

# EFECTOS DEL APROVECHAMIENTO FORESTAL Y DEL TRATAMIENTO SILVICULTURAL EN UN BOSQUE LLUVIOSO DEL NORESTE DE COSTA RICA

## Crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial

Marlen Camacho\*  
Bryan Finegan\*

### Descripción del sitio

Este estudio se realizó en un bosque primario aprovechado perteneciente a la finca La Tirimbina Rain Forest Center Inc., la cual se localiza en la Región Huetar Norte de Costa Rica, entre las coordenadas 10°24' latitud norte y 84°47' longitud oeste. Según la clasificación de Holdridge, la zona pertenece al bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) y bosque muy húmedo premontano, transición a Basal (bmh-P) (Manta 1988). La temperatura media anual es de 25,3°C, con máximas y mínimas promedio de 26,2°C y 23,4°C, respectivamente. La precipitación media anual se estima en 3 864 mm, con ausencia de meses secos (Manta 1988). Los suelos pertenecen al orden de los Dystropepts, son ácidos (pH entre 3,9 y 4,5) e infértiles y se componen de arcillas de origen volcánico, muy meteorizadas (Manta 1988). El bosque primario de La Tirimbina ocupa un área de aproximadamente 80 ha y fue aprovechado al menos en dos ocasiones: 1962 y 1980.

### Métodos

El estudio se desarrolló en una superficie de 29,2 ha, dividida en nueve bloques de 180 x 180 m, con una superficie central efectiva de medición, o parcela permanente, de 100 x 100 m (1 ha) y una faja amortiguadora de 40 m de ancho. Se realizó un aprovechamiento planificado en toda el área, entre 1989 y 1990, con una intensidad moderada para mantener la estructura disetánea del rodal. Los detalles técnicos de este aprovechamiento se reseñan en Quirós y Finegan (1994).

Para el estudio de crecimiento se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones: testigo, liberación con

refinamiento parcial y dosel protector, aunque en este estudio solo se reseñan los resultados de los dos primeros. Los bloques del grupo testigo fueron aprovechados pero no recibieron ningún tratamiento silvicultural. Los bloques del tratamiento liberación con refinamiento parcial fueron tratados en 1991, mediante la eliminación de árboles de especies no comerciales con  $dap \geq 40$  cm, salvo aquellos ejemplares marcados para la conservación (etapa de refinamiento parcial), y de los árboles con  $dap \geq 10$  cm, de cualquier especie (salvo los semilleros o de especies de importancia ecológica), que en un radio de 10 m, competirán u oprimirán árboles seleccionados para futura cosecha (etapa de liberación). La eliminación se realizó por anillamiento del fuste y aplicación de un arboricida. El resultado visual es un bosque con el estrato superior bastante abierto y los estratos medio e inferior relativamente densos. Antecedentes técnicos sobre este tipo de tratamiento silvicultural en bosques húmedos tropicales se encuentran en De Graaf (1986), Hutchinson (1987) y Jonkers (1987).

El área de cada PPM fue dividida en 25 subparcelas de 20 x 20 m. En cada subparcela, los individuos con  $dap \geq 10$  cm fueron marcados en el punto de medición, identificados con un código numerado, localizados por un sistema de coordenadas cartesianas y medidos en el diámetro de referencia con cinta diamétrica ( $\pm 1$  mm).

La identificación botánica de cada individuo se llevó a cabo en el campo, o por medio de muestras botánicas, y fue realizada por Nelson Zamora (dendrólogo del Instituto Nacional de Biodiversidad, INBIO, Costa Rica).

Para cada individuo medido, se estimó la exposición de la copa a la luz, la forma de la copa y la infestación por lianas, mediante escalas

\* Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales, CATIE, Turrialba, Costa Rica

adaptadas de Dawkins (1958), Synnott (1979) y Hutchinson (1987), respectivamente. En cada medición, se identificaron, marcaron y midieron los ingresos, así como los árboles muertos y la causa de su muerte: aprovechamiento, natural (de pie o en el suelo) o por causa del tratamiento silvicultural. Las mediciones anuales se iniciaron en 1988 en las parcelas 3, 4 y 8 y en 1990 en las otras seis parcelas, aunque se presentan en este análisis únicamente los resultados de los registros de 1990 a 1996.

El estudio del crecimiento diamétrico comprendió los individuos que mostraron al menos una medida de incremento en los cinco años de medición. Se excluyeron las palmas, ya que estas no poseen estructuras anatómicas de crecimiento secundario. Además, se eliminaron del estudio los incrementos anuales menores a 2 mm y mayores a 50 mm, pues se consideró que los mismos no eran confiables.

Los análisis efectuados consistieron en comparaciones para encontrar posibles diferencias entre tratamientos, así como correlaciones para probar la posible asociación de variables. Los programas utilizados fueron el Proc NPAR1WAY y el Proc CORR del SAS Institute Inc (1985).

Para el agrupamiento de especies según su velocidad de crecimiento, se trabajó con aquellas que poseían abundancias iguales o mayores a un árbol/ha y cuyos individuos estuvieron presentes durante todo el período en estudio. Para cada especie se calculó el primer cuartil, la mediana y el tercer cuartil de su correspondiente incremento medio anual (IMA). Con base en estos tres parámetros de la distribución del IMA, se ejecutó varias veces un análisis de conglomerados, con el objetivo de probar el agrupamiento de las especies según su velocidad de crecimiento en cuatro, cinco y seis grupos. El método seleccionado para formar los grupos fue el Ward y como medida de similitud entre especies se utilizó la distancia euclidiana al cuadrado (Proc CLUSTER de SAS). Como paso posterior, se aplicó el análisis de varianza y la prueba de comparación de Tukey para tener una idea de cómo se diferenciaban los distintos grupos probados, según las variables que los originaron, y decidir finalmente el número de grupos óptimo por tratamiento (Proc GLM de

SAS). Los resultados del análisis de conglomerados para los grupos seleccionados fueron validados por medio de un análisis de discriminantes (Proc DISCRIM de SAS). Para completar, se efectuó un análisis canónico discriminante como una herramienta más para visualizar la conformación de los grupos seleccionados (Proc CANDISC de SAS).

Finalmente, se evaluó la población de árboles de futura cosecha, según los grupos de velocidad de crecimiento definidos en el análisis anterior.

## Resultados y discusión

### Caracterización del bosque

Entre 1990 y 1996, se realizaron 259 identificaciones botánicas para los árboles y palmas con 10 cm o más de dap; se estima que estas pertenecen a 152 géneros y 92 familias. En total, se encontraron 51 especies con valor comercial actual, y de manera preliminar, 35 especies se clasificaron en el grupo ecológico de las heliófitas durables y 16 en el de las esciófitas. Este último grupo representa cerca del 60% del número de árboles y el 70% del área basal comercial.

En promedio, el bosque aprovechado de La Tirimbina tiene 103 especies por hectárea ( $dap \geq 10$  cm), cifra bastante similar a la reportada por Lieberman y Lieberman (1987) en bosques no alterados de la misma región. A pesar de su alta riqueza florística, estos bosques están dominados por *Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze (31 % del área basal total), la cual es, además, la más abundante (14 % del total de individuos) en cualquier tratamiento. Bosques de este tipo son típicos de la zona atlántica de Costa Rica y Nicaragua, como lo reportan otros estudios realizados en esta región (Lieberman y Lieberman 1987, Peralta *et al.* 1987, Finegan y Sabogal 1988, Morales y Sibaja 1994, Castillo 1994).

Desde el inicio, las parcelas testigo mostraron un mayor número de individuos (Cuadro 1), debido a que en las mismas existe una mayor cantidad de árboles de diámetros pequeños, en especial en la parcela 8, la cual parece estar en una fase de intensa recuperación de una posible intervención anterior. Contrario al número de árboles, las parcelas tratadas tenían inicialmente un área basal

superior al área basal de las parcelas testigo, aunque en el grupo de las especies comerciales los promedios son similares al inicio y al final del estudio (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Cambios florísticos y estructurales por tratamiento, con base en tres mediciones (dap  $\geq$  10 cm) en el bosque aprovechado, Finca La Tirimbina**

	Medición 1990		Mortalidad *			Reclutas	Medición 1993		Mortalidad *			Reclutas	Medición 1996	
	Apr		Dañ	Trat	Nat		Apr		Dañ	Trat	Nat		Apr	
<b>Testigo</b>														
N. especies	178		19	-	30		179	-	-	-	26		183	
Especies/ha	103 (5)		-	-	-	-	105 (5)	-	-	-	-	-	109 (10)	
N total/ha	504 (77)	1	10	-	32	44	504 (97)	-	-	-	30	61	533 (94)	
N com./ha	173 (16)	1	4	-	7	17	178 (30)	-	-	-	5	16	189 (36)	
G total/ha	21,9 (1,8)	0,4	0,4	-	1,3	0,4	22,2 (0,7)	-	-	-	1,0	0,7	23,7 (1,1)	
G com./ha	12,8 (2,4)	0,4	0,2	-	0,7	0,2	12,9 (1,6)	-	-	-	0,4	0,2	13,9 (1,7)	
% mortal**					2,1								1,9	
<b>Liberación</b>														
Tot. especies	172	4	19	51	31		171	-	1	10	33		168	
Especies/ha	100 (9)						94 (8)						97 (7)	
N total/ha	483 (77)	2	31	55	32	31	393 (54)	-	1	14	39	79	418 (64)	
N com./ha	178 (55)	2	15	26	9	7	133 (19)	-	-	3	8	24	146 (26)	
G total/ha	25,1 (3,4)	1,0	0,9	5,0	1,4	0,3	18,6 (1,7)	-	0,0	1,5	1,4	0,9	18,8 (1,4)	
G com./ha	15,5 (1,4)	1,0	0,5	2,8	0,7	0,1	11,7 (1,5)	-	-	0,3	0,4	0,3	12,7 (1,3)	
% mortal**					2,3								3,6	

Los valores corresponden a promedios y desviaciones estándar (entre paréntesis) obtenidos a partir de 3 parcelas de 1 ha por tratamiento.

\* Mortalidad: Apr = árboles aprovechados, Dañ = dañados durante el aprovechamiento, Trat = eliminados con la aplicación del tratamiento, Nat = muertos por causas naturales.

\*\* Tasa de mortalidad natural (modelo logarítmico) =  $100 (\log_e N_i - \log_e N_f) / t$ , donde "N<sub>i</sub>" es el número inicial de árboles, "N<sub>f</sub>" es el número final de árboles y "t" es el tiempo (Lieberman y Lieberman 1987).

El bosque de La Tirimbina muestra valores dasométricos algo superiores a otros bosques aprovechados de la misma zona de vida. Morales y Sibaja (1994) dan promedios de 334 individuos/ha y 21,8 m<sup>2</sup>/ha de área basal, en bosques intervenidos de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

Para bosques no aprovechados de esta zona, Finegan y Sabogal (1988) reportan valores de 431 árboles/ha y un área basal de 29,1 m<sup>2</sup>/ha; mientras que Lieberman y Lieberman (1987) encontraron en promedio 446 árboles/ha y un área basal de 27,8 m<sup>2</sup>/ha.

En el periodo 1990 a 1993, la mortalidad total alcanzó promedios de 43 árboles/ha en el testigo y 120 árboles/ha en el tratamiento de liberación, mientras que el periodo 1993 a 1996, los valores fueron de 30 y 54 árboles/ha respectivamente (Cuadro 1). A nivel de la población, las especies más representadas entre los árboles muertos son *P. macroloba* y *F. panamensis* en el grupo testigo (particularmente en la parcela 8), y *P. macroloba* en el tratamiento de liberación. Las tasas de mortalidad natural para todo el período de estudio están en un rango entre 1,9 y 3,6 %, lo cual es-

tá dentro del rango citado por Alder (1995) para bosques que han sufrido disturbios en años recientes (de 1 a 5 %).

Las especies más representadas entre los reclutas son *Ferdinandusa panamensis*, *Pentaclethra macroloba*, *Laetia procera* y *Miconia elata*; sin embargo, los individuos de estas especies no se distribuyen en forma similar en toda el área. Por ejemplo, el 93% de los ingresos de *F. panamensis* y el 75% de los de *L. procera* proceden de las parcelas testigo (en especial de la parcela 8, donde el reclutamiento se concentra a lo largo de un viejo camino de extracción). Los valores de reclutamiento muestran también dos periodos marcados: entre 1990 y 1993, las parcelas testigo alcanzaron un promedio de 44 árboles reclutados/ha y 31 árboles/ha en el tratamiento liberación; mientras que entre 1993 y 1996, los promedios son de 61 y 79 árboles reclutados/ha, respectivamente (Cuadro 1).

### Creclimiento del rodal

Como se ha reportado en estudios similares (Lieberman y Lieberman 1987, Kohyama y Hara 1989,

Sheil 1995), se observa en todos los tratamientos y en todas las clases diamétricas una amplia variación en los incrementos, con distribuciones asimétricas y sesgos positivos, donde los valores promedios, modales y medianos están más cerca del valor mínimo que del máximo y los valores mediano y modal son generalmente inferiores al promedio. Siguiendo esta tendencia, los incrementos diamétricos a nivel de la población oscilan entre 2 y 48 mm/año, con medianas entre 3,5 y 6,0 mm/año y promedios entre 3,5 y 6,4 mm/año. En el grupo de especies no comerciales se obtuvieron incrementos medianos entre 2 y 4 mm/año, mientras que en el grupo de especies comerciales, así como en el grupo de futura cosecha, se obtuvieron incrementos promedios anuales en un rango de 5 y 7 mm/año. De hecho, el grupo de las especies comerciales está conformado por especies del dosel, con copas mejor expuestas a la luz y posiblemente mejor conformadas, y como se verá adelante, los individuos en cada una de estas categorías reportan los mayores incrementos.

Una comparación entre testigo y tratamiento revela que existen dos periodos de crecimiento para todos los grupos de interés (excepto en las es-

pecies no comerciales): de 1990 a 1993 donde los crecimientos diamétricos no se diferencian entre el testigo y el tratamiento; y de 1993 a 1996 donde el rodal ha reaccionado a la intervención silvicultural practicada, como lo demuestran los incrementos diamétricos que casi duplican los del testigo. Para las especies no comerciales, los datos sugieren que el tratamiento silvicultural no tuvo efecto significativo sobre su crecimiento diamétrico (Cuadro 2).

Esta reacción positiva del rodal comercial tratado confirma las expectativas del silvicultor al aplicar un tratamiento silvicultural: estimular la tasa de crecimiento del rodal comercial en las áreas de producción forestal. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio son preliminares y deben interpretarse con cautela, en especial al observar una pequeña, aunque importante disminución del incremento anual en el último periodo de medición, en todos los grupos analizados (Cuadro 2). Otros estudios con más años de seguimiento (Primack *et al.* 1985, Sánchez 1995, Silva *et al.* 1995) han demostrado que después de un cierto tiempo, que puede ser tan corto como tres años, el incremento declina considerablemente a medida que el dosel se cierra.

**Cuadro 2. Incrementos diamétricos medianos (mm/año) para dos periodos de medición y comparación entre tratamientos, para diferentes grupos de árboles (dap $\geq$  10 cm) en el bosque aprovechado, Finca La Tirimbina**

	1990-1993				1993-1996			
	Testigo	Liberac	Z *	P	Testigo	Liberac	Z *	P
Todos los árboles	3	3	-0,70	0,479	2	4	-1,88	0,039
No comerciales	2	2	0,00	0,999	1	3	-1,41	0,157
Comerciales	5	5	0,00	0,999	4	7	-1,85	0,049
Futura cosecha	5	5	0,66	0,505	5	7	-1,77	0,046

\* Prueba de Wilcoxon / P: probabilidad / N = 3 repeticiones por tratamiento

### Relación entre los incrementos diamétricos y algunas variables independientes

Se compararon los incrementos diamétricos de acuerdo con cuatro variables independientes: posición del árbol maduro de la especie en el estrato arbóreo, exposición a la luz, forma de la copa e infestación de lianas en el tronco y la copa del árbol. Los datos del Cuadro 3 ponen en evidencia que, en términos generales, los mayores incrementos se obtienen entre: a) las especies

del dosel y el subdosel, b) los árboles con exposición a la luz de excelente a muy buena, c) los árboles cuyas copas forman un círculo completo o algo asimétrico y d) los árboles que se encuentran libres o casi libres de lianas. Asimismo, el análisis de correlación permitió verificar la fuerte relación lineal que se establece entre el incremento diamétrico y dichas variables independientes.

Estudios realizados en bosques húmedos tropicales han permitido igualmente demostrar una sig-

**Cuadro 3. Incremento diamétrico mediano (mm/año) de todas los individuos con dap  $\geq$  10 cm, para dos períodos de medición en función de cinco variables independientes en el bosque aprovechado Finca La Tirimbina**

	<b>Testigo</b>		<b>Liberación</b>	
	<b>90-93</b>	<b>93-96</b>	<b>90-93</b>	<b>93-96</b>
<b>Posición sociológica</b>				
Dosel	5	4	5	7
Subdosel	3	2	3	4
Intermedio	2	1	2	2
Sotobosque	1	0	1	1
<i>r</i>	0,7482	0,8485	0,9529	0,9505
<i>P</i>	0,0051	0,0005	0,0001	0,0001
<i>N</i>	12	12	12	12
<b>Exposición de la copa</b>	<b>90-93</b>	<b>93-96</b>	<b>90-93</b>	<b>93-96</b>
Emergente	5	3	6	7
Luz vertical	5	5	3	5
Luz lateral	3	3	4	5
Luz moderada	2	1	3	2
Sin luz directa	1	1	2	1
<i>r</i>	0,8348	0,6687	0,7936	0,8074
<i>P</i>	0,0001	0,0065	0,0004	0,0003
<i>N</i>	15	15	15	15
<b>Forma de la copa</b>	<b>90-91</b>	<b>93-94</b>	<b>90-91</b>	<b>93-94</b>
Perfecta	6	8,5	7	8
Buena	4	3	5	7
Tolerable	3	2	3	4
Pobre	1	0	2	1
Muy pobre	0	0	1	1
<i>r</i>	0,9443	0,6824	0,9491	0,9234
<i>P</i>	0,0001	0,0072	0,0001	0,0001
<i>N</i>	15	14	15	13
<b>Infestación por lianas</b>	<b>90-93</b>	<b>93-96</b>	<b>90-93</b>	<b>93-96</b>
Sin lianas	4	3	4	6
Lianas en fuste	3	2	3	4
Lianas en copa	1,5	2	2	3
Lianas fuste+copa, pocas	1	1	2	2
Lian:fuste+copa, muchas	1	1	1	2
<i>r</i>	0,2177	0,3085	0,7587	0,8328
<i>P</i>	0,4355	0,2832	0,0010	0,0002
<i>N</i>	15	14	15	14
<b>Clase diamétrica inicial (cm)</b>	<b>90-93</b>	<b>93-96</b>	<b>90-93</b>	<b>93-96</b>
10-19	3	2	3	4
20-29	3	2	4	6
30-39	4	4	4	6
40-49	4	3	4	4
>50	4	2	4	5
<i>r</i>	0,3258	0,4184	0,4992	0,0856
<i>P</i>	0,2360	0,1206	0,0582	0,7616
<i>N</i>	15	15	15	15

*r*: coeficiente de correlación de Pearson    *P*: probabilidad    *N*: número de observaciones

nificativa correlación entre el incremento de los árboles y las características de sus copas (Synnott 1978, Peralta *et al.* 1987, Mejía 1994, Sánchez 1995, Silva *et al.* 1995), así como entre dicho incremento y la posición sociológica de los árboles adultos de la especie (Lieberman y Lieberman 1987).

### Agrupamiento de las especies según su velocidad de crecimiento

Los grupos de gremios ecológicos (Finegan y Sabogal 1988) establecidos con base en las necesidades de luz para la regeneración, no siempre presentan una fuerte relación con los incrementos diamétricos en árboles con  $dap \geq 10$  cm (véase también Alder 1995). Los agrupamientos con base en el valor comercial de las especies son menos confiables, pues no reflejan realidades biológicas, sino el comportamiento, en gran medida caprichoso, del mercado de la madera. Por lo tanto, se adoptó la estrategia definida por Alder (1995) entre otros, de agrupar las especies de acuerdo con las mismas características de los incrementos diamétricos.

Por medio del análisis de conglomerados, las especies se agruparon en cuatro, cinco y seis grupos de "velocidad de crecimiento", por tratamiento. Posteriormente, la comparación de medias por la prueba de Tukey indicó que las mayores disimilitudes se daban al integrar cinco grupos. Para estos cinco grupos, los primeros coeficientes canónicos (CAN1) del análisis canónico discriminante indican que existe una muy alta correlación de las variables elegidas al interior de los grupos ( $0.99 < CAN1 > 0.79$ ) y debido a que los valores más altos se dan siempre para el tercer cuartil; la discriminación por grupos se ve más afectada por valores altos de esta variable.

El agrupamiento final de las especies en cinco grupos de "velocidad de crecimiento" se presenta en los cuadros 4 y 5. De manera muy general, se puede decir que el grupo 1, de muy lento crecimiento, presenta incrementos medianos nulos o hasta  $2 \text{ mm año}^{-1}$ , donde el incremento del tercer cuartil no excede los  $4 \text{ mm año}^{-1}$ . En el grupo 2, de lento crecimiento, se ubican las especies con medianas entre 1 y 6

$\text{mm año}^{-1}$ , pero con incrementos en el tercer cuartil de hasta  $6 \text{ mm año}^{-1}$ . En el grupo 3, de moderado crecimiento, se encuentran especies con incrementos medianos entre 2 y  $8 \text{ mm año}^{-1}$ , donde los valores del tercer cuartil son mayores a  $9 \text{ mm año}^{-1}$ . En el grupo 4 o de rápido crecimiento, los incrementos medianos van de 6 a  $11 \text{ mm año}^{-1}$ , con valores del tercer cuartil mayores a  $11 \text{ mm año}^{-1}$ . Finalmente, en el grupo 5 o de muy rápido crecimiento, se ubican las especies que presentan incrementos medianos mayores a  $11.5 \text{ mm año}^{-1}$  y los valores del tercer cuartil alcanzan hasta  $24 \text{ mm año}^{-1}$ .

Especies de porte pequeño o mediano, del sotobosque o intermedias, tales como *Ardisia palmata*, *Capparis pittieri*, *Colubrina spinosa*, *Dystovomitia paniculata*, *Faramaea occidentalis*, *Lonchocarpus oliganthus*, *Posoqueria latifolia* y *Warszewiczia coccinea* se ubican, en cualquier tratamiento, en el grupo de más lento crecimiento, con incrementos medianos que no superan los  $2.5 \text{ mm año}^{-1}$ . Algunas excepciones, entre ellas *Casearia arborea*, *Ferdinandusa panamensis*, *Miconia punctata* y algunos *Protium*, muestran incrementos medianos superiores a los  $5 \text{ mm año}^{-1}$ , especialmente en el tratamiento Liberación.

Otras especies, típicas de los doseles superiores del bosque, como *Vochysia ferruginea*, *Simarouba amara*, *Stryphnodendron microstachyum*, *Pithecellobium elegans*, entre las comerciales, así como *Croton smithianu* y algunas *Inga*, reportan incrementos medianos superiores a  $12 \text{ mm año}^{-1}$ , los cuales pueden considerarse excepcionalmente altos.

Estos resultados son comparables a los reportados por Lieberman y Lieberman (1987) y por Peralta *et al.* (1987), quienes encontraron que las especies del sotobosque eran todas de lento crecimiento, mientras que las del dosel superior crecían más rápidamente, aunque con mayor variabilidad. Sin embargo, los crecimientos medianos más elevados reportados por Peralta *et al.* (1987), son apenas similares a los encontrados en las parcelas Testigo de La Tirimbina, y están por debajo de los de la Liberación.

---

La ubicación de una especie en un grupo dado de crecimiento en el Testigo y en otro superior en un tratamiento, permite sugerir que la intervención silvicultural produjo una reacción positiva. Este es el caso de *Pentaclethra maculosa*, *Tapirira guianensis*, *Pterocarpus hayessi*, *Dendropanax arboreus* y *Pourouma minor*, entre las comerciales, y *Apelba membranacea* entre las no comerciales.

## Conclusiones

- El bosque aprovechado de la finca La Tirimbina es un bosque típico de la zona noratlántica de Costa Rica, en términos de su composición florística y estructura horizontal. Sin embargo, en su interior presenta variaciones estructurales, producto de diferentes aprovechamientos comerciales, así como de los tratamientos silviculturales aplicados.
- De las variables independientes analizadas, la forma de la copa y exposición a la luz parecen tener la mayor relación con el incremento diamétrico, seguido por la infestación de lianas y el estrato arbóreo de madurez de la especie. La forma del fuste y el diámetro inicial no mostraron una correlación significativa con el incremento diamétrico.
- Los incrementos obtenidos, tanto en diámetro como en área basal, demuestran que el rodal tratado está creciendo a una tasa superior a la del Testigo. Dichos tratamientos han afectado el crecimiento de las especies comerciales y por ende, de los árboles de futura cosecha, pero no así a los individuos de especies no comerciales.
- La conveniencia de aplicar un tratamiento silvicultural debe evaluarse por medio de simulaciones, tomando en cuenta incrementos, abundancias de árboles de futura cosecha, regeneración natural y criterios económicos.
- La experiencia generada reafirma la conveniencia de desarrollar un agrupamiento estadísticamente robusto de las especies con base en sus incrementos.

## Bibliografía

- ALDER, D. 1995. Growth modelling for mixed tropical forests. Oxford Forestry Institute. England. 231 p.
- CASTILLO, A. 1994. Análisis de la composición y estructura horizontal de un bosque aprovechado selectivamente en la zona de Río San Juan, Nicaragua. Tesis Lic. UCA, Nicaragua. 83 p.
- DAWKINS, H.C. 1958. The management of the natural tropical high forest with special reference to Uganda. Imperial Forestry Institute, University of Oxford. 155 p.
- De GRAAF, N.R. 1986. A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname.
- FINEGAN, B.; SABOGAL, C. 1988. El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura: un estudio de caso en Costa Rica. *El Chasqui* 18: 16-24.
- HUTCHINSON, I. 1987. Improvement thinning in natural tropical forests: aspects and institutionalization. IN: Natural management of moist forests. Mergen F.; Vincent, J. (ed), Yale University, School of Forestry and Environmental, E.U. pp: 113-133.
- JONKERS, W.B.J. 1987. Vegetation structure, logging damage and silviculture in tropical rain forest in Suriname. Agricultural University, Wageningen, The Netherlands. 172 p.
- KOHYAMA, T.; HARA, T. 1989. Frequency distribution of tree growth rate in natural forest stands. *Annals of Botany* 64: 47-57.
- LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M.; PERALTA, R.; HARTSHORN, G. 1985. Mortality patterns and stand turnover rates in a wet tropical forest in Costa Rica. *Journal of Ecology* 73:
- LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. 1987. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). *Journal of Tropical Ecology* 3: 347-358.
- MANTA, M.I. 1988. Análisis silvicultural de dos tipos de bosques húmedos de bajura en la vertiente atlántica de Costa Rica. Turrialba, Tesis M.Sc., CATIE. 150 p.
- MEJIA C.; A. C. 1994. Análisis del efecto inicial de un tratamiento de liberación, sobre la regeneración establecida en un bosque húmedo tropical aprovechado en Río San Juan, Nicaragua. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba. 68 p. + anexos.
- MORALES, D.; SIBAJA, A. 1991. Evaluación de indicadores silviculturales para la aplicación de tratamientos en bosques intervenidos en la Región Huetar Norte de Costa Rica. ITCR, Cartago. 45 p.
- PALMER, J.R.; SYNNOTT, T.J. 1992. The management of natural forests. In: Sharma, N.P. (ed). *Managing the world's forests*. USA. pp: 337 - 373.
- PERALTA, R.; HARTSHORN, G.S.; LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, D. 1987. Reseña de estudios a largo plazo sobre composición florística y dinámica del bosque tropical en La Selva, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 35 (supl. 1): 23-40.
- POORE, P.; BURGESS, P.; PALMER, J.; RIETBERGEN, S.; SYNNOTT, T. 1989. No timber without trees: sustainability in the tropical forest. A study of ITTO. Earthscan Publishers, London. 252 p.
- PRIMACK, R.B.; ASHTON, P.S.; CHAI, P.; LEE, H.S. 1985. Growth rates and population structure of Moraceae trees in Sarawak. *Ecology* 66: 577-588.
- QUIROS, D.; FINEGAN, B. 1994. Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica: definición de un plan operacional y resultados de su aplicación. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 225. Colección Silvicultura y manejo de bosques naturales no. 9. 25 p.
- QUIROS, D.; GOMEZ, M. (en prep.) Manejo sustentable de un bosque natural en Costa Rica. II. Análisis financiero.
- SANCHEZ S.; M. J. 1995. Estudio de crecimiento y rendimiento en un bosque secundario y su aplicación a la elaboración de un Plan de Manejo. San Isidro, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba. 96 p.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE INC. 1985. SAS version 6 ed.: software and manuals. SAS Institute Inc. Cary, N.C., USA.
- SHEIL, D. 1995. A critique of permanent plot methods and analysis with examples from Budongo Forest, Uganda. *Forest Ecology and Management* 77: 11-34.
- SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P. de; LOPES, J. do C.A.; ALMEIDA, B.F. de; COSTA, D.H.M.; OLIVEIRA, L.C. de; VANCLAY, J.K.; SKOVSGAARD, J.P. 1995. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazonian 13 years after logging. *Forest Ecology and Management* 71: 267-274.
- SYNNOTT, T.J. 1978. Tropical rain forest silviculture: a research project report. C.F.I. Occasional Papers # 10. Oxford, U.K. 45 p.
- SYNNOTT, T.J. 1979. A manual of permanent plot procedures for tropical rain forest. C.F.I. Oxford, U.K. Tropical Forestry Papers # 14. 67 p.
- ZAMORA, N.; ARTAVIA, M.; DELGADO, D. (en prep.). Especies vegetales de un bosque tropical húmedo primario manejado, Finca La Tirimbina, noreste de Costa Rica.