
Serie Técnica
Informe técnico No. 322

Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales
Publicación No. 20

Biblioteca Conmemorativa
ORTON - IICA - CATIE
11 NOV 2001
RECIBIDO
Turrialba, Costa Rica

*Efecto de un tratamiento
silvicultural sobre la dinámica de
un bosque secundario montano en
Villa Mills, Costa Rica*

Geoffrey Venegas Villegas
Marlen Camacho Calvo

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE
Unidad de Manejo de Bosques Naturales, UMBN
Turrialba, Costa Rica, 2001



Indice

Presentación	V
Agradecimientos	VI
Resumen	VII
Summary	VII
Introducción	1
Metodología	3
El área de estudio	3
Historial del ensayo	3
Análisis de datos	5
Resultados y discusión	7
Composición florística y estructura	7
Dinámica de la estructura	10
Incremento diamétrico del rodal	12
Incremento en árboles de futura cosecha de <i>Quercus</i> spp.	14
Manejo silvicultural del bosque estudiado	15
Bibliografía	19



Presentación

En comparación con los bosques de bajura, el efecto de las intervenciones silviculturales en los bosques montanos de Costa Rica—y del neotrópico en general—es mucho menos conocido. Como un aporte parcial para llenar este vacío de información, la presente publicación presenta los resultados de un raleo en un bosque secundario dominado por especies de roble (*Quercus*). Quizás una de las características de estos bosques secundarios de altura es que aquellas especies de *Quercus* que dominan los rodales primarios son también las que monopolizan los rodales secundarios. Desde esta perspectiva, el recurso maderable es abundante y resulta potencialmente atractivo el manejo de rodales jóvenes para diámetros menores. Se espera que este documento contribuya al estado del conocimiento que hasta ahora se ha acumulado acerca del recurso de bosque secundario en muchos países del trópico húmedo americano.

Dr. Manuel Guariguata
Líder Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales
CATIE



Agradecimientos

Los autores desean manifestar su agradecimiento a todos los que apoyaron el trabajo de investigación y la publicación de este documento: a la Cooperación Suiza al Desarrollo, que otorgó el financiamiento; al Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales (PROSIBONA) del CATIE, que posibilitó la investigación y apoyó la publicación; al Dr. Lucio Pedroni, que tuvo a su cargo la propuesta de investigación y el establecimiento del ensayo; a los asistentes Marvin Araya Mena, Álvaro Abarca Abarca, Oscar Araya Mena y Marino Salazar, que colaboraron en el establecimiento del ensayo y en la toma de datos; al Dr. Manuel Gariguata, líder de PROSIBONA, por su apoyo en la elaboración y revisión del manuscrito; a Hugo Brenes, que realizó una destacada labor en el manejo de la base de datos; a Adelaida Chaverri, Braulio Vílchez y Lucio Pedroni, que revisaron la versión final del documento.

A todos ellos, ¡muchísimas gracias!



Resumen

Entre 1991 y 1992, se instaló un ensayo con parcelas permanentes de 0.45 ha de área efectiva, con dos tratamientos (control y tratado) y cinco repeticiones, en un bosque secundario montano de aproximadamente 30 años de edad, ubicado en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. El tratamiento consistió en un raleo selectivo para favorecer el crecimiento y supervivencia de los árboles de futura cosecha de especies potencialmente comerciales y se aplicó un mes antes de la primera medición, que se realizó en 1991 en dos de los bloques y en 1992 en los tres restantes; entre 1994 y 1999, se hicieron mediciones anuales.

En los ocho años del estudio, se contaron 2914 individuos con $dap \geq 10$ cm, pertenecientes a 25 familias botánicas, 30 géneros y 32 especies. La familia dominante fue Fagaceae, con un género (*Quercus*) y dos especies (*Q. costaricensis* y *Q. copeyensis*). En la primera medición, el grupo de parcelas control presentó una densidad promedio de 380 árboles ha^{-1} , con un área basal de 7 $m^2 ha^{-1}$ y un volumen comercial total de 67.7 $m^3 ha^{-1}$. El grupo de parcelas tratadas mostró valores de densidad promedio de 280 árboles ha^{-1} , un área basal de 4.8 $m^2 ha^{-1}$ y un volumen comercial total de 44.5 $m^3 ha^{-1}$.

Entre 1991-92 y 1999, se reclutaron 1430 individuos en la clase diamétrica ≥ 10 cm y sólo murieron 63, correspondientes a una tasa anual de mortalidad natural de 0.58% en el rodal control y de 0.19% en el tratado.

Se encontraron diferencias significativas en el incremento diamétrico entre tratamientos en la población total y en los árboles de futura cosecha, con medianas más altas en el rodal tratado. Ambos tratamientos presentaron diferencias significativas en el incremento diamétrico en dos períodos de análisis, con una baja en el incremento del segundo período que puede atribuirse a la competencia ejercida por el reclutamiento.

En el período que siguió a la intervención, los árboles de futura cosecha de *Q. costaricensis* del rodal tratado mostraron un incremento diamétrico significativamente superior al control, mientras que *Q. copeyensis* no reportó efecto del tratamiento. Se concluye que, desde el punto de vista silvicultural, el tratamiento tuvo un efecto positivo sobre el rodal remanente.



Summary

In 1991, an experiment with permanent plots of 0.45 ha of effective area, was started with two treatments (control and treated) and five replications, in a secondary forest approximately 30 years old, located in the Mountain range of Talamanca, Costa Rica. The treatment consisted of a selective thinning to favor the growth and survival of future harvest trees of potentially commercial species. Two of the block received the treatment in 1991, a month before the first measurement, and the other three in 1992; annual measurements were made between 1994 and 1999.

In the eight years of the study, 2914 trees were counted with ≥ 10 cm dbh, grouped in 25 botanical families, 30 genera and 32 species. The dominant family was Fagaceae, with a genus (*Quercus*) and two species (*Q. costaricensis* and *Q. copeyensis*). In the first measurement, the group of control plots had an average density of 380 trees ha^{-1} , with a basal area of 7 m^2ha^{-1} and 67,7 m^3ha^{-1} of total commercial volume. The group of treated plots had an average density of 280 trees ha^{-1} , 4,8 m^2ha^{-1} basal area and 44,5 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ of total commercial volume.

Between 1991-92 and 1999, there were 1430 new individuals in the diametrical class ≥ 10 cm and only 63 died (annual mortality rate of 0,58% in the control plots and 0,19% in the treated plots).

Significant differences were detected in diametrical increase due to the treatment in the total population and in the future harvest trees, with higher median values in the treated plots. Both treatments presented significant differences in the diametrical increase between the two periods of analysis, with a lower increase in the second period which can be attributed to the competition by the recruitment.

In the period that followed the intervention, the trees of future harvest of *Q. costaricensis* of the treated plots showed an diametrical increase significantly superior to the control, whereas *Q. copeyensis* did not report any effect. It can be stated that, from the silvicultural point of view, the treatment had a positive effect on the remaining trees.



Introducción

En América Latina, la acelerada conversión de los bosques tropicales se agudizó hacia la segunda mitad del siglo XX; sólo en la década de los ochenta se deforestaron 8.3 millones de hectáreas anuales (Sips 1993). Sin embargo, la baja fertilidad de muchos suelos tropicales, la falta de capital y la ausencia de mercados para los productos agrícolas han contribuido para que un alto porcentaje de las tierras convertidas se abandone al poco tiempo y entonces se desarrolle en ellas una vegetación leñosa conocida como sucesión o bosque secundario (Smith *et al.* 1997). Se estima que cerca del 40% del total del área forestal en la región tropical corresponde a bosques secundarios en diferentes etapas de la sucesión (Brown y Lugo 1990) y que sólo en América Latina, habría unos 165 millones de hectáreas de bosques sucesionales (Smith *et al.* 1997).

La importancia de los bosques secundarios para ayudar a reducir la presión sobre los bosques primarios y suministrar bienes y servicios para el hombre ha sido ampliamente reconocida (Brown y Lugo 1990, Sips 1993, Smith *et al.* 1997). Además de restaurar y mantener la productividad del suelo y la regulación del agua, los bosques secundarios presentan características atrayentes para el manejo forestal: una diversidad de especies relativamente baja y una estructura relativamente simple, la presencia de individuos de especies comercialmente atractivas, altas tasas de crecimiento y, por lo general, un acceso fácil.

En 1984, debido a la rápida desaparición del bosque primario de los pisos basales y premontanos, Costa Rica sólo contaba con el 32% de la cobertura boscosa original (MIRENEM/PAFCR 1990). Alrededor del 20% de ese total se encontraba en la Cordillera de Talamanca, localizada al sudeste del país, dentro de la zona de vida del bosque pluvial montano (Blaser 1990).

En el sector de las reservas de Río Macho y Los Santos, donde se encuentra el área de estudio, la conversión del bosque comenzó en los años cuarenta, con la construcción de la Carretera Interamericana y alcanzó su pico entre 1950 y 1970. Entre finales de los años sesenta y mediados de los setenta, el gobierno de Costa Rica creó las reservas forestales de Los Santos y Río Macho (esta última forma parte de la Reserva de la Biosfera La Amistad), lo que impuso una veda al aprovechamiento del bosque (Kappelle y Juárez 1995, Chaverri y Jiménez 1996).

Actualmente, el paisaje cercano a la Carretera Interamericana muestra un mosaico de bosques primarios, potreros, cultivos y bosques secundarios desarrollados sobre antiguas tierras de pastoreo. Helmer (1999) estudió un área de 39 245 ha ubicada a ambos lados de la carretera, y encontró que un 27% de las tierras estaba bajo pasturas, cultivos y bosque secundario muy joven, un 32% tenía bosque secundario, un 29% bosque primario y el resto correspondía a páramos y matorral subalpino; sus hallazgos justifican la importancia del manejo del bosque secundario en la zona.



En este documento se pretende evaluar el efecto de un tratamiento silvicultural con fines de producción de madera sobre la dinámica de la masa remanente en un bosque secundario. Se trata de un trabajo pionero para la región de los bosques montañosos de la Cordillera de Talamanca, que representa un fundamento clave para el manejo sostenible del recurso forestal.



Metodología

El área de estudio

La investigación se realizó en el Sitio Clave de Investigación y Demostración Villa Mills-Siberia, del Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica (MINAE), manejado por el CATIE. Este sitio, que comprende 325 ha de bosque primario sin intervenir e intervenido, bosque secundario y campos abiertos, se encuentra ubicado en la parte noroccidental de la Cordillera de Talamanca, entre las coordenadas 9°33' y 9°34' de latitud norte y 83°40' y 83°42' de longitud oeste, entre los 2650 y 2800 msnm, en la zona de vida "bosque pluvial montano", según la clasificación de Holdridge.

Según Blaser (1990), la temperatura media anual oscila entre los 7.3°C a 3365 msnm hasta los 15.4°C a 2050 msnm. Las variaciones de temperatura media mensual entre el mes más cálido (abril) y el más frío (enero) llegan a 1.4°C a los 3365 msnm y a 1.8°C a los 3000 msnm. El mismo autor reporta que la precipitación promedio anual alcanza los 2013 mm, el 90% de los cuales cae durante la estación lluviosa, que se extiende de abril a diciembre, con precipitaciones de hasta 700 mm por mes; los tres meses secos (enero a marzo) tienen precipitaciones inferiores a los 80 mm mensuales. La humedad relativa del aire está entre el 88 y el 96%; la evaporación potencial anual es de 483 mm. El promedio de radiación solar alcanza un valor de 1552 J/cm²/año y el brillo solar promedio es de 7.5 horas/día en febrero y de 3 horas/día en setiembre.

En el bosque de Villa Mills-Siberia, Blaser (1990) identificó tres tipos de suelos principales, todos del orden Inceptisol: Placandept, Dystrandept y Andaquept. La diferencia entre tipos la marcan, especialmente, el régimen hídrico y las condiciones de drenaje. Según Díaz (1996), en el sitio del estudio, cuatro de los bloques de parcelas se ubican en suelos Placandept y uno en Dystrandept y las pendientes oscilan entre el 7 y el 40%, con un promedio de 35%.

Pedroni (1990) indica que, en los años sesenta, el área que ahora ocupa el bosque secundario fue explotada para extracción de madera, elaboración de postes y producción de carbón, y posteriormente, para producción de mora (*Rubus* spp.) y pastoreo. En este contexto, es probable que el bosque estudiado tenga entre 30 y 40 años de edad.

Historial del ensayo

El ensayo se instaló en el sector sur del sitio experimental Villa Mills-Siberia; se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones y dos tratamientos; Díaz (1996) presenta un análisis completo de las mediciones realizadas entre 1991 y 1996.

En 1991 se instalaron dos repeticiones, tres en 1992 y otras dos en 1994; desde entonces, y hasta 1999, se hicieron mediciones anuales. Cada repetición incluye dos parcelas, una de control y otra - elegida al azar - con tratamiento (Fig. 1).

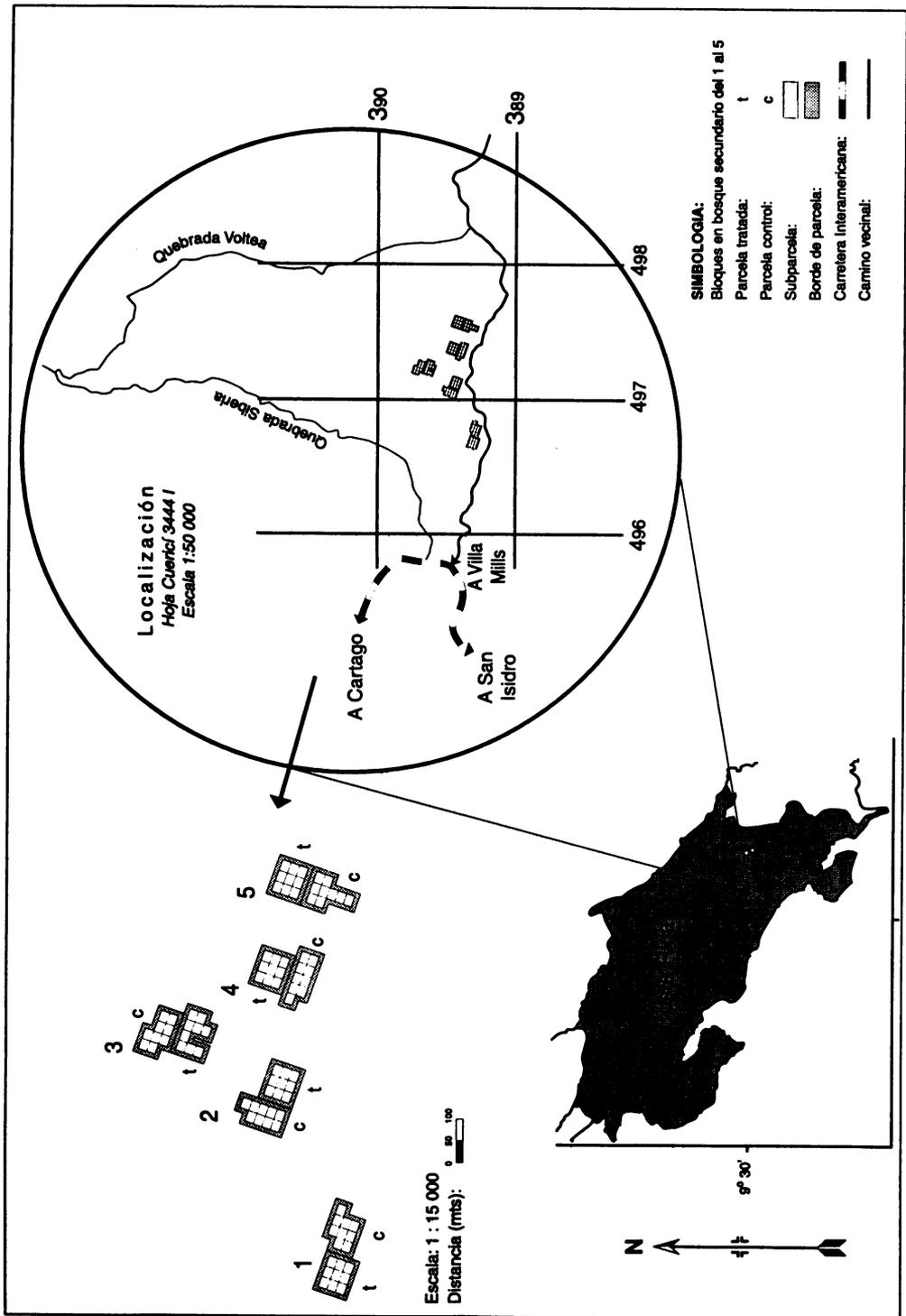


Figura 1. Ubicación geográfica del Sitio Clave Villa Mills-Siberia y ensayo de bloques de bosque secundario.



Cada parcela comprende un área efectiva de medición de 0.45 ha y un borde de 10 m de ancho que recibió el mismo tratamiento. El área efectiva de medición se dividió en nueve subparcelas de 20 x 25 m (500 m²) (Fig. 1).

El tratamiento silvicultural consistió en un raleo selectivo de liberación por lo alto, con la finalidad de lograr el máximo crecimiento en volumen de los árboles dominantes y codominantes sobresalientes o de futura cosecha y de mejorar la estabilidad de la masa, al promover un crecimiento uniforme de fustes y copas. Cada subparcela se subdividió en cuadrados de 5 x 5 m y en cada uno de ellos se seleccionó un árbol sobresaliente, que debía mostrar características superiores de fortaleza y calidad; se trató de alcanzar una ocupación uniforme en el área estudiada, evitando elegir árboles aislados o de borde. Con el raleo se les brindó un área de crecimiento mayor y más disponibilidad de luz; se eliminaron los individuos concurrentes y/o los principales competidores; los árboles por debajo del nivel de las copas se mantuvieron, para propiciar la autopoda de las ramas bajas. Esta intervención se realizó al momento de instalar cada repetición, antes de la primera medición, y fue ejecutada por personas de la comunidad cercana al bosque.

Para la primera medición se marcaron los individuos con dap 10 cm en el punto de medición, se identificaron con un código numérico y se midió el diámetro con cinta diamétrica (± 1.0 mm). La identificación de las especies se hizo en el campo o mediante muestras botánicas y estuvo a cargo de dendrólogos del Herbario Nacional y del Instituto de Biodiversidad (INBio, Costa Rica).

A partir de 1994, se efectuaron mediciones anuales; se registró el crecimiento diamétrico, la mortalidad y el reclutamiento de nuevos individuos. Durante la medición de 1996, se estimó la exposición de la copa a la luz, la forma de la copa y la calidad del fuste, mediante escalas adaptadas por Blaser (1990) de las de Dawkins (1958) y Synnott (1979).

Análisis de datos

Para el análisis del ensayo se utilizaron las cinco repeticiones instaladas entre 1991 y 1992, así como tres mediciones claves: la inicial de cada repetición y las de 1994 y 1999. Se eliminaron 15 registros que en la primera medición presentaron un dap 50 cm y que se consideraron como árboles remanentes del bosque original.

La caracterización de la composición del bosque se realizó por medio de listas de la vegetación, según el Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies (Curtis y McIntosh 1950), con base en la población viva al final del estudio ($N=2851$, en 1999).

El análisis de la estructura incluyó la agrupación de la población en clases diamétricas de 10 cm; los cambios en la estructura fueron analizados en términos de la densidad (N ha⁻¹), el área basal (G , en m² ha⁻¹) y el volumen comercial total (V , en m³ ha⁻¹) del rodal. Este último valor se calculó con la fórmula desarrollada por Segura y Venegas (1999) para todas las especies.



La mortalidad natural se reportó como el número de árboles muertos/ha; la tasa de mortalidad natural y la vida media del rodal se calcularon mediante modelos logarítmicos (Lieberman y Lieberman 1987). El reclutamiento se expresó como el número promedio/ha de los árboles que ingresaron a la primera clase diamétrica de medición (10 a 19.9 cm de dap).

El análisis del crecimiento diamétrico comprendió los individuos que estuvieron presentes durante todo el estudio, de donde se eliminaron cuatro registros con incrementos negativos por considerarlos "no confiables". Se examinaron cuatro poblaciones distintas: total ($N= 1453$ individuos), individuos de especies comerciales identificados como de futura cosecha ($N= 445$ individuos de ocho especies), otros individuos de especies comerciales ($N= 801$ individuos de diez especies) e individuos de especies no comerciales ($N= 207$ individuos de 18 especies). Los análisis consistieron en comparaciones de los valores de las medianas de los incrementos diamétricos por repetición, por medio de pruebas estadísticas no paramétricas, con datos no transformados, con el propósito de encontrar posibles diferencias en el tiempo. También se usaron correlaciones para probar la asociación de los incrementos y las variables del árbol. Los programas utilizados fueron el Proc UNIVARIATE, el Proc ANOVA, el Proc NPAR1WAY, el Proc FREQ y el Proc CORR del SAS (1985).

Resultados y discusión

Composición florística y estructura

Entre 1991-92 y 1999, se registraron 2921 individuos con dap \geq 10 cm, pertenecientes a 25 familias botánicas, 30 géneros y 32 especies, de las cuales cuatro (*Quercus costaricensis*, *Drymis granadensis*, *Weinmannia pinnata* y *Viburnum costaricanum*) aparecieron en toda el área del estudio. Otras cinco especies mostraron una densidad promedio superior a los 10 individuos ha⁻¹, 13 tuvieron uno a nueve individuos ha⁻¹ y 10 especies, menos de un individuo ha⁻¹ (Anexo 1).

El Índice de Valor de Importancia destacó la dominancia de *Q. costaricensis* y *Q. copeyensis* en el bosque secundario estudiado, con valores muy similares para la primera especie en ambos rodales (Cuadro 1). Siete especies más ocuparon los siguientes lugares del IVI en ambos tratamientos, y junto con los *Quercus*, conformaron entre el 87 y el 90% del IVI de los rodales control y tratado, respectivamente. Otras 21 especies en el control y 16 en el tratado conformaron el restante 13 y 10% del IVI, respectivamente.

Cuadro 1. Índice de Valor de Importancia (dap \geq 10 cm) de los rodales control y tratado al final del estudio, en un bosque secundario montano, Villa Mills, Costa Rica

	Especie	N	N%	D	D%	F%	IVI%
CONTROL							
1	<i>Quercus costaricensis</i>	313	47	7.9	54	12	38
2	<i>Quercus copeyensis</i>	110	17	2.0	14	10	13
3	<i>Drymis granadensis</i>	56	8	0.8	5	10	8
4	<i>Weinmannia pinnata</i>	27	4	0.6	4	9	6
5	<i>Viburnum costaricanum</i>	36	5	0.4	3	8	5
6	<i>Schefflera pittieri</i>	23	3	0.6	4	7	5
7	<i>Hedyosmun bonplandianum</i>	24	4	0.5	3	6	4
8	<i>Myrsine coriacea</i>	21	3	0.2	1	8	4
9	<i>Clethra gelida</i>	18	3	0.3	2	6	4
	Primeras 9 especies	628	94	13.3	90	78	87
	Otras 21 especies	40	6	1.4	10	22	13
	TOTAL	667	100	14.7	100	100	100
TRATADO							
1	<i>Quercus costaricensis</i>	282	47	6.2	48	17	37
2	<i>Quercus copeyensis</i>	182	30	4.1	32	11	25
3	<i>Drymis granadensis</i>	35	6	0.5	4	13	8
4	<i>Weinmannia pinnata</i>	23	4	0.5	4	11	6
5	<i>Viburnum costaricanum</i>	16	3	0.2	2	9	4
6	<i>Hedyosmun bonplandianum</i>	11	2	0.2	2	5	3
7	<i>Schefflera pittieri</i>	8	1	0.2	2	5	3
8	<i>Clethra gelida</i>	8	1	0.1	1	4	2
9	<i>Myrsine coriacea</i>	8	1	0.1	1	5	2
	Primeras 9 especies	573	96	12.1	94	81	90
	Otras 16 especies	27	5	0.8	6	19	10
	TOTAL	600	100	12.9	100	100	100



De acuerdo con la clasificación de Kappelle (1993), este bosque secundario correspondería a un "bosque secundario tardío", que tal como lo señala el autor, es la fase de mayor riqueza, en la que muchas especies pioneras y del secundario temprano se asocian con especies del bosque primario. Del total de especies encontradas, 28 son comunes a las identificadas en el bosque primario no intervenido del Sitio de Investigación Villa Mills-Siberia (Camacho y Venegas en prep.). Tres especies *Oreopanax xalapense*, *Escallonia myrtilloides* y *Cornus disciflora* podrían considerarse como elementos propios del bosque secundario o de sitios arbolados abiertos, aún cuando la primera fue de reclutamiento reciente en este bosque y todas ocupan lugares muy bajos en el IVI de la comunidad.

En la primera medición, el grupo de parcelas de control presentó una densidad promedio de 380 árboles ha^{-1} , con un área basal de 7 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ y un volumen comercial total de 67.7 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$. Las parcelas tratadas mostraron valores más bajos, debido a la aplicación del raleo antes de la primera medición, con una densidad promedio de 279 árboles ha^{-1} , un área basal de 4.8 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ y un volumen comercial total de 44.5 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (Cuadro 2). Para la última medición, la población del grupo control creció un 75% en *N*, un 109% en *G* y un 116% en *V*, mientras que el tratado mostró valores más altos (114, 169 y 180% para las tres variables, respectivamente); sin embargo, estos no fueron significativamente diferentes al grupo control ($F=0.43$, $P=0.53$ para *N*; $F=0.89$, $P=0.37$ para *G*; y $F=1.14$, $P=0.31$ para *V*).

Ambos tratamientos mostraron un patrón similar en la distribución del número de árboles por clases diamétricas y siguieron la típica forma de "J" invertida, aunque con una mayor reducción de la población a partir de la segunda clase diamétrica en el grupo tratado, debido a la eliminación de árboles dominantes y codominantes (Fig. 2). En estas distribuciones, alrededor del 85% de la población se aglutinó en la primera

Cuadro 2. Parámetro estructurales por ha ($\text{dap} \geq 10 \text{ cm}$) para diferentes años del estudio en un bosque secundario mantano en Villa Mills, Costa Rica. Promedios y desviaciones estándar para cinco repeticiones de 0.45 ha

	Número de árboles (ind. ha^{-1})		Área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$)		Volúmen com. total ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	
	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.
Control						
Inicio	380	135	7.03	2.59	67.69	26.32
1994	468	147	9.36	2.95	91.13	29.78
1996	560	150	11.72	3.24	115.05	33.57
1998	627	157	13.81	3.63	137.22	38.77
Tratado						
Inicio	279	103	4.79	1.80	44.55	18.46
1994	410	98	7.51	1.66	69.96	17.46
1996	502	118	10.02	1.78	95.01	17.88
1998	568	150	12.12	2.07	117.18	19.66
1999	600	163	12.90	2.24	125.19	20.93



clase diamétrica (10 a 19.9 cm), un 12 a 14% en la segunda (20 a 29.9) y un 1% y menos, a partir de la tercera clase (más de 30 cm). Una prueba de comparación de medias por clase diamétrica para las tres variables de la estructura horizontal (N, G y V) reveló que no hubo diferencias significativas entre tratamientos en ninguna clase diamétrica.

El promedio del número de árboles de futura cosecha en el rodal control fue de 92 árboles ha⁻¹, de los cuales un 66% correspondió a *Q. costaricensis*, un 17% a *Q. copeyensis* y el resto a otras cuatro especies. El diámetro promedio de esta población fue de 14 cm, el área basal de 1.23 m² ha⁻¹ y el volumen comercial total de 10.03 m³ ha⁻¹ (Cuadro 3).

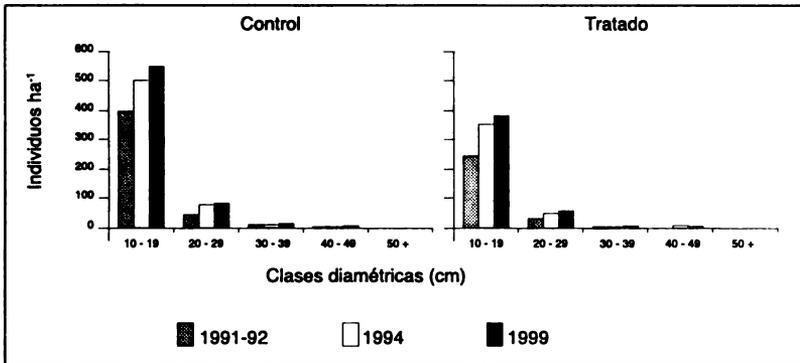


Figura 2. Distribución diamétrica del número de árboles ha⁻¹ para tres años de medición (dap ≥ 10 cm), en un bosque secundario montano, Villa Mills, Costa Rica

Cuadro 3. Estructura horizontal por ha de los árboles de futura cosecha en los rodales control y tratado (dap ≥ 10 cm) al comienzo del estudio, en un bosque secundario montano en Villa Mills, Costa Rica

Especie	N clase diamétrica			N total ind ha ⁻¹	G m ² ha ⁻¹	VCT m ³ ha ⁻¹	Dpro mm
	10-19	20-29	30-39				
CONTROL							
<i>Drimys granadensis</i>	8.9			8.9	0.10	0.73	11.17
<i>Podocarpus macrostachyus</i>		0.4		0.4	0.02	0.17	21.7
<i>Prunus cornifolia</i>	1.8			1.8	0.03	0.30	15.3
<i>Quercus copeyensis</i>	16.0			16.0	0.18	1.36	11.8
<i>Quercus costaricensis</i>	57.8	3.1		60.9	0.86	7.15	13.1
<i>Weinmannia pinnata</i>	4.4			4.4	0.04	0.29	10.7
TOTAL	88.9	3.5	0	92.4	1.23	10	14.0
TRATADO							
<i>Cleyera theaeoides</i>	0.4			0.4	0.01	0.08	15.8
<i>Drimys granadensis</i>	1.8			1.8	0.03	0.22	13.7
<i>Podocarpus macrostachyus</i>	1.3			1.3	0.02	0.14	12.8
<i>Prunus cornifolia</i>	0.4			0.4	0.01	0.04	12.2
<i>Quercus copeyensis</i>	31.6	1.8	0.4	33.8	0.53	4.62	13.6
<i>Quercus costaricensis</i>	60.4	2.7	0.4	63.6	0.94	8.04	13.2
<i>Schefflera pittieri</i>	0.4			0.4	0.01	0.02	10.0
<i>Weinmannia pinnata</i>	3.6			3.6	0.04	0.29	11.4
TOTAL	100.0	4.5	0.8	105.3	1.59	13.45	12.8



En las parcelas tratadas, la población de futura cosecha alcanzó 105 árboles ha⁻¹, un 60% de los cuales correspondió a *Q. costaricensis*, un 32% a *Q. copeyensis* y el resto a otras seis especies. El diámetro promedio de todos los individuos fue de 12.8 cm, para un área basal de 1.59 m² ha⁻¹ y un volumen comercial total de 13.45 m³ ha⁻¹ (Cuadro 3).

La comparación de medias para los valores de las variables estructurales de la primera medición reveló que no hubo diferencias significativas entre tratamientos en la población de futura cosecha: $N=10$, $P= 0.5869$ para el número de árboles; $N=10$, $P=0.4837$ para el área basal; $N=10$, $P= 0.4422$ para el volumen comercial total; $N=10$, $P= 0.2866$ para el diámetro promedio.

Con base en la población viva en 1999, se encontraron los siguientes valores para el grupo control y el tratado, respectivamente (Fig. 3): entre el 70 y el 87% de los individuos presentaron una excelente exposición a la luz; entre el 56 y el 64% mostraron una copa bien formada y entre el 40 y el 45% tenían fustes de buena calidad. Entre un 66 y un 80% de los individuos pertenecían a especies del dosel superior, entre un 15 y un 10% al dosel intermedio, entre un 5 y un 3% al dosel inferior y entre un 13 y un 8% al sotobosque.

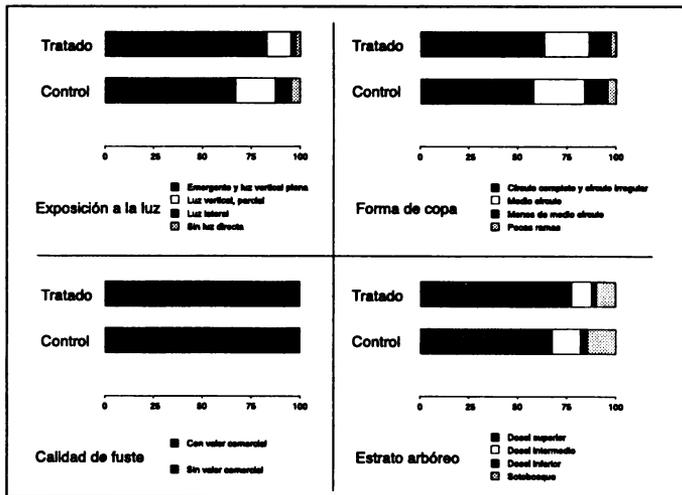


Figura 3. Distribución porcentual del número de árboles vivos (dap ≥ 10 cm) en todo el período de estudio (1991-92 a 1999), para cuatro variables silviculturales, en los rodales control y tratado de un bosque secundario montano, Villa Mills Costa Rica

Dinámica de la estructura

Entre 1991-92 y 1999, se reclutaron 1430 individuos en la clase diamétrica ≥ 10 cm, 25 de los cuales murieron entre la tercera y la última medición. Esta cantidad de reclutas supone un aumento del 95% en la población original (Fig. 4). Sólo se identificaron tres especies nuevas: *Oreopanax xalapense*, *Rhamnus oreodendron* y *Prumnopitys standleyi*.

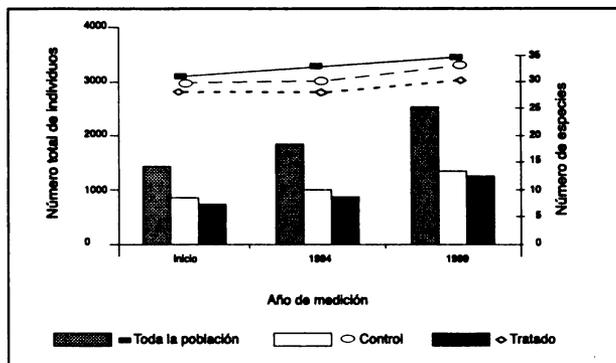


Figura 4. Relación entre el número absoluto de árboles al inicio del estudio (dap \geq 10 cm) y reclutados en 1994 y 1999 y el número de especies identificadas en dichos años, en un bosque secundario montano, Villa Mills, Costa Rica

Para todo el período de estudio, los valores de reclutamiento por hectárea y por año fueron estadísticamente similares en ambos tratamientos ($N=10$, $P=0.59$), con un promedio que alcanzó 44 y 40 individuos $ha^{-1} año^{-1}$ en las parcelas tratadas y control, respectivamente. Al considerar dos períodos de análisis (1991-92 a 1994 y 1994 a 1999), se obtuvo el mismo resultado, es decir, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($N=10$, $P=0.08$ para el primer período y $N=10$ y $P=0.76$ en el segundo), aún cuando el promedio de reclutas en el rodal tratado (55 ind. $ha^{-1} año^{-1}$) fue superior al del control (39 ind. $ha^{-1} año^{-1}$) en el primer período.

Un 45% de los reclutas fueron individuos de *Q. costaricensis*, con valores similares en ambos tratamientos; un 23% correspondió a individuos de *Q. copeyensis*, con un mayor porcentaje en las parcelas tratadas. Otras especies con alto reclutamiento fueron *D. granadensis*, *V. costaricanum*, *W. pinnata*, *S. pittieri*, *M. coriacea*, *C. gelida*, *H. bonplandianun* y *Solanum storkii*, que en conjunto, conformaron el 30% de la masa reclutada. El resto (2%) correspondió a individuos de otras 16 especies.

Según los registros, en los ocho años del estudio murieron sólo 63 individuos por causas naturales. Aproximadamente el 50% de ese total corresponde a la especie *S. storkii*, un 15% a *Q. costaricensis*, un 8% a *Q. copeyensis* y el 22% restante a otras seis especies. La tasa anual de mortalidad natural estimada para todo el período según el modelo logarítmico fue de 0.58% en el rodal de control y de 0.19% en el tratado, con diferencias significativas entre tratamientos ($N= 10$, $P= 0.001$). El tiempo medio de vida fue de 174 y 185 años, respectivamente.

En este bosque llama la atención el alto reclutamiento aunado a una baja mortalidad, pues contradice la creencia general de que en los bosques montanos los procesos dinámicos son lentos, si se consideran las condiciones climáticas (sobre todo temperatura y horas luz) como factores limitantes del crecimiento vegetativo. Cifras de aumento de densidad tan altas como las encontradas aquí, con un crecimiento de la población de un 11.7 y 13.6% $ha^{-1} año^{-1}$ en los rodales control y tratado, respectivamente, se mencionan en estudios de la dinámica de bosques secundarios muy jóvenes del piso basal,



entre los que se puede citar a Gomide *et al.* (1998), quienes reportan, para un bosque secundario de 14 años de edad, en el Estado de Amapá, Brasil, un reclutamiento del 14.63% ha⁻¹ año⁻¹, con una tasa de mortalidad del 5% para la población con dap \geq 5 cm.

Incremento diamétrico del rodal

Como se ha reportado en otros estudios de crecimiento de bosques tropicales (Lieberman y Lieberman 1987, Silva *et al.* 1995, Finegan y Camacho 1999), los incrementos diamétricos mostraron distribuciones asimétricas con sesgos positivos, con valores promedios y medianos más cercanos al valor mínimo que al máximo. Sin embargo, a diferencia de los estudios mencionados, esta población mostró incrementos con coeficientes de variación bajos y valores medianos muy cercanos al promedio (Fig. 5). Aún así, se usó la mediana para la caracterización del incremento, de manera tal que se pueda usar el valor para comparar con otros estudios.

En la población que sobrevivió a todo el período de estudio (N=1453 árboles), se encontraron diferencias significativas en el incremento diamétrico observado entre el grupo control y el tratado, tanto a nivel de la población total (5.7 vs. 7.6 mm año⁻¹, Z = 2.08, P = 0.004, Wilcoxon) como de los árboles de futura cosecha (6.4 vs. 8.7 mm año⁻¹, Z = 2.08, P = 0.004, Wilcoxon), con medianas más altas en el rodal tratado. La población de los individuos de especies comerciales que no calificaron como árboles de futura cosecha, así como la de las especies no comerciales, no mostró diferencias significativas entre tratamientos.

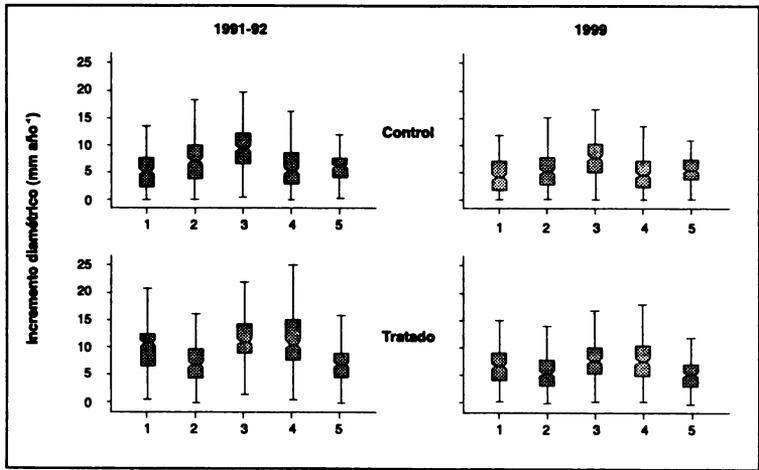


Figura 5. Distribución de los incrementos (dap \geq 10 cm) por tratamiento y repetición, al inicio y al final del estudio, en un bosque secundario montano, Villa Mills, Costa Rica. La caja central de cada gráfico representa los valores desde el primer al tercer cuartil, la mediana se localiza en la línea central y el promedio está representado por un punto. Las líneas verticales fuera de la caja llegan hasta las observaciones máxima y mínima y los puntos fuera de estas corresponden a valores extremos



Los incrementos diamétricos registrados en este bosque pueden considerarse altos y son comparables a los encontrados por otros autores en bosques secundarios de bajura (entre 7 mm año⁻¹ en Sánchez 1995 y 6 mm año⁻¹ en Gomide *et al.* 1998), con la diferencia que los incrementos registrados en el bosque en estudio poseen una menor variabilidad que la registrada en bosques de bajura (por ejemplo, Sánchez 1995), con intervalos cortos y coeficientes de variación bajos (Fig. 5). Por otra parte, estos incrementos son superiores a los encontrados en el bosque primario del área de investigación, a poca distancia del bosque secundario, donde el incremento mediano de los rodales de control y aprovechados alcanzó 0.9 a 2.2 mm año⁻¹ para toda la población, respectivamente (Camacho y Venegas en prep.).

La comparación entre períodos por medio de la prueba de t para datos pareados para el conjunto de árboles sobrevivientes (Cuadro 4) indicó que ambos tratamientos presentaron diferencias significativas en el incremento diamétrico observado entre 1991-92 a 1994 y de 1994 a 1999, (excepto en el conjunto de árboles de especies no comerciales), con una merma en el incremento diamétrico del segundo período que no puede ser claramente atribuida a la pérdida de efecto de la intervención silvicultural, porque la misma se dio tanto en el rodal tratado como en el de control. Esta tendencia podría responder a un efecto del cierre del dosel debido al alto reclutamiento en ambos tratamientos, o como señalan Clark y Clark (1994), a factores ambientales temporales.

Cuadro 4. Incrementos medianos individuales y del rodal (mm año⁻¹, dap ≥ 10 cm) para diferentes períodos de estudio y comparación entre tratamientos (*), en un bosque secundario montano en Villa Mills, Costa Rica

Grupo	Control	Tratado	Z*	Prob > Z
Toda la población				
1991-92 a 1994	6.6	9.1	1.6711	0.09
1994 a 1999	5.3	6.6	1.0445	0.29
Valor de t	5.70	4.89		
Prob > t	0.005	0.08		
Individuos de futura cosecha				
1991-92 a 1994	7.3	10.6	2.0889	0.03
1994 a 1999	6.0	7.7	1.6711	0.09
Valor de t	2.61	5.76		
Prob > t	0.059	0.004		
Otros individuos de especies comerciales				
1991-92 a 1994	6.9	8.8	1.2534	0.21
1994 a 1999	5.8	6.2	0.4179	0.67
Valor de t	4.23	4.76		
Prob > t	0.013	0.009		
Individuos de especies no comerciales				
1991-92 a 1994	4.3	5.4	0.8356	0.40
1994 a 1999	2.8	2.6	0.2089	0.83
Valor de t	2.00	2.54		
Prob > t	0.116	0.064		
(*) Prueba de Wilcoxon en sentido horizontal (comparación de medias entre tratamientos). Prueba de "t pareado" en sentido vertical (comparación de medias de la misma población entre dos períodos de medición).				



Incremento en árboles de futura cosecha de *Quercus* spp.

Como ya se mencionó, el género *Quercus* domina el bosque, con más del 65% del número de árboles y del 70% del área basal, por lo que se considera pertinente ahondar en la exploración de las tendencias del incremento en estas especies.

Durante el período que siguió a la aplicación del tratamiento (1991-92 a 1994), *Q. costaricensis* mostró un incremento diamétrico mediano de 12.8 mm año⁻¹ en el rodal tratado, el cual resultó significativamente más alto que el incremento observado en el rodal control (Cuadro 5). Para el segundo período en estudio (1994 a 1999), el incremento de esta especie en el rodal tratado bajó a 9.6 mm año⁻¹, con diferencias significativas entre períodos, pero no entre tratamiento y control. En *Q. copeyensis* no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los dos períodos, aunque los individuos siguieron la tendencia del rodal, es decir, presentaron una merma significativa en el crecimiento diamétrico durante el segundo período analizado. En todo caso, los incrementos encontrados son muy superiores a los reportados por Camacho y Venegas (en prep.) en un bosque primario cercano al sitio de estudio, que fueron de entre 1.1 a 3.9 mm año⁻¹ para las dos especies de *Quercus*.

En el Cuadro 6 se presentan los incrementos diamétricos anuales de las dos especies en función de cuatro variables independientes, sólo para el rodal tratado. La forma de la copa y la exposición a la luz mostraron una buena correlación con el

Cuadro 5. Incremento de los árboles de futura cosecha de *Quercus* (dap \geq 10 cm) en dos períodos de monitoreo, en un bosque secundario montano en Villa Mills, Costa Rica

Período	<i>Q. costaricensis</i>				<i>Q. copeyensis</i>			
	Control	Tratado	Z*	P>[Z]	Control	Tratado	Z*	P>[Z]
Mediana de incremento diamétrico (mm año⁻¹)								
91 (92)-94	7.4	12.8	2.0821	0.03	7.3	9.8	1.0104	0.31
94-99	6.1	9.6	1.5922	0.11	5.3	8.1	1.2990	0.19
t*	2.15	4.06			4.7	2.1		
P>[t]	0.120	0.015			0.017	0.122		
Incremento basimétrico (m² ha⁻¹ año⁻¹)								
91 (92)-94	0.13	0.16	0.6124	0.54	0.03	0.12	1.0104	0.31
94-99	0.13	0.15	0.6124	0.54	0.03	0.11	0.7217	0.47
t*	0.70	1.31			0.92	1.17		
P>[t]	0.533	0.259			0.424	0.326		
Incremento volumétrico (m³ ha⁻¹ año⁻¹)								
91 (92)-94	1.40	1.78	0.6124	0.54	0.32	1.25	1.0104	0.31
94-99	1.47	1.90	0.8573	0.39	0.34	1.31	1.0104	0.31
t*	1.32	1.85			0.63	1.94		
P>[t]	0.279	0.138			0.575	0.147		
(*) Prueba de Wilcoxon en sentido horizontal (comparación de medias entre tratamientos). Prueba de "t pareado" en sentido vertical (comparación de medias de la misma población entre dos períodos de medición).								



Cuadro 6. Incremento diamétrico mediano (mm año⁻¹) de los árboles de futura cosecha de *Quercus* en el rodal tratado (dap ≥ 10 cm) en función de tres variables silviculturales en un bosque secundario montano en Villa Mills, Costa Rica

	<i>Q. costaricensis</i>		<i>Q. copeyensis</i>	
	In-1994	1994-1999	In-1994	1994-1999
Exposición a al luz (N=15)				
Emergente y luz vertical plena	12.4	9.0	10.5	8.1
Luz vertical, parcial	9.6	6.8	6.9	3.3
Luz lateral/sin luz directa	7.2	4.2	5.0	2.9
Spearman, r*	0.4805	0.5187	0.7769	0.7897
P	0.0965	0.0331	0.0082	0.0066
Forma de copa (N=15)				
Círculo completo y círculo irregular	12.9	9.2	10.8	8.4
Medio círculo	8.8	5.6	8.5	5.7
Menos de medio círculo/pocas ramas	7.3	4.5	2.8	1.8
Spearman, r*	0.5241	0.6173	0.7890	0.9439
P	0.0544	0.0187	0.0067	0.0001
Clases diamétricas (N=15)				
10-19cm	12.1	8.7	10.2	7.6
20-29cm	11.9	9.1	10.6	8.5
30 cm	6.5	4.8	8.7	8.8
Spearman, r*	0.3684	0.2706	0.2583	0.4454
P	0.2948	0.4496	0.5021	0.2295
*Prueba de Correlación de Spearman				

incremento diamétrico, especialmente en *Q. copeyensis*. Resultados similares ya han sido reportados en bosques del piso basal con y sin tratamiento, tanto primarios (Peralta *et al.* 1987, Lieberman y Lieberman 1987, Silva *et al.* 1995, Finegan y Camacho 1999), como secundarios (Sánchez 1995).

La clase diamétrica inicial no mostró una asociación significativa con el incremento diamétrico en ninguna de las dos especies. A nivel del rodal, se encontró un resultado similar en el grupo control ($r=0.2557$, $P=0.31$, Spearman) que no coincide con las observaciones realizadas en bosques secundarios aproximadamente coetáneos del piso basal, durante la denominada fase de desarrollo o autoraleo (Finegan 1996).

Manejo silvicultural del bosque estudiado

El bosque secundario estudiado presenta un alto potencial para el manejo sostenible: una comunidad florísticamente simple, con una alta densidad de individuos de especies comerciales que también aparecen en el bosque primario, altas tasas de reclutamiento y un incremento diamétrico comparable a los registrados en los bosques de baja, el cual es positivamente afectado por las intervenciones silviculturales.

Bajo condiciones naturales, el bosque secundario montano presenta una alta predominancia de árboles codominantes, muy homogéneos en altura y con poca iluminación vertical, por lo que se debe recurrir a intervenciones silviculturales como las descritas en este estudio, con el fin de favorecer el crecimiento de los árboles seleccio-



nados por sus características de valor comercial, vitalidad y distribución en el área. Sin embargo, es posible que el efecto del raleo se pierda cuatro o cinco años después de su aplicación, como parecen sugerir los resultados obtenidos, por lo que se recomienda una secuencia de intervenciones cada cinco años, donde se eliminen algunos árboles concurrentes, para mantener una alta tasa de crecimiento de los individuos de futura cosecha. Si bien es cierto que la eliminación de árboles suprimidos o intermedios no tiene el efecto pretendido de disminuir significativamente la competencia por luz que sufren los árboles codominantes, el raleo conseguirá estabilizar la densidad de la población, que a juzgar por el alto reclutamiento y baja mortalidad encontrados, parece no haber encontrado un punto de equilibrio.

Con base en los incrementos diamétricos reportados en este estudio para las dos especies de *Quercus* en las clases diamétricas inferiores a 40 cm (Cuadro 6) y el reportado por Camacho y Venegas (en prep.) para el bosque primario, se estimó que el tiempo que demora un individuo de 10 cm de diámetro para alcanzar los 60 cm se encuentra entre 75 y 83 años (ver Cuadro 7). Por lo tanto, cualquier sistema silvicultural que se aplique a este bosque debe considerar que el turno de corta excederá el tiempo estimado. Olvera y Figueroa (1998) estimaron un período de rotación mínimo de 120 años para bosques de roble (*Quercus*) en la Sierra de Manantlán, México. En Alemania *Picea abies* alcanza 10 cm de diámetro a los 30 años y 52.6 cm en un turno de 130 años, sobre sitios buenos y bosques manejados (Prodán 1965).

Resulta evidente que esta evaluación del turno es muy preliminar, por lo que la investigación en parcelas permanentes, tanto en bosque secundario como en primario, deberá continuar con el fin de obtener información exacta y comprobada con relación a los procesos dinámicos que ocurren en los bosques montanos.

Cuadro 7. Estimación del tiempo requerido para alcanzar la siguiente clase diamétrica en dos especies de *Quercus* en un bosque secundario montano en Villa Mills, Costa Rica

Clases diamétricas	<i>Q. costaricensis</i>		<i>Q. copeyensis</i>	
	Inc. med. (mm año ⁻¹)	Proyección Años	Inc. med. (mm año ⁻¹)	Proyección Años
10-20 cm	12.1	8	10.2	10
20-30 cm	11.9	9	10.6	9
30-40 cm	6.5	15	8.7	11
40-50 cm	5.6*	18	3.6*	28
50-60 cm	4.0*	25	4.0*	25
Tiempos en años		75		83
(*) Fuente: Camacho y Venegas (en prep.).				



Anexo 1. Lista de Especies

Nombre común	Nombre científico	Familia	EA	GC
Azahar	<i>Clusia talamancana</i> Hammel.	Clusiaceae	L	NC
Cacho de venado	<i>Oreopanax xalapense</i> (H.B.K.) Decne & Planch.	Araliaceae	L	NC
Salvia	<i>Aegiphila odontophylla</i> Donn. Sm.	Verbenaceae	So	NC
Huesillo	<i>Ardisia compressa</i> H.B.K.	Myrsinaceae	So	NC
Nance	<i>Clethra gelida</i> Standley.	Clethraceae	So	C
Carnetoro	<i>Escallonia myrtilloides</i> L.f.	Grossulariaceae	So	NC
Candelilla	<i>Fuchsia arborescens</i> Sims.	Onagraceae	So	NC
Agüilla	<i>Hedyosmum bonplandianum</i> Kunt.	Chloranthaceae	So	NC
Uña de gato	<i>Miconia schnellii</i> Wurdack.	Melastomataceae	So	NC
Duraznillo	<i>Rhamnus oreodendron</i> L.O.Williams.	Rhamnaceae	So	NC
Zorrillo	<i>Solanum storkii</i> C.V. Morton & Standley.	Solanaceae	So	NC
Curá	<i>Viburnum costaricanum</i> (Oerst) Hemsl.	Caprifoliaceae	So	NC
Lagartillo	<i>Zanthoxylum chiriquinum</i> Standley.	Rutaceae	So	NC
Ira amarillo	<i>Aiouea</i> sp.	Lauraceae	DI	C
Ascá	<i>Beilschmiedia pendula</i> (Sw) Hemsl.	Lauraceae	DI	NC
Ratoncillo	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw) R.Br.exRoem & Schult.	Myrsinaceae	DI	NC
Azulillo	<i>Ilex pallida</i> Standley.	Aquifoliaceae	DI	NC
Yema de huevo	<i>Ocotea fulvescens</i> Standley & L.Williams.	Lauraceae	DI	C
Papayillo	<i>Schefflera pittieri</i> Harms.	Araliaceae	DI	C
Madroño	<i>Vaccinium consanguineum</i> Klotzsch.	Ericaceae	DI	NC
Titora	<i>Cleyera theaeoides</i> (Swartz) Choisy.	Theaceae	DM	C
Lloró	<i>Cornus disciflora</i> D.C.	Cornaceae	DM	C
Chilemuela	<i>Drimys granadensis</i> L.f.	Winteraceae	DM	C
Ira rosa	<i>Ocotea austinii</i> C.K.Allen.	Lauraceae	DM	C
Cipresillo	<i>Podocarpus macrostachyus</i> Parl.	Podocarpaceae	DM	C
Lorito	<i>Prumnopitys standleyi</i> (Buchholz & N.Gray) de Laub.	Podocarpaceae	DM	C
Limoncillo	<i>Prunus cornifolia</i> Koehne.	Rosaceae	DM	C
Resina	<i>Styrax argenteus</i> Presl.	Styracaceae	DM	C
Cuerillo	<i>Symplocos serrulata</i> H.B.K.	Symplocaceae	DM	NC
Arrayán	<i>Weinmannia pinnata</i> L.	Cunoniaceae	DM	C
Encino	<i>Quercus costaricensis</i> Liebm.	Fagaceae	DS	C
Roble blanco	<i>Quercus copeyensis</i> C.H.Müller.	Fagaceae	DS	C

Estrato arbóreo: L: liana; So: sotobosque, bajo los 8 m de altura;

DI: dosel inferior, entre 8 y 20 m de altura; DM: dosel medio, entre 20 y 30 m de altura;

DS: dosel superior, sobre los 30 m de altura.

Grupo comercial: C: comercial; NC: no comercial.



Bibliografía

- Blaser, J. 1990. Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque nublado de robles (*Quercus* spp.) del piso montano de Costa Rica. Trad. Cesar Sabogal. Tesis Ph.D. Universidad de Gotingen, Alemania. 241 p.
- Brown, S.; Lugo, A. 1990. Tropical secondary forest. *Jour. of Tropical Ecology* 6: 1-32.
- Camacho, M.; Venegas, G. (en prep.) Dinámica de un bosque primario montano sometido a dos intensidades de aprovechamiento comercial. CATIE, Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales.
- Chaverri, A.; Jimenez, W. 1996. Las tierras altas de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. ¿Hacia un desarrollo sostenible?. *Revista Forestal Centroamericana* 17: 11-17.
- Clark, D. A.; Clark, D. B. 1994. Climate-induced annual variation in canopy tree growth in a Costa Rican tropical rain forest. *Journal of Ecology* 82: 865-872.
- Curtis, J. F.; McIntosh, R. P. 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* 31: 434-450.
- 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.
- Díaz, A. 1996. Efecto de un raleo sobre el crecimiento de un bosque secundario de altura, Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Costa Rica. 82 p. + anexos.
- Finegan, B. 1996. Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. *Trends in Ecology and Evolution* 11:119-124.
- Finegan, B.; Camacho, M. 1999. Stand dynamics in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest 1988-1996. *Forest Ecology and Management* 121:177-189.
- Gomide, G. L. A.; Sanquetta, C. R.; Silva, J. N. M. da. 1998. Dynamics of a tropical secondary forest in Anapá State, Brazil. IN: Guariguata, M. and Finegan, B. (eds). *Ecology and Management of Tropical Secondary Forest: Science, people and policy. Proceedings of the CATIE/CIFOR/IUFRO Conference, CATIE, Turrialba, Costa Rica 10-12 November 1997.* CATIE/CIFOR. pp: 99-108.
- Helmer, E. H. 1999. The landscape ecology of secondary tropical forest in montane Costa Rica. Thesis Ph. D. Oregon State University, USA. 106 p.
- Kappelle, M. 1993. Recovery following clearing of an upper montane *Quercus* forest in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 41: 47-56.
- Kappelle, M.; Juárez, M.E. 1995. Zonación agroecológica según un gradiente altitudinal en el piso montano de la Reserva Forestal Los Santos en Costa Rica. *Mountain Research and Development* 15 (1) p. 19-37.
- Lieberman, D.; Lieberman, M. 1987. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). *Journal of Tropical Ecology* 3: 347-358.
- MIRENEM/PAFCR. 1990. Plan de acción forestal para Costa Rica. Documento base, Área 1: Forestería en el uso de la tierra. Costa Rica.
- Olvera, M.; Figueroa, B. 1998. Ecology and silviculture of oak and mixed-oak forests in the Sierra de Manantlán, México: seeking for a sustainable forest management in a biosphere reserve. IN: Guariguata, M. and Finegan, B. (eds). *Ecology and Management of Tropical Secondary Forest: Science, people and policy. Proceedings of the CATIE/CIFOR/IUFRO Conference, CATIE, Turrialba, Costa Rica 10-12 November 1997.* CATIE/CIFOR. pp: 121-135.
- Pedroni, L. 1990. Inventario de la regeneración natural del charral del Área Piloto de Villa Mills. Proyecto de Silvicultura de Bosques Naturales, CATIE. Costa Rica. 20 p.
- 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.
- Prodan, M. 1965. *Holzmesstechnik*. J. D. Saverlander's Verlag, Frankfurt/Main. 644 p.
- Sánchez; 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. + anexos.



- SAS, STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. 1985. SAS version 6 ed.: software and manuals. SAS Institute Inc. Cary, N. C., USA.
- Segura, M. A.; Venegas, G. 1999. Tablas de volumen comercial con corteza para encino, roble y otras especies del bosque pluvial montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. CATIE, Informe técnico No. 306. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales No. 15. 44 p.
- 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; Vancley, J. K.; Skovsgaard, J. P. 1995. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazonas 13 years after logging. *Forest Ecology and Management* 71: 267-274.
- 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.
- Sips, P. 1993. Management of tropical secondary rain forests in Latin America: today's challenge, tomorrow's accomplished fact?. *Wageningen*. 71 p.
- Smith, J.; Sabogal, C.; Jong, W. de; Kaimowitz, D. 1997. Bosques secundarios como recurso para el desarrollo rural y la conservación ambiental en los trópicos de América Latina. *In: Memorias del Taller Internacional sobre el Estado Actual y Potencial de Manejo y Desarrollo del Bosque Secundario Tropical en América Latina*. Pucallpa (Perú). 2-6 Junio 1997. pp. 79-106.



Títulos publicados en esta Colección
(Anteriormente llamada Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales)

1. **Blaser, J.; Camacho, M.** Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque de roble (*Quercus* spp.) del piso montano en Costa Rica
2. **Orozco, L.** Estudio ecológico y de estructura horizontal de seis comunidades boscosas de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica
3. **Pedroni, L.** Sobre la producción de carbón en los robledales de altura de Costa Rica
4. **Räber, C.** Regeneración natural sobre los árboles muertos en un bosque nublado de Costa Rica
5. **Finegan, B.** El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas
6. **Aus der Beek, R.; Sáenz, G.** Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque; estudio de caso en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica
7. **Hutchinson, I.D.** Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo
8. **Aus der Beek, R.; Navas, S.** Técnicas de producción y calidad del carbón vegetal en los robledales de altura de Costa Rica
9. **Quirós, D.; Finegan, B.** Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica; definición de un plan operacional y resultados de su aplicación
10. **Stadtmüller, T.** Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales; medidas para mitigarlo
11. **Camacho, M.; Finegan, B.** Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: el crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial



-
12. **Delgado, D.; Finegari, B.;** Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: cambios en la riqueza y composición de la vegetación
 13. **Quir s, D.; G me z, M.** Manejo sustentable de un bosque primario intervenido en la Zona Atlántica Norte de Costa Rica; análisis financiero
 14. **Guariguata, M.** Consideraciones ecológicas sobre la regeneración natural aplicada al manejo forestal
 15. **Segura, M.; Venegas, G.** Tablas de volumen comercial con corteza para encino, roble y otras especies del bosque pluvial montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica
 16. **Guariguata, M.** Biología de semillas y plántulas de nueve especies arbóreas comunes en bosques secundarios de bajura en Costa Rica; implicaciones para el manejo forestal basado en la regeneración natural
 17. **Romero, C.** Epífitas no vasculares comerciales de un bosque montano tropical; ecología, efectos de la tala y manejo
 18. **Campos, J.; Ortiz, R.; Smith, J.; Maldonado, T.; de Camino, T.** Almacenamiento de carbono y conservación de biodiversidad por medio de actividades forestales en el Area de Conservación Cordillera Volcánica Central, Costa Rica
 19. **Pedroni, L.; De Camino, R.** Un marco lógico para la formulación de estándares de manejo forestal sostenible
 20. **Venegas Villegas, G.; Camacho Calvo, M.** Efecto de un tratamiento silvicultural sobre la dinámica de un bosque secundario montano en Villa Mills, Costa Rica