que las distribuciones diamétricas en forma de "J invertida" refleja a las especies tolerantes a la sombra, la de forma de campana con diferentes grados de asimetría se ajusta a las especies intolerantes (Rollet 1983).

Un parámetro ampliamente estudiado ha sido el área basal o basimétrica de los árboles, el cual da una buena idea del grado de ocupación del espacio por los árboles (Rollet 1983). Se estima que el área basal media de bosques húmedos tropicales primarios es de 21 m²/ha, para todas las especies con DAP mayor a 20 cm (Rollet 1983) e incluso algunos bosques tropicales pueden alcanzar valores hasta 29 m²/ha, para árboles a 10 cm de DAP (Hartshorn 1983, Finegan y Sabogal 1988). En términos prácticos silviculturales, Dawkins (1958) desarrolló el criterio de área basal limitante, la cual representa el nivel de ocupación donde el crecimiento se aproxima a cero. De esta forma, si se reduce el área basal de un bosque primario entre un 35-75% de su ocupación original, se espera que la regeneración natural remanente incremente hasta alcanzar el nivel máximo posible.

Como consecuencia de los levantamientos de la distribución diamétrica y área basal, la organización de la masa forestal puede describirse en términos de abundancia de árboles y/o especies, frecuencia de ocupación y dominancia, este último entendido como ocupación en área basal (Oldeman, 1983).

En términos de organización vertical, una herramienta cualitativa práctica ha sido el diagrama de perfil (Oldeman 1983, Rollet 1983). A pesar del uso frecuente, se discute su validez en la representación de la estructura del bosque (Rollet 1983). En forma cuantitativa, el bosque húmedo tropical ha sido estudiado utilizando algunos indicadores, por ejemplo la altura total, altura de los estratos (si se definen), tamaño y forma de la copa, entre otros (Dawkins 1963, Francis 1966, Rollet 1969, Gray 1975). Brüning (1983) sugirió una caracterización basada en la altura total, altura hasta la base de la copa y otras variables consideradas secundarias; sin embargo, la medición de alturas, principalmente en bosques sin intervención, es difícil de medir y tediosa de precisar. Synnott (1979) recomendó sustituir la medición de alturas y reemplazarla por una sencilla determinación de la exposición de la copa a la iluminación y de la clasificación de la forma de copa.

Así, basados en la necesidad de generar bases teórico-prácticas tendientes hacia el manejo sostenido del bosque húmedo tropical, se desarrolló un estudio estructural sobre regeneración natural en un bosque intervenido en la Región Norte de Costa Rica. De esta forma, discutimos en este trabajo los posibles efectos sobre el establecimiento y desarrollo de regeneración natural del bosque que produjeron las limpiezas aplicadas antes del aprovechamiento y la extracción de árboles comerciales.

MATERIAL Y METODOS

Zona de estudio: El bosque estudiado se localiza en la zona norte húmeda de Costa Rica (10°38'N, 84°04'W). La precipitación anual media oscila entre 3200 y 4500 mm, con ausencia de meses completamente secos. La temperatura media anual varía entre 24 y 26 °C. El área clasifica dentro de la formación vegetal Bosque Húmedo Tropical (Tosi 1969) y los suelos son clasificados como Oxíc Tropohumult.

Antecedentes: El bloque de bosque natural intervenido tiene una extensión de 30 ha. En 1979 se realizó un inventario forestal, encontrándose un volumen comercial de 124 m³/ha (Zeazer 1979). Posterior al inventario y antes de la explotación, se realizó una

roza o chapia, eliminando palmas, bejucos y otras plantas sin valor comercial conocido. En diciembre de 1984 se realizó un aprovechamiento comercial del bosque, extrayéndose un volumen comercial de 40 m³/ha, y un área basal media de 5,45 m²/ha, con un diámetro mínimo cortable de 50 cm.

Muestreo de vegetación y clases de tamaño muestreadas: Con el objetivo de estudiar los posibles efectos sobre la regeneración del bosque como resultado de los tratamientos, tres años después del aprovechamiento se hizo un inventario de regeneración. Para ello se establecieron líneas de muestreo con unidades circulares concéntricas equidistantes. Los fustales, árboles con DAP mayor o igual a 10 cm, fueron registrados en parcelas de 100 m²; los latizales, individuos entre 1,5 m de altura y DAP menor de 10 cm, en parcelas de 25 m²; y los brinales, plantas entre 0,3 y 1,5 m de altura, en parcelas de 4 m². Para la clase de tamaño fustal, se anotó la posibilidad de surgir de los individuos en el estrato, la cual fue estimada en función de la posición de la copa en la clase de tamaño, según lo sugerido por Synnott (1986). De esta forma, el individuo con una copa expuesta y desarrollada fue clasificado como dominante; cuando la dominancia estuvo compartida con otros individuos o especies se denominaron codominantes; cuando el individuo no presentó una posición de copa bien definida en el estrato se clasificó como intermedio y finalmente los individuos con copa oprimida. La intensidad de muestreo para los fustales fue de 10%; latizales de 4% y brinzales 2%, según lo sugerido por Dawkins (1958) y Baur (1962) para muestreos de regeneración natural.

Análisis de la información: Se realizó una clasificación de las especies de acuerdo al valor de la madera en el mercado, la cual, por razones prácticas, incluyó tres grupos: (i) Especies de alto valor comercial, (ii) Especies de mediano valor comercial y (iii) "Otras especies", incluyendo no comerciales y arbustivas.

La estructura horizontal del bosque se analizó cuantitativamente de acuerdo a la abundancia, frecuencia, dominancia e índice de valor de importancia (Curtis y McIntosh 1950, Lamprecht 1962, Braun-Blanquet 1979, Greig-Smith 1983). En términos de

estructura vertical, se realizó una distribución porcentual de los grupos comerciales de acuerdo a las posibilidades de surgir que presentaron según la posición de la copa.

Para interpretar cualitativamente la regeneración, las especies comerciales se clasificaron en grupos ecológicos según los grupos definidos por Finegan (1988) y estudiados por Manta (1988) para las especies arbóreas del bosque húmedo tropical de la región norte de Costa Rica.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Cuadro de vegetación por clase de tamaño:

1.1 Fustal: La especie con mayor importancia ecológica encontrada fue *Pentaclethra macroloba*, con un IVI igual a 82,3%. Le siguieron *Pouteria neglecta*, *Tetragastris panamensis*, *Pouteria* spp. y *Vochysia ferruginea*, con un IVI de 8,5, 7,5, 7,5 y 7,5% respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Frecuencia, abundancia, dominancia e índice de valor de importancia para la clase de tamaño fustal, según valor comercial de las especies.

Grupo comercial	Frecuencia		Abundancia		Dominancia		I.V.I.
	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel	
ALTO VALOR COMERCIAL							
<i>Carapa guianensis</i>	0,0196	0,79	0,5	0,68	0,11	1,75	3,22
<i>Lecythis ampla</i>	6,5E-3	0,26	0,2	0,23	0,05	0,85	1,34
<i>Minguartia guianensis</i>	9,8E-3	0,39	0,2	0,34	0,01	0,19	0,92
<i>Terminalia amazonia</i>	3,3E-3	0,13	0,1	0,11	0,01	0,11	0,35
<i>Vatairea lundeli</i>	3,3E-3	0,13	0,1	0,11	0,03	0,50	0,74
<i>Vochysia ferruginea</i>	0,0621	2,50	1,5	2,15	0,18	2,15	7,52
Subtotal	0,1046	4,20	2,6	2,56	0,39	5,55	14,09
MEDIANO VALOR COMERCIAL							
<i>Brosimum guianensis</i>	0,0425	1,71	3,8	1,47	0,36	1,77	4,95
<i>Calophyllum brasiliensis</i>	3,3E-3	0,13	0,3	0,11	0,02	0,09	0,33
<i>Dussia macroprophyllata</i>	0,0294	1,18	2,7	1,02	0,20	0,98	3,18
<i>Dipteryx panamensis</i>	0,0131	0,53	1,2	0,45	0,21	1,02	2,00
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	0,3E-3	0,13	0,3	0,11	0,20	0,98	1,22
<i>Ormosia isthmensis</i>	0,0261	1,05	2,4	0,90	0,54	2,67	4,62
<i>Otoba novogranatensis</i>	0,0359	1,45	3,2	1,24	0,13	0,66	3,35
<i>Qualea</i> spp.	0,0131	0,53	1,2	0,45	0,06	0,32	1,30
<i>Sacoglottis trichogyna</i>	0,0131	0,53	1,2	0,45	0,14	0,69	1,27
<i>Tapirira guianensis</i>	0,0294	1,18	3,2	1,24	0,56	2,79	5,21
<i>Vantanea barbourii</i>	6,5E-3	0,26	0,6	0,23	0,32	1,60	2,09
<i>Virola sebifera</i>	0,0392	1,58	1,0	1,36	0,09	1,44	4,37
<i>Vochysia</i> spp.	3,3E-3	0,13	0,3	0,11	0,01	0,03	0,27
Subtotal	0,2552	10,39	22,5	9,14	2,84	15,04	34,48
OTRAS ESPECIES*							
<i>Pentaclethra macroloba</i>	0,5523	22,66	271	30,66	16,01	29,02	82,34
<i>Pouteria neglecta</i>	0,0621	2,50	19	2,45	1,98	3,59	8,54
<i>Tetragastris panamensis</i>	0,0719	2,89	23	2,60	1,66	3,01	8,50
<i>Pouteria</i> spp.	0,0686	2,76	21	2,38	1,28	2,39	7,53
<i>Quararibea</i> sp.	0,0654	2,63	22	2,49	0,57	1,04	6,16
Subtotal	0,7750	85,15	26,11	91,21	16,83	85,92	250,87
Total	1,00	100,0	286,3	100,0	19,58	100,00	300,00

* Se incluyen sólo cinco especies de un total de 125 identificadas.

Al analizar cada parámetro por separado (Cuadro 1), y considerando los parámetros estudiados, *P. maculosa* fue superior a las otras especies, ya que su abundancia (30,7%), frecuencia (22,7%) y dominancia (29%) son superiores a las otras especies. En relación a la abundancia, en segundo orden se encontraron *Tetragastris panamensis*, *Quararibea* sp., *Pouteria* spp. y *V. ferruginea*, con una abundancia muy similar entre éstas. De acuerdo a la frecuencia, después de *P. maculosa*, la especie mejor distribuida fue *T. panamensis*, con una frecuencia de 2,9%. Valores similares de frecuencia presentaron *Pouteria* spp., *Quararibea* sp. y *V. ferruginea*. Entre las especies con mayor dominancia estuvieron *Pouteria neglecta*, *T. panamensis*, *V. ferruginea* y *Tapira guianensis*.

De acuerdo a la calidad comercial de las especies el grupo "otras especies" presentó mayor importancia ecológica en este bosque explotado, con un IVI de 250,9% (83,6% del bosque) (Cuadro 1). En orden decreciente se encontró el grupo de especies de mediano valor comercial, con un IVI igual a 30,7% (10,2% del bosque). En último lugar se encontraron las especies de alto valor comercial. Este hecho hace evidente la explotación selectiva que tuvo este bosque. Árboles maduros de *V. ferruginea* y *Carapa guianensis* fueron selectivamente extraídos en el aprovechamiento aplicado.

1.2 Latizal: Para el total de las especies, *Virola sebifera* presentó la mayor abundancia, con 144 plantas/ha (20,6% del total) (Cuadro 2). Siguió *Laetia procera* con 122 plantas/ha (17,4%), *P. maculosa* con 39 (4,5%), *Ryania speciosa* con 29 (4,1%) y *V. ferruginea* con 27 (3,9%). Por grupo comercial, el grupo "otras especies" dominó la abundancia y frecuencia, con 517 plantas/ha (67,5%) y una ocupación de 68,0% (Cuadro 2).

1.3 Brinzal: La especie más abundante encontrada fue *P. maculosa*, con 2475 plántulas/ha (Cuadro 3). En orden de abundancia le siguieron *Miconia* sp., *Laetia procera*, *Porouma aspera* y *Caesaria arborea* con 1380, 1120, 657 y 552 individuos/ha respectivamente. Al observar la frecuencia, nuevamente *P. maculosa* fue la especie mejor distribuida en el bosque, con un 15,3% de ocupación de sitio (Cuadro 3). De acuerdo al

valor comercial de las especies, de las 11 129 plantas/ha encontradas, el 90,5% de la abundancia estuvo representado por el grupo "otras especies". Las especies de alto valor comercial sólo ocuparon un 5,4% y las de mediano valor un 4,1% del total. Para la frecuencia, el patrón de ocupación fue el mismo (Cuadro 3).

2. Caracterización estructural:

2.1 Organización horizontal: Del total de individuos, incluyendo las tres clases de tamaño muestreadas y sin considerar la calidad comercial de las especies, el 92,1% estuvo representado por los brinzales, el 5,7% por latizales y el 1,9% por fustales (Cuadro 4). El total relativo para los fustales es ligeramente inferior al 2,5% reportado por Manta (1988) para un bosque secundario en la misma región de estudio. Posiblemente algunos individuos de otras especies se cortaron y eliminaron con la extracción de las especies comerciales. No se descarta la posibilidad de que estos bosques fueran originalmente diferentes. Como era de esperar, el número de individuos es cada vez inferior conforme se avanza en las clases de tamaño, aspecto característico de los bosques húmedos tropicales (Dawkins 1958, Baur 1964, Rollet 1980).

2.2 Número de árboles y área basal para la clase de tamaño fustal: En total se encontraron 286 árboles/ha con un DAP mayor a 10 cm (Cuadro 5). El 52,7% de los árboles se encontraron en la clase diamétrica 10-19,9 cm, y el 87% se presentó con diámetros inferior a 40 cm. Esta distribución diamétrica es característica de los bosques naturales tropicales, y similar a las distribuciones encontradas por Hartshorn (1972), Hertwitz (1986) y de Graaf (1986), en las cuales se reportó una alta concentración de árboles en las clases diamétricas inferiores (Figura 1a).

El área basal para los fustales del bosque estudiado fue de 19,6 m²/ha, la cual estuvo mayormente representada en la clase diamétrica 30-39,9 cm, con un 17,1% (Cuadro 5, Figura 1a). El 75% del área basal correspondió a diámetros menores de 60 cm. Si se suma a esta cantidad los 5,4 m²/ha extraídos en la explotación, se estima que el bosque tuvo un área basal de 25,0 m²/ha,

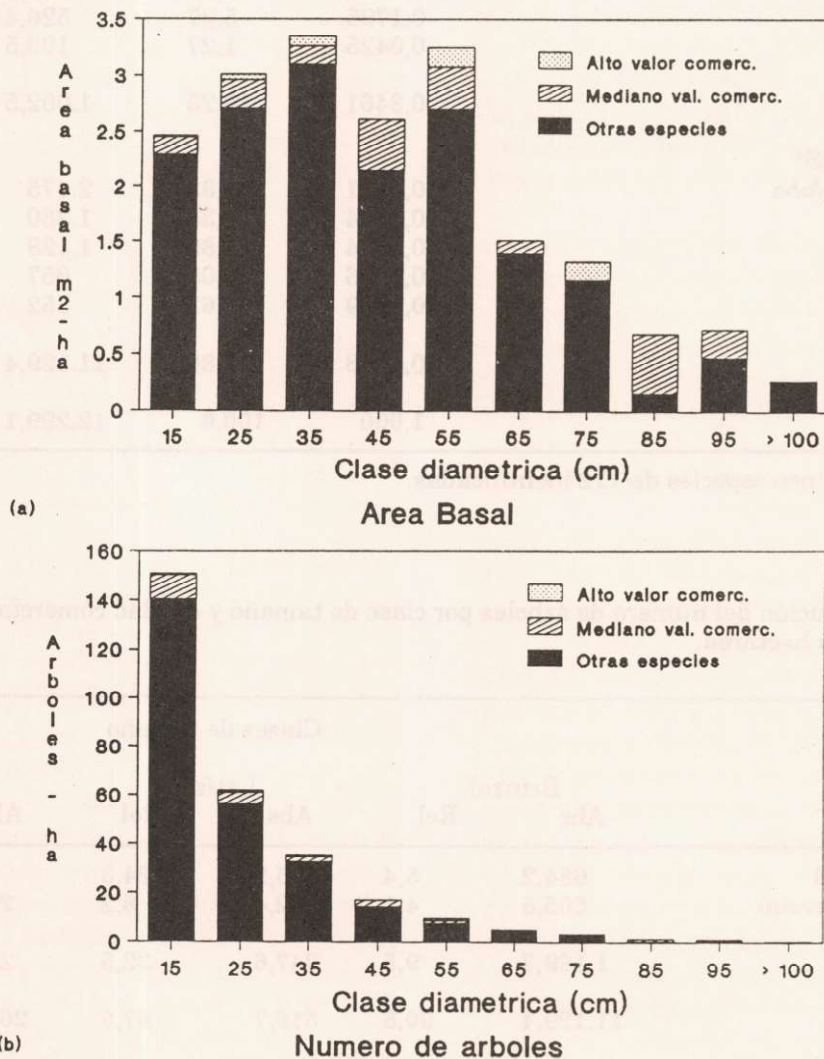
Cuadro 2. Frecuencia y abundancia para la clase de tamaño latizal, según calidad comercial de las especies.

Grupo comercial	Frecuencia		Abundancia	
	Abs	Rel	Abs	Rel
ALTO VALOR COMERCIAL				
<i>Carapa guianensis</i>	0,0098	0,68	3,9	0,51
<i>Lecythis ampla</i>	0,0033	0,23	1,3	0,17
<i>Minguartia guianensis</i>	0,0065	0,45	3,9	0,51
<i>Terminalia amazonia</i>	0,0033	0,23	1,3	0,17
<i>Vatairea lundelli</i>	0,0065	0,45	3,9	0,51
<i>Vochysia ferruginea</i>	0,0556	3,88	27,3	3,57
Subtotal	0,0850	5,92	41,6	5,43
MEDIANO VALOR COMERCIAL				
<i>Brosimum guianensis</i>	0,0098	0,68	3,9	0,51
<i>Dussia macrophyllata</i>	0,0033	0,23	5,2	0,68
<i>Dipteryx panamensis</i>	0,0294	2,05	20,8	2,72
<i>Ormosia isthmensis</i>	0,0033	0,23	2,6	0,34
<i>Otoba novogranatensis</i>	0,0033	0,23	1,3	0,17
<i>Qualea spp.</i>	0,0098	0,68	5,2	0,68
<i>Tapiria guianensis</i>	0,0359	2,51	14,3	1,87
<i>Virola koschnyi</i>	0,0131	0,91	5,2	0,68
<i>Virola sebifera</i>	0,2549	17,81	144,3	18,88
<i>Vitex cooperi</i>	0,0033	0,23	1,3	0,17
Subtotal	0,3661	26,01	205,9	27,04
OTRAS ESPECIES*				
<i>Laetia procera</i>	0,2059	14,38	122	17,44
<i>Pentaclethra macroloba</i>	0,0556	3,88	31	4,45
<i>Ryania speciosa</i>	0,0621	4,34	29	4,08
<i>Euphorbiaceae ?</i>	0,0523	3,65	25	3,52
<i>Licaria sp.</i>	0,0490	3,42	21	2,96
Subtotal	0,5424	68,03	516,7	67,51
Total	1,000	100,00	764,3	100,00

* Se incluyen sólo cinco especies de un total de 142 identificadas.

Cuadro 5. Distribución diamétrica del área basal y el número de árboles según calidad comercial.

Clase diamétrica (cm)	Alto valor comercial				Mediano valor comercial				Otras especies			
	Área basal (m ² /ha)		Árboles (ha)		Área basal (m ² /ha)		Árboles (ha)		Área basal (m ² /ha)		Árboles (ha)	
10,0-19,9	0,01	0,2	0,65	0,4	0,16	6,4	9,8	6,5	2,29	93,3	140,6	93,1
20,0-29,9	0,05	1,7	0,98	1,6	0,25	8,2	4,6	7,4	2,71	90,1	56,5	90,1
30,0-39,9	0,09	2,8	0,98	2,7	0,16	4,7	1,9	5,5	3,10	92,6	32,9	91,8
40,0-49,9	-	-	-	-	0,46	17,6	2,3	13,5	2,15	82,5	14,7	86,5
50,0-59,9	0,17	5,2	0,65	6,8	0,38	11,8	1,3	13,7	2,70	83,1	7,5	79,4
60,0-69,9	-	-	-	-	0,11	7,4	0,3	6,7	1,40	92,6	4,6	93,3
70,0-79,9	0,16	9,1	0,33	10,0	-	-	-	-	1,16	91,0	2,9	90,0
80,0-89,9	-	-	-	-	0,52	75,6	1,0	75,4	0,16	24,4	0,3	24,6
90,0-99,9	-	-	-	-	0,24	33,4	0,3	33,0	0,48	66,6	0,7	67,0
mayor 100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	0,27	100,0	0,3	100,0
Total	Abs	Rel										
			0,48	3,59	2,28	2,15	16,42	261				
			2,50	1,55	11,79	7,52	85,61	91,23				

**Figura 1.** Distribución diamétrica del área basal y número de árboles por hectárea para la clase de tamaño fustal según grupo comercial de las especies.

ocupación relativamente menor a los 28,2 m²/ha estimados por Hartshorn (1972) para el bosque virgen de la Estación Biológica La Selva, Costa Rica.

2.3 Organización estructural de los grupos comerciales. En este apartado sólo se consideraron los fustales, pues desde el punto de vista silvicultural representan la cosecha próxima futura y sobre éstos se concentran los tratamientos silviculturales. En general, sólo se observó una tendencia clara en la distribución del número de árboles del grupo "otras especies" (Cuadro 6, Figura 1b). Para las especies de alto y mediano valor comercial se encontraron pocos individuos en las clases inferiores, casi manteniéndose constante a lo largo de la curva. Sólo se presentó una clase donde el grupo "otras especies" fue superado, la cual fue 80-89,9 cm. En general, las especies de alto valor estuvieron mal representadas en las diferentes clases diamétricas, y el total de individuos con DAP mayor de 10 cm sólo representó un 1,2%. Similar ocupación se observó para el grupo de mediano valor comercial.

La distribución de los grupos comerciales de interés refleja el comportamiento de especies que no toleran la sombra, lo que se manifiesta por la ausencia de éstos en algunas clases diamétricas. Caso contrario se presenta en el grupo "otras especies", donde existen especies que regeneran continuamente, como es el caso de *P. macroloba* (Hartshorn 1972, 1983).

El área basal presentó una alta dominancia del grupo "otras especies". Del total de 19,6 m²/ha, el 91,2% estuvo aportado por este grupo. Sólo en la clase 80-89,9 cm este grupo estuvo menor representado. El grupo de alto valor comercial sólo ocupó un 2,4% del área basal total. Este grupo no presentó individuos con diámetros mayor a 80 cm, lo que se explica por la extracción selectiva a que fue sometido el bosque.

2.4 Posición silvicultural de los grupos comerciales en la clase de tamaño fustal: Para obtener una clara idea de las posibilidades silvícolas de este bosque explotado, se estudió la posición relativa de los individuos de esta clase de tamaño en el plano vertical del bosque (Figura 2). De estas estimaciones se obtuvo que, del total de indivi-

Cuadro 6. Clasificación de las especies comerciales de la clase de tamaño fustal por grupo ecológico.*

Especie	Grupo ecológico*
ALTO VALOR COMERCIAL	
<i>Carapa guianensis</i>	4
<i>Lecythis ampla</i>	4
<i>Minguartia guianensis</i>	5
<i>Terminalia amazonia</i>	4
<i>Vatairea lundelli</i>	4
<i>Vochysia ferruginea</i>	2
MEDIANO VALOR COMERCIAL	
<i>Brosimum guianensis</i>	6
<i>Colophyllum brasiliensis</i>	4
<i>Dussia macrophyllata</i>	3
<i>Dipteryx panamensis</i>	6
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	3
<i>Ormosia isthmensis</i>	4
<i>Otoba novogranatensis</i>	4
<i>Qualea</i> spp.	4
<i>Sacoglottis trychogyna</i>	4
<i>Tapirira guianensis</i>	3
<i>Virola koschnyi</i>	4
<i>Virola sebifera</i>	4
<i>Vitex cooperi</i>	3
OTRAS ESPECIES	
<i>Laetia procera</i>	3
<i>Miconia</i> spp.	(2)
<i>Pentaclethra macroloba</i>	4
<i>Porouma aspera</i>	3

* Grupo ecológico según Finegan (1988): 2. Heliófito durable de rápido crecimiento. 3. Heliófito durable de crecimiento regular. 4. Esciófito parcial. 5. Esciófito total. 6. Grupo ecológico no definido. (2) Posiblemente pertenece al grupo señalado.

duos muestreados en el grupo de alto valor comercial, sólo un 1% presentó altas posibilidades de surgir. Asimismo, se encontró que el 84% de los individuos de interés comercial están con pocas posibilidades de surgir (oprimidos), lo que dificulta su desarrollo. Por otro lado, el grupo "otras especies", considerado sin valor comercial, es el que presentó mayores posibilidades de desa-

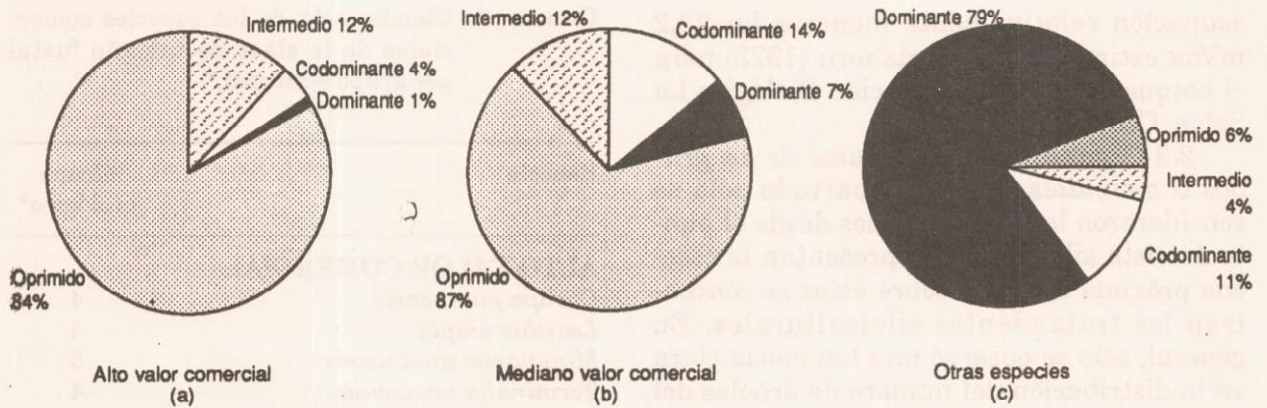


Figura 2. Posición relativa de la copa en el estrato para la clase de tamaño fustal según grupo comercial de las especies.

rollo, ya que un 79% de los individuos tiene una buena posición en el plano vertical del bosque.

2.5 Exigencias de los grupos comerciales de alto y mediano valor comercial para el manejo: El número de árboles de alto y mediano valor comercial es muy reducido, aspecto ya discutido. Únicamente fueron encontrados 25 árboles/ha con un DAP mayor a 10 cm; y de éstos seis presentaron diámetros superiores a 40 cm (Cuadro 5), los cuales representan la cosecha próxima. Estas existencias totales no alcanzan el grado de ocupación mínimo de 150 individuos/ha con DAP entre 10 y 50 señalados por Dawkins (1958) para el manejo del bosque natural tropical en general. En área basal, los grupos comerciales ocupan 2,75 m²/ha, ocupación relativamente baja para el manejo sostenido del bosque a partir de esta clase de tamaño.

En relación a las otras categorías de tamaño, las existencias encontradas fueron más altas. En la clase latizal, se encontró un total de 247 plantas/ha, aportando las especies de alto valor más del 70% (Cuadro 3). Esta ocupación supera ligeramente el óptimo de 240 plantas (60% de ocupación) requeridas para el manejo según Dawkins (1958). Podría pensarse que en el futuro, los fustales están asegurados, máxime que se trata de un bosque intervenido.

El número de brinzales superó 1160 plántulas/ha en especies valiosas para el manejo, con más del 55% representado por especies de alto valor comercial. Dawkins (1958) consideró que una ocupación de 1000

plántulas/ha en un bosque es suficiente para iniciar el manejo con base a su regeneración natural.

3. Interpretación ecológica de la regeneración: En vista de la importancia de la clase de tamaño fustal, sobre ésta se ha enfocado la discusión (Cuadro 6). Para el grupo heliófitas durables de rápido crecimiento, sólo *Vochysia ferruginea* fue así clasificada. Según Finegan (1988) y Manta (1988) las especies de este grupo ecológico se caracterizan por establecerse y crecer bajo dosel, pero requieren de claros, aunque pequeños para crecer en etapas posteriores.

La presencia de individuos de *V. ferruginea* en la clase de tamaño fustal puede deberse entonces a las perturbaciones naturales de pequeña escala que ocurren en el bosque, debido a fenómenos como caída de árboles vivos y muertos, vientos fuertes y tormentas, entre otros.

En los latizales, las limpias antes del aprovechamiento, así como la apertura del estrato superior por la cosecha, favorecieron el establecimiento y desarrollo de *V. ferruginea*. El muestreo de regeneración se realizó de 3 a 3,5 años después del aprovechamiento, tiempo suficiente para que esta especie se establezca y crezca (Finegan 1988). La ausencia de brinzales de esta especie podría atribuirse a la poca cantidad de luz en el piso del bosque para que las semillas germinen y las plántulas se desarrollen.

Vitex cooperi, *Dussia macroprophyllata*, *Hyeronima alchorneoides* y *T. guianensis* se clasifican dentro del grupo heliófitas dura-

bles de crecimiento regular, especies con características ecológicas muy similares al grupo antes discutido. La escasa abundancia y pobre distribución en la clase fustal, aspectos también observados en otros bosques de la región (Werner 1985, Peralta et al. 1987, Manta 1988), junto con otros factores como producción de semillas y luz posiblemente han limitado el establecimiento y desarrollo de individuos en las clases de regeneración menor.

Los grupos ecológicos con mayor cantidad de especies en este bosque son las esciófitas parciales y totales. Entre las esciófitas parciales sobresalió *V. sebifera*. Dada los requerimientos de las especies de este grupo, posiblemente los tratamientos aplicados al bosque favorecieron el establecimiento de esta especie; sin embargo, son pocos los estudios fenológicos de las especies del bosque natural, lo cual dificulta entender el comportamiento regenerativo de este grupo de especies. *C. guianensis*, clasificada también como esciófita, presenta una fructificación anual, con abundante producción cada 2-3 años (McHargue y Hartshorn 1981). Este comportamiento reproductivo limita el establecimiento de plantas, lo que podría explicar la ausencia de plántulas de las especies de este grupo ecológico en las clases de regeneración inferiores.

Como esciófitas totales clasificaron *Minuartia quianensis* y *Sacoglottis trichogyne*, posiblemente el *Vantanea barbouri* también clasifique como tal. Según Finegan (1988), las especies de este grupo se establecen bajo sombra, haciéndolo lentamente, o no crecen del todo, pero pueden sobrevivir en estado de supresión. Además, éstas regeneran continuamente, con individuos en cualquier clase de tamaño, dando una población disetánea para la especie o grupo, reflejado en el presente estudio por el grupo comercial "otras especies".

Es importante notar que las especies clasificadas como no comerciales clasifican mayormente como heliófitas durables de crecimiento regular. Las intervenciones efectuadas favorecieron el establecimiento y crecimiento de éstas. Resultados similares fueron encontrados por Manta (1988), señalando además que el aprovechamiento selectivo y la buena capacidad de dispersión de

semillas que poseen estas especies permite el establecimiento y desarrollo efectivo de las plantas.

4. Consideraciones finales para el manejo: Según el marco teórico expuesto por Dawkins (1958) y exceptuando la clase de tamaño fustal, el bosque boscoso presentó una ocupación óptima para el manejo de latizales y brinzales. Bajo estas condiciones, el principal tratamiento silvicultural debe estar orientado hacia la estimulación del desarrollo y crecimiento de las clases de regeneración inferiores, teniendo también presente el favorecer los fustales de especies valiosas para el manejo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a J. R. Rojas (qdp) del Proyecto Forestal Cuatro Esquinas S.A. por el apoyo logístico brindado. A L. J. Poveda, N. Zamora y Q. Jiménez por la identificación botánica de las especies. A los revisores B. Finegan, C. Sabogal, I. Hutchinson, R. Quesada, D. Rodríguez, R. Butterfield, J. Pérez y O. Chinchilla por sus valiosos comentarios y críticas.

REFERENCIAS

- BAUR, G. N. 1964. The ecological basis of rain forest management. Forest Commission of New Wales/FAO. Sydney, Australia. 466 pp.
- BOURGERON, P. 1983. Spatial aspects of vegetation structure, pp. 29-47. In F. Golley(ed.). Tropical rain forest ecosystems: structure and function. Netherland, Elsevier.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1979. Fitosociología: Base para el estudio de las comunidades vegetales. Trad. por J. Jo Lalucalt. Madrid, España. Ediciones H. Blume. 820 pp.
- BRUNING, E. F. 1983. Vegetation structure and growth, pp. 49-75. In F. Golley (ed.). Tropical rain forest: structure and function. Amsterdam, Netherland, Elsevier.
- CURTIS, J. T. y R. P. McINTOSH. 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. Ecology 31: 434-455.

- DAWKINS, H. C. 1958. The management of natural high forest with special reference to Uganda. *Common. For. Ins. Paper No. 34*. 155 pp.
- DAWKINS, H. C. 1963. Crown diameters: their relation to bole diameters in tropical forest trees. *Commonw. For. Rev.* 42: 318-333.
- DE GRAAF, N. R. 1986. A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname. Agricultural University, Wageningen. 250 pp.
- FINEGAN, B. 1988. Los grupos ecológicos de las especies forestadas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 12 pp.
- FINEGAN, B. y C. SABOGAL. 1988. El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura: Un estudio de caso en Costa Rica. *El Chasqui* N° 17: 3-24.
- FINEGAN, B. y C. SABOGAL. 1988. El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura: Un estudio de caso en Costa Rica. *El Chasqui* N° 18: 16-24.
- FINOL, H. 1970. Nuevos parámetros a considerar en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 17 pp.
- FRANCIS, E. C. 1966. Crowns, boles and timber volumes from aerial photographs and field surveys. *Commonw. For. Rev.* 45: 32-66.
- GRAY, B. 1975. Size, composition and regeneration of *Araucaria* stands in New Guinea. *J. Ecol.* 63 (1): 273-289.
- GREIG-SMITH, P. 1983. Quantitative plant ecology. *Studies in ecology*. Vol. 9 3er. Edición. University of California Press. California. 359 p.
- HARTSHORN, G. S. 1972. The ecological life history and population dynamics of *Pentaclethra maculosa* a tropical wet forest dominant and *Stryphnodendron excelsum* and occasional associate. Ph.D. Thesis, University of Washington, Washington, USA. 119 pp.
- HARTSHORN, G. S. 1983. Plants, pp. 158-183. In D. Janzen (ed.). *Costa Rica Natural History*. University of Chicago Press.
- LAMPRECHT, H. 1962. Ensayo sobre métodos para el análisis estructural de los bosques tropicales. *Acta Científica Venezolana* 13 (2): 57-65.
- LAMPRECHT, H. 1964. Ensayo sobre la estructura florística de la parte sur-oriental del bosque Universitario El Caimital. *Rev. For. Venez.* 7 (10-11): 77-199.
- LIEBERMAN, D., M. LIEBERMAN, R. PERALTA y G. S. HARTSHORN. 1985. Mortality patterns and stand turnover rates in a wet forest in Costa Rica. *J. Ecol.* 73: 915-924.
- McHARGUE, L. A. y G. S. HARTSHORN. 1981. Seed and seedling ecology of *Carapa guianensis*. *Turrialba* 33 (4): 399-404.
- MANTA, M. I. 1988. Análisis silvicultural de dos tipos de bosque húmedo de bajura en la vertiente atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sci., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 152 pp.
- OLDEMAN, R. A. A. 1983. Tropical rain forest, architecture, silvigenesis and diversity, pp. 139-150. In S. L. Sutton, T. C. Withmore y T. Chadwick (eds.). *Tropical rain forest: Ecology and management*. Blackwell, Oxford.
- PERALTA, R., G. S. HARTSHORN, D. LIEBERMAN y M. LIEBERMAN. 1987. Estudios a largo plazo sobre composición florística y dinámica del bosque húmedo tropical en La Selva, Costa Rica. pp. 41-54. In D. A. Clark y R. Dirzo (eds.). *Ecología y efisiología de plantas en los bosques Mesoamericanos*. *Biología Tropical* 35 (Supl. 1).
- RICHARDS, S. L. 1976. *The tropical rain forest: An ecological study*. Cambridge University Press, London. 459 pp.
- ROLLET, B. 1963. La régénération naturelle en forêt dense humide sempervirente de plaine de la Guyane vénézuélienne. *Bois et Forest des Tropiques* 124: 19-38.
- ROLLET, B. 1980. Organización, pp. 126-162. In UNESCO, PNUMA y FAO

(eds.). Ecosistemas de los bosques tropicales: informes sobre el estado de conocimiento. Roma, Italia.

ROLLET, B. 1983. La régénération naturelle dans les trouées. Un processus général de la dynamique des forêts tropicales humides. I. Bois et Forest des Tropiques 202: 19-34.

SYNNOTT, T. S. 1979. A manual of permanent plot procedures for tropical rain forest. Commonw. For. Ins. Paper No. 14. 67 pp.

TOSI, J. E. 1969. Mapa ecológico de Costa Rica. Escala 1:750000. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.

WERNER, P. 1985. La reconstitution de la forêt tropicale humide au Costa Rica. Analyse de croissance et dynamique de la végétation. Thesis Dr. Institute de Botanique, Université de Lausanne, France. 173 pp.

WHITE, H. H. Jr. 1963. Variation and stand structure correlated with altitude in Luquillo Mountains. Caribbean Forester 24 (1): 46-52.

WITHMORE, T. C. 1984. Tropical rain forest of the far east. Oxford, Clarendon Press. 341 pp.

ZEAZER, D. 1979. Inventario forestal, finca Cuatro Esquinas S.A. San José, Costa Rica. 33 pp. (mimeo).