

# Impacto de las intervenciones silviculturales en los robledales de altura

Estudio de caso en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica

Robin aus der Beek  
Grace Sáenz Sánchez

## RESUMEN

Se presentan los resultados preliminares de un estudio sobre el impacto de intervenciones silviculturales en los robledales de altura de Costa Rica (Cordillera de Talamanca). Se pretende demostrar que aunque las exigencias sobre el bosque a veces parecen ser incompatibles (protección versus planificación) una buena planificación del manejo forestal logra encontrar alternativas que permiten crear beneficios tangibles para la sociedad derivados de las funciones intrínsecas del bosque, como la protección de los suelos, la regulación del régimen hídrico de cuencas, la conservación de biodiversidad y de áreas de recreación. Además se generan ingresos para el dueño del bosque y para la población campesina involucrada en las actividades de aprovechamiento y comercialización de los productos forestales.

## SUMMARY

**Impact of a silvicultural intervention on a high oak forest in Costa Rica. A case study of Cordillera of Talamanca, Costa Rica.** The study demonstrates that even though the demands on the forest sometimes seem incompatible (protection versus production), a good management forest planification allows to find alternatives that create concrete benefits for society derived from the intrinsic functions of forest: like soil protection, hidric regimen regulation, biodiversity conservation and recreation areas. Also benefits for the forest owner and for the local community involved in the exploitation activities and forest products commercialization are generated.

**Palabras clave:** silvicultura; Bosque Nuboso; manejo forestal; planificación; Talamanca; Costa Rica.

*Actualmente se están viviendo grandes cambios en las exigencias que la sociedad pone sobre el bosque. La escasez de maderas, así como el reconocimiento de la estrecha correlación entre destrucción del bosque y consecuentes catástrofes naturales, conllevan a reformular la concepción tradicional de manejo forestal. El manejo del bosque, orientado hacia la producción sostenible de madera, debe satisfacer un número cada vez mayor de necesidades formuladas por la sociedad, con aplicaciones tanto económicas como tecnológicas y ecológicas. En este sentido, el éxito del manejo forestal y su sostenibilidad no pueden medirse únicamente en el cumplimiento de la producción maderera, sino en el cumplimiento de todas las funciones brindadas por el bosque.*

El presente artículo presenta los resultados preliminares de un estudio sobre el impacto de intervenciones silviculturales en los robledales de altura de Costa Rica (Cordillera de Talamanca). Por medio de este análisis se quiere demostrar que, aunque las exigencias sobre el bosque a veces parecen ser incompatibles (protección vs. producción), una buena planificación del manejo forestal logra beneficios tangibles para la sociedad derivados de las funciones intrínsecas del bosque, (protección de suelos, regulación del régimen hídrico de cuencas, conservación de biodiversidad y de áreas de recreación, generación de empleo, producción de madera, (Pedroni 1991). Además se generan ingresos tanto para el dueño del bosque y para la población campesina involucrada en las actividades de aprovechamiento y comercialización de los productos forestales extraídos (leña, carbón vegetal, productos forestales no maderables, etc.)

## Area de estudio

El Area Experimental de Villa Mills-Siberia se localiza en la parte noroccidental de la Cordillera de Talamanca (Costa Rica), entre 2 650 y 2 800 msnm. El clima se caracteriza por temperaturas medias anuales de 11,3 °C, con

temperaturas diarias mínimas bajo los 0 °C y máximas sobre los 20 °C. La precipitación alcanza 2 013 mm anuales en promedio (CATIE 1996). La topografía varía de ligeramente ondulada a fuertemente ondulada, con exposiciones norte a noreste (CATIE 1996).

Según el sistema Holdridge (1971), el área de estudio se encuentra en la zona de vida bosque muy húmedo montano. En el Área Experimental Villa Mills-Siberia, Blaser y Camacho (1991) distinguen dos comunidades boscosas principales:

**Bosque mixto de encino:** En esta asociación el estrato arbóreo está dominado por *Quercus costaricensis* y *Q. copeyensis*, y el sotobosque por *Chusquea talamancensis*. Para el conjunto de árboles con dap  $\geq$  5 cm, esta asociación presenta 35 especies, distribuidas en 998 árboles/ha, con un área basal de 48,1 m<sup>2</sup>/ha y un volumen aprovechable (con corteza) de 573 m<sup>3</sup>/ha.

**Bosque de roble blanco:** Esta asociación está dominada por *Q. copeyensis* en el estrato arbóreo, mientras que *Chusquea tomentosa* domina el sotobosque. Para el conjunto de árboles con dap  $\geq$  5 cm, se presentan 37 especies distribuidas en 695 árboles/ha, con un área basal de 51,9 m<sup>2</sup>/ha y un volumen aprovechable de 713 m<sup>3</sup>/ha. Independientemente de esta distinción entre dos tipos de bosques, los robledales de altura en general tienen características comunes, que merecen ser mencionadas, por ser de gran ventaja para las intervenciones silviculturales. Cabe destacar que el manejo de este tipo de bosque no está enfocado en la función de producción de madera, sino más bien en el cumplimiento óptimo de todas las funciones y ecoservicios brindados por los robledales.

## Intervenciones silviculturales:

### Objetivos

En los bosques de bajura se suele separar las intervenciones silviculturales en dos operaciones distintas: el aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural. Las dos operaciones se basan en criterios de selección muy distintos y por lo tanto no se ejecutan simultáneamente. El tratamiento silvicultural pretende favorecer los árboles de futura cosecha, partiendo de las condiciones del bosque después de realizarse el aprovechamiento comercial. En el caso de los ro-



Las intervenciones silviculturales deben tomar en cuenta que la producción y la protección no son funciones contradictorias. (Foto: F. Solano).

bledales de altura, por su composición florística, estructura y altos volúmenes de madera comercial, la decisión de cortar o de dejar en pie un árbol siempre se basa en la consideración de criterios silviculturales orientados al cumplimiento de las funciones del bosque. Por esta razón, no se justifica la separación

entre aprovechamiento forestal y tratamiento silvicultural, sino que ambas operaciones son integradas en una sola, denominada intervención silvicultural, con la cual se busca:

1. Conservar o mejorar la producción hídrica del bosque.
2. Mantener la composición y estructura del bosque.
3. Conservar especies ecológicamente importantes de flora y fauna.
4. Mantener una cobertura forestal permanente para la protección de los suelos.
5. Generar empleo para la población local.
6. Garantizar la producción sostenible de madera.

### Criterios de selección

Tomando en cuenta las características de los robledales el sistema silvicultural que mejor se ajusta para su manejo es el basado en el método de selección, pero pasando de la mezcla individual de árboles de diferentes clases diamétricas a una mezcla de pequeños grupos de árboles (200-1 000 m<sup>2</sup>) de determinada clase diamétrica. El número de árboles que conforman el grupo seleccionado, depende de la clase diamétrica considerada y es inversamente proporcional a la misma. De esta forma es posible manejar los robles en pequeños colectivos y al mismo tiempo no se altera demasiado la estructura del bosque original. Una vez definidos los colectivos de árboles, se realizan las respectivas intervenciones silviculturales, aplicando los siguientes criterios de intervención:

- Mantener una cobertura forestal permanente y no cortar más del 30-40% del área basal inicial. Intervenciones más fuertes podrían afectar la estabilidad del rodal remanente por



los fuertes vientos que afectan la zona, y provocar un impacto negativo sobre las funciones hidrológicas y de protección del bosque.

- En colectivos que presentan brinzales, realizar raleos aplicando una selección negativa para eliminar únicamente individuos de mala calidad.
- En colectivos que presentan latizales, realizar raleos aplicando una selección positiva para favorecer a los mejores individuos.
- En colectivos que presentan árboles de dap >10 cm, realizar raleos según las exigencias del caso. En especial modo se favorecen árboles que presentan buena calidad de fuste y copa, eliminando la competencia de otros individuos de menor calidad. Por otro lado, para mantener la diversidad florística se deben conservar las especies presentes y sobre todo las especies de importancia ecológica (aunque no tengan valor comercial).
- En colectivos de árboles maduros se debe empezar el proceso de promover la regeneración natural. No es necesario aplicar una corta preparatoria con el propósito de liberar los árboles padres, pero se debe favorecer la regeneración de las especies ecológicamente importantes como *Podocarpus* sp., *Magnolia* sp. y *Ocotea* (por su importancia en la alimentación de los quetzales (*Pharomachrus mocinno*)).
- Mantener en pie fustes muertos para la nidificación y alimentación de aves. Dejar corredores biológicos como refugio para la fauna durante la aplicación de las intervenciones silviculturales. Para facilitar el desplazamiento de pequeños roedores, dejar algunos fustes caídos de especies no comerciales.

Seguidamente se presentan los resultados de las intervenciones silviculturales realizadas en el año 1991 en el área experimental de Villa Mills en dos parcelas de 1 ha, de las cuales se extrajo 20% y 30% de área basal, respectivamente. Para determinar la efectividad de las intervenciones, en cuanto al cumplimiento de las funciones del bosque, los resultados se presentan por objetivos.

### Producción hídrica

La interceptación de la precipitación por parte de la copa de los árboles es uno de los factores que más influyen en la recarga

de que los posibles focos temporales de erosión sean inmediatamente amortiguados por zonas aledañas no intervenidas.

En el caso de Villa Mills, estas y otras medidas recomendadas por Stadtmüller (1994) fueron aplicadas. En el Cuadro 1 se presenta un resumen del balance hídrico calculado con base en el área basal remanente en las parcelas. Como se puede observar, la actividad silvicultural en el bosque afectó principalmente la interceptación, lo cual modificó el régimen hídrico, aumentando la recarga del acuífero.

**Cuadro 1. Resumen del balance hídrico anual, en bosques con por distintos valores de área basal remanente (Turcios 1995).**

Hábitat	Pt	I	Pi	Esc	Etr	Rec	m <sup>2</sup> /ha
AB = 46,93 m <sup>2</sup> /ha (Sin intervenir)	2006,0	34,4	1316,1	0,0	556,5	759,7	759,0
AB = 28,15 m <sup>2</sup> /ha (Interv. 20% AB)	2006,0	24,2	1521,0	0,0	474,0	1046,8	10468,0
AB = 24,37 m <sup>2</sup> /ha (Interv. 30% AB)	2006,0	25,2	1500,7	0,0	566,9	933,9	9339,0

Pt: precipitación total (mm)  
I: interceptación (%)  
Pi: precipitación que infiltra (mm)  
Esc: escorrentía superficial (mm)  
Etr: evapotranspiración potencial (mm)  
Rec: recarga del acuífero (mm)

del acuífero en suelo forestal (Turcios 1995). Es decir que si se reduce el número de los árboles en el bosque, se reduce también la interceptación de la precipitación, lo cual conlleva a una mayor recarga del acuífero. En este sentido, las intervenciones silviculturales permiten mantener o aumentar la producción hídrica del bosque; no obstante, se debe asegurar que el área basal remanente no limite la capacidad del bosque de cumplir con su función de protección de los suelos contra derrumbes y erosión. Para garantizar un impacto hidrológico mínimo, Stadtmüller (1994) recomienda no eliminar más de un 30%-40% del área basal, así como usar un sistema de intervención de tipo mosaico para ga-

### Composición y estructura del bosque

En las parcelas de estudio, *Quercus costaricensis* puede ser considerada la especie más importante, con valores de abundancia absoluta de aproximadamente 30% y 60-65% (en ambas parcelas, tanto antes como después de las intervenciones). En el grupo de Otras especies, *Ilex* sp., *Ocotea* sp., *Cythea gracilis* resultan ser las más abundantes.

Como se puede apreciar en el Cuadro 2, ambas intervenciones mantuvieron la composición del bosque; solo se alteró, en forma relativamente equitativa, el número de árboles por especie. En ambos tratamientos se observa la aparición de una especie nueva



en los inventarios post-impacto de árboles con  $dap \geq 10$  cm, realizados cuatro años después de la intervención silvicultural. Por la dimensión de los árboles, se puede deducir que las plantas de estas especies ya estaban presentes en el bosque antes de la intervención, pero no fueron inventariadas porque no habían alcanzado el diámetro mínimo para el inventario (10 cm).

Las Figuras 1 y 2 muestran el impacto de las intervenciones sobre la distribución del área basal por clase diamétrica. En ambas intervenciones la reducción del área basal no se concentró únicamente en las clases diamétricas mayores (como en el caso de un aprovechamiento forestal tradicional), sino que, de acuerdo con las necesidades del caso, se cortaron también árboles de las clases diamétricas inferiores con el fin de favorecer a otros árboles de mejor calidad o de alto valor ecológico.

Con base en este análisis se puede afirmar que si bien las intervenciones silviculturales, han reducido el número de árboles, dejaron poco alterada la estructura del bosque y no modificaron su composición.

### Conservación de especies

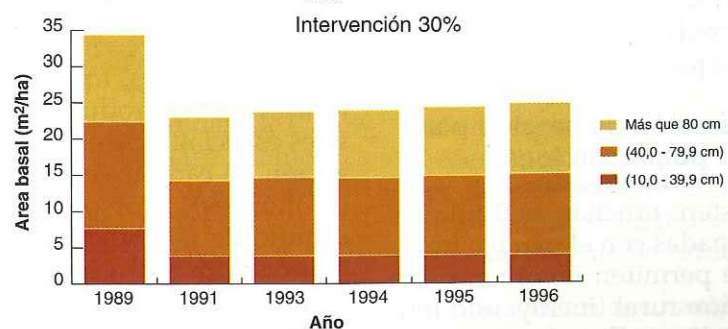
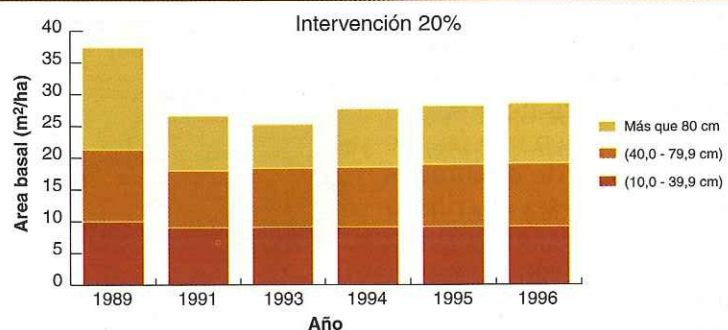
Se conoce muy poco sobre la importancia ecológica de cada especie del bosque. En el caso de los robledales de altura existe un listado preliminar de las especies de alto valor ecológico. De éstas las que se encuentran en Villa Mills-Siberia son el quetzal (*Pharomachrus mocinno*) en cuanto a la fauna y *Podocarpus* sp. y *Cyathea gracilis* en cuanto a la flora. Todavía no se conoce con certeza el impacto que las intervenciones han tenido sobre la población de quetzales. Sin embargo, al favorecer árboles del género *Ocotea*

del cual se alimenta el quetzal, al no variar la composición del bosque y al dejar en pie árboles muertos para su nidificación, se puede suponer que se mantienen

condiciones adecuadas para el desarrollo poblacional de esta especie. Por otro lado, un estudio sobre el impacto de las intervenciones silviculturales en la pobla-

**Cuadro 2. Número de árboles (N/ha) por especie, antes y 4 años después de la intervención silvicultural (DAP mayor que 10 cm).**

Especie	Parcela 1 Intensidad 20%		Parcela 2 Intensidad 30%	
	Preimpacto (36,43 m <sup>2</sup> /ha)	Post-impacto (28,15 m <sup>2</sup> /ha)	Preimpacto (35,55m <sup>2</sup> /ha)	Pos-impacto (24,37 m <sup>2</sup> /ha)
<i>Dendropanax querceti</i>	14	16	7	22
<i>Weinmannia</i> sp.	19	10	14	16
<i>Ilex</i> sp.	62	46	41	38
<i>Drimys granadensis</i>	15	5	11	7
<i>Cyathea gracilis</i>	27	15	29	17
<i>Podocarpus</i> sp.	13	10	8	8
<i>Symplocos</i> sp.	25	10	16	10
<i>Viburnum costaricensis</i>	3	1	2	1
<i>Quercus costaricensis</i>	157	130	161	140
<i>Ardisia compressa</i>	2	1	1	1
<i>Ocotea</i> sp.	59	33	70	55
<i>Zanthoxylum</i> sp.	13	8	15	8
<i>Rhammus oreodendr.</i>	0	0	1	1
<i>Prunus cornifolia</i>	29	13	24	19
<i>Prumnopitys standl.</i>	2	2	1	1
<i>Vaccinium consang.</i>	79	43	39	32
<i>Saurauia costaricensis</i>	79	43	39	32
<i>Schefflera pittieri</i>	8	1	11	4
<i>Grammadenia</i> sp.	14	6	28	19
<i>Styrax argenteus</i>	17	15	11	11
<i>Cleyera theaeoides</i>	24	13	2	2
<i>Miconia</i> sp.	9	3	2	2
<i>Ocotea fulvencens</i>	3	2	0	0
<i>Quercus copeyensis</i>	0	1	5	4
<i>Solanum vacciniflor</i>	0	0	0	1
<i>Clusia</i> sp.	0	0	4	2
<b>Total (N/ha)</b>	<b>599</b>	<b>386</b>	<b>509</b>	<b>424</b>



**Figuras 1 - 2. Distribución del área basal por clase diamétrica: intervenciones al 20% y 30%.**



ción de pequeños roedores (considerados un buen indicador del impacto sobre la fauna), demostró que si bien se dio una reducción de la población en el año siguiente a las operaciones de extracción, ésta se recuperó rápidamente en los años siguientes, hasta volver al estado de un bosque no intervenido (Lanzewiski 1991).

En relación con las especies de flora de importancia ecológica, los valores reportados en el Cuadro 2 muestran que aunque el número de árboles por especie ha disminuido, todavía quedan suficientes individuos para su conservación.

### Mantenimiento de la cobertura forestal para protección de suelos

Los valores relativamente altos en cuanto a número de árboles con diámetros superiores a los 10 cm (Cuadro 2), la alta abundancia de regeneración natural (Cuadro 3), y su distribución uniforme, demuestran que se logró mantener una buena cobertura forestal en toda el área intervenida. Por otro lado, no se realizaron operaciones de arrastre durante la época lluviosa, no se cortaron árboles en una faja de 20-30 m a lo largo de quebradas o fuentes de agua (si el criterio de selección era únicamente para efectos comerciales) y no se permitió que la maquinaria para la extracción saliera de la red vial, lo cual redujo el impacto sobre el sotobosque y el suelo.

### Generación de empleo para población local

Existen muchas actividades relacionadas con el manejo forestal que permiten involucrar a la población rural (incluyendo mujeres y niños). Entre estas se puede mencionar la producción de

leña, postes y carbón (utilizando las ramas o trozas muy torcidas de los árboles aprovechados) y el aprovechamiento de productos vegetales no maderables.

Las intervenciones del 20 y 30% del área basal permitieron a los campesinos producir 156 y 122 m<sup>3</sup> estéreos de leña por hectárea, 36 y 54 m<sup>3</sup>/ha de madera así como 37 y 20 postes por hectárea, respectivamente. Además, un estudio realizado sobre productos vegetales no maderables dio como resultado un listado de más que 70 especies actualmente utilizadas por la población campesina local, en parte para la comercialización y para uso en la vivienda (Lafranchi 1996). Se logró garantizar la generación de

valores actuales netos alcanzados después de 17 años de actividad (Cuadro 4).

### Impacto de las intervenciones silviculturales en la regeneración natural

En el Cuadro 5 se presentan los valores medianos, máximos y mínimos de los incrementos en diámetro obtenidos durante los primeros tres años de mediciones (93-96). Los valores mínimos negativos en el incremento diamétrico, se deben a posible, cambios en el diámetro de los individuos debido a factores climáticos. Para el análisis estadístico se tomaron en cuenta los valores medianos, calculados sin incluir los valores negativos mencionados

**Cuadro 3. Densidad de plantas por especie y categoría de regeneración (individuos con 0,30 m de altura y 9,9 cm dap), después de las intervenciones silviculturales.**

Especie	Parcela 1		Parcela 2	
	Brinz (N/ha)	Latz (N/ha)	Brinz (N/ha)	Latz (N/ha)
<i>Q. costaricensis</i>	770	400	2690	1010
<i>Q. copeyensis</i>	0	30	0	0
Otras	580	300	1020	890
Total	1350	730	3710	1900

**Cuadro 4. Valores actuales netos (US\$) para una empresa forestal campesina dedicada al manejo de los robledales de altura, después de 17 años de actividad (Hernández 1992).**

Modelo de la empresa	Tasa de descuento	VAN (en US\$)		
		considerando un aumento anual del precio de la madera de		
Empresa campesina (Concebida para el manejo de 80 ha anuales, con una rotación de 17 años; está formada por un director administrativo, dos ingenieros forestales, dos técnicos forestales y una secretaria).	10%		15%	20%
	27%	+ 3890	+ 423541	+ 1031765
	22%	+ 77138	+ 717435	+ 1673909
	17%	+ 204050	+ 122893	+ 2805107

empleo, capacitando y contratando obreros forestales de la zona, involucrando campesinos en la producción y comercialización de leña y postes, formando una asociación de productores forestales especializada en comercialización de carbón vegetal (grupo de mujeres). Por otro lado, un estudio de factibilidad para una empresa forestal campesina autosuficiente, dedicada al manejo de los robledales, resultó ser muy prometedor con base en los

Al aplicar la prueba Mann-Whitney para comparar el incremento diamétrico de una misma especie en los dos tratamientos, se encontraron diferencias estadísticamente significativas, tanto para *Q. costaricensis*, como para el grupo de otras especies, siendo mayor en ambos casos el crecimiento encontrado en la parcela con extracción del 30% AB.

De este breve análisis sobre la reacción de la regeneración natu-

ral a las intervenciones silviculturales, se puede concluir que tanto por su densidad (95%) y su crecimiento sus altas tasas de sobrevivencia, la regeneración natural después de las intervenciones silviculturales es adecuada para asegurar la sostenibilidad del manejo.

### Impacto de las intervenciones silviculturales en el rodal remanente (dap > 10 cm)

#### Mortalidad

La mortalidad de los árboles (Cuadro 6) se calculó con base en la fórmula de Swaine *et. al.* (1987):

$$m(\%) = (\ln n_0 - \ln n_t) * 365 / t$$

donde  $n_0$  y  $n_t$  son el número de los árboles registrados en el primer y segundo inventario respectivamente (sin incluir los reclutamientos) y  $t$  los días transcurridos entre un inventario y el siguiente.

Los resultados obtenidos indican un aumento de la mortalidad después de las intervenciones silviculturales; sin embargo, los valores se mantienen a niveles relativamente bajos si se comparan con los valores indicados por Alder (1995), de 1,5% para bosques no intervenidos y 2,5% en bosques con algún tipo de alteración.

#### Reclutamiento

Como reclutamiento se entienden todos aquellos árboles que, entre un inventario y el siguiente, ingresaron a la clase diamétrica inferior (dap = 10-39,9 cm). Los valores obtenidos se presentan en el Cuadro 6, en N/ha/año tomando en cuenta todas las especies.

Estos valores, aún siendo relativamente bajos en comparación

con los obtenidos en Malasia (1987) de 11,8 N/ha/año (1947-1963) y 20,98 N/ha/año (1971-1981), superan considerablemente las tasas de mortalidad encontradas.

La intervención de 20% existe evidencia estadística de un mayor incremento diamétrico únicamente en el período siguiente a las intervenciones mismas. Para el conjunto de las otras especies no se

**Cuadro 5. Incremento diamétrico periódico (cm) por grupo de especies y tratamiento (individuos con 0,30 m de altura y 9,9 cm dap).**

Especie	años	Incremento en diámetro							
		Parcela 1 (AB=28,15 m <sup>2</sup> /ha)				Parcela 2 (AB=24,37 m <sup>2</sup> /ha)			
		N	Med.	Max.	Min.	N	Med.	Max	Min.
<i>Quercus costaricensis</i>	93-94	86	0,2	0,9	-0,2	148	0,3	1,0	-0,1
	94-95		0,2	1,0	-0,2		0,2	1,0	-0,2
	95-96		0,1	0,8	-0,1		0,2	0,8	-0,2
<i>Quercus copeyensis</i>	93-94	3	0,7	1,0	0,3	0	-	-	-
	94-95		0,3	0,6	0,0		-	-	-
	95-96		0,1	0,8	0,0		-	-	-
Otras especies	93-94	52	0,2	0,7	-0,1	98	0,2	1,0	-0,2
	94-95		0,1	0,5	-0,2		0,2	0,7	-0,2
	95-96		0,1	0,5	-0,2		0,1	1,0	-

**Cuadro 6. Tasas de mortalidad natural y reclutamiento por intensidad de intervención para el período antes (1989-1991) y después (1991-1995) de las intervenciones silviculturales.**

Período	Parcela 1		Parcela 2	
	Mortalidad	Reclutamiento	Mortalidad	Reclutamiento
89-91	0,2	8	0,1	11
91-93	0,4	8	1,4	7
93-94	1,4	11	1,4	17
94-95	0,1	11	0,3	6

#### Incremento diamétrico

En el Cuadro 7 se presenta, resumidamente, el impacto de las intervenciones silviculturales sobre el incremento diamétrico de los árboles, comparando los valores obtenidos antes de las intervenciones y después de las mismas. Para *Q. copeyensis* no se realizó un análisis separado, debido a que las parcelas consideradas no presentaron suficientes árboles para tal fin.

El mayor impacto de las intervenciones se presentó principalmente sobre los árboles de *Q. costaricensis* en la clase diamétrica 10-39,9 cm. En el caso de una intensidad de intervención del 30%, el impacto favorable sobre el incremento diamétrico se mantuvo hasta la última medición realizada (1994-1995); mientras que con una intensidad de inter-

ha encontrado evidencia estadística de un impacto sobre el incremento diamétrico de los árboles.

Con base en estos resultados también se trató de analizar una posible correlación entre el incremento diamétrico anual y los factores:

- Iluminación de la copa (clasificación de Dawkins adaptada por Hutchinson (1992))
- Forma de la copa (adaptación de la clasificación de Dawkins, citada por Blaser (1987)).

Los resultados de este análisis, para la especie *Q. costaricensis*, se presentan en las Figura 3 (para fines de este análisis se utilizaron también datos obtenidos en otras parcelas del mismo estudio).

Los valores medianos del incremento diamétrico para *Q. costaricensis* indican una cierta flexi-



bilidad de esta especie respecto de a iluminación de la copa. El mayor incremento se obtuvo entre los árboles con copa completamente libre hacia arriba; sin embargo, aún con copa completamente libre y con copa parcialmente libre hacia arriba se logran tasas de incremento muy satisfactorias. El factor forma de la copa

parece tener aún más influencia sobre el incremento diamétrico. La correlación existente entre forma de la copa e incremento diamétrico del árbol confirma que los mejores resultados se obtienen entre los árboles con copa de forma perfecta, y que estos van bajando conforme empobrece la forma de la copa (Cuadro 8).

*Quercus copeyensis* aún con copa completamente libre, presenta valores medianos de incremento diamétrico considerablemente inferiores a los valores registrados por *Q. costaricensis* (entre 0,05 y 0,30 cm/año). *Q. copeyensis* parece tener menor flexibilidad respecto de la iluminación de la copa; también el factor forma de la copa tiene menor correlación con el incremento diamétrico.

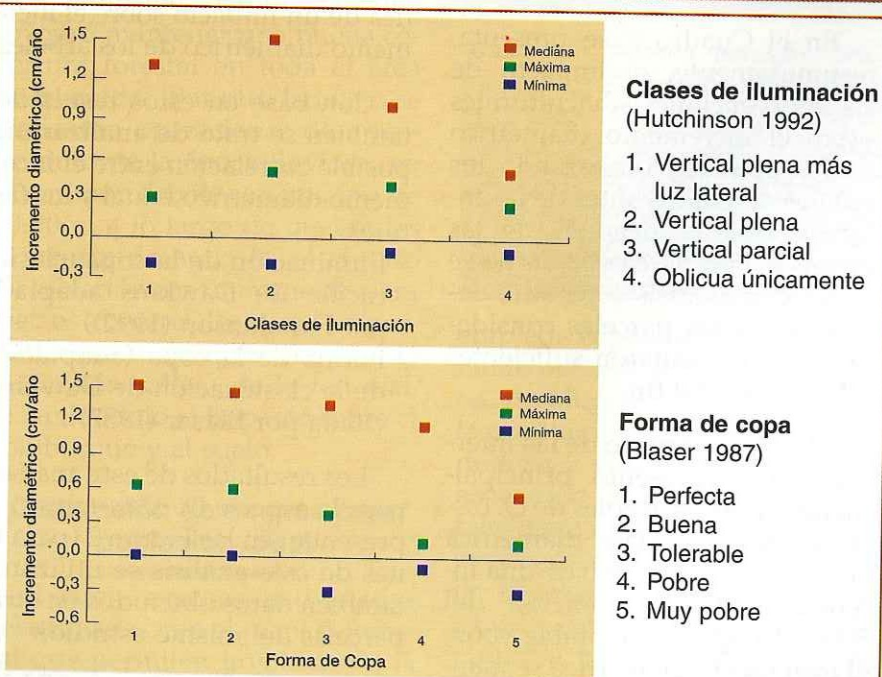
Los valores de incremento obtenidos por el grupo otras especies en promedio son relativamente bajos (entre 0-0,28 cm/año) y no variaron significativamente después de las intervenciones silviculturales. Para este grupo todavía no se ha realizado un análisis de correlación entre incremento diamétrico e iluminación y forma de la copa, ya que se necesita primero un análisis por especie que permita redefinir su agrupamiento en función de las características ecológicas.

Si se comparan las condiciones de luz requeridas por las especies, con las condiciones de luz que se encuentran en los bosques después de distintas intensidades de intervención silvicultural (Figuras 4 y 5), se observa que los bosques remanentes en las dos intensidades de aprovechamiento presentan condiciones de iluminación favorables para el crecimiento de los árboles.

Por medio de las intervenciones silviculturales se trató de mejorar las condiciones del bosque (iluminación); sin embargo, en un bosque primario este objetivo solo puede ser alcanzado a largo plazo, pues las condiciones mejoran gradualmente después de cada intervención. Con base en lo anterior, y tomando en cuenta que las primeras intervenciones realizadas en las parcelas de estudio se concentraron principal-

**Cuadro 7. Promedio (prom.) y Variancia (var.) del incremento diamétrico por grupos de especies, clase diamétrica e intensidad de intervención, para el período antes de la intervención (1989-1991) y después de la misma (1991-1995).**

<i>Quercus costaricensis</i>			Incremento Pre-intervención (cm/año)		Incremento Post-intervención (cm/año)				
% Intensidad de intervención (AB remanente)	Clase diamétrica	(N/ha)	1989-1991 prom.	1991-1993 var.	1993-1994 prom.	1993-1994 var.	1994-1995 prom.	1994-1995 var.	
20% Area basal (28.15 m <sup>2</sup> /ha)	10,0-39,9 cm	79	0,44	0,09	0,54*	0,13	0,52	0,15	0,43
	40,0-79,9 cm	23	0,62	0,17	0,52	0,14	0,57	0,26	0,49
	>80 cm	6	0,38	0,11	0,43	0,24	0,60	0,12	0,29
30% Area basal (24.37 m <sup>2</sup> /ha)	10,0-39,9 cm	76	0,47	0,08	0,58*	0,12	0,65*	0,18	0,58*
	40,0-79,9 cm	28	0,48	0,10	0,43	0,15	0,40	0,16	0,36
	>80 cm	3	0,23	0,42	0,11	0,01	0,31	0,42	0,49
<i>Otras especies</i>									
20% Area basal (28.15 m <sup>2</sup> /ha)	10,0-39,9 cm	210	0,17	0,02	0,17	0,02	0,16	0,04	0,12
	40,0-79,9 cm	7	0,14	0,04	0,17	0,01	0,15	0,03	0,04
	>80 cm	3	0,27	0,04	0,28	0,02	0,31	0,03	0,00
30% Area basal (24.37 m <sup>2</sup> /ha)	10,0-39,9 cm	219	0,20	0,03	0,18	0,05	0,23	0,09	0,14
	40,0-79,9 cm	5	0,11	0,02	0,15	0,02	0,23	0,08	0,12
	>80 cm	2	0,18	0,06	0,16	0,07	0,21	0,02	0,05

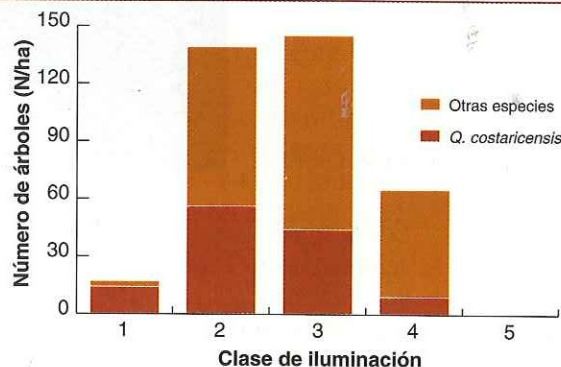


**Figura 3. *Quercus costaricensis*: Incremento diamétrico anual (cm/año), en función de la clase de iluminación y de la forma de la copa de los árboles.**

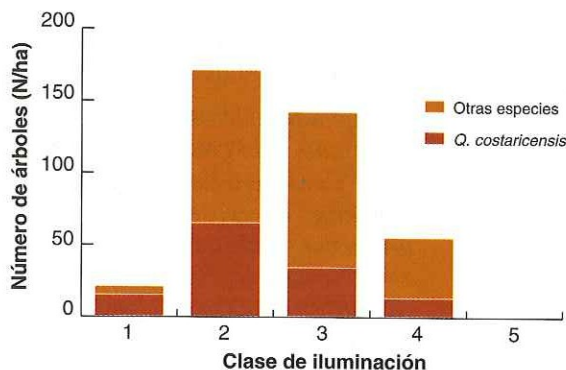
**Cuadro 8. *Quercus costaricensis*: Factor de Correlación Spearman, entre Clase de iluminación/Forma de la copa e Incremento diamétrico.**

Período	Indicador estadístico	<i>Quercus costaricensis</i>	
		Iluminación de de Copa	Factor Forma de la Copa
1991-1993	Coef. Spearman	-0,3	-0,01
	N	578	578
	Nivel de signif.	0,0000	0,7489
1993-1994	Coef. Spearman	-0,3	-0,12
	N	578	578
	Nivel de signif.	0,0000	0,0027
1994-1995	Coef. Spearman	-0,4	-0,1
	N	578	578
	Nivel de signif.	0,0000	0,0073

**Figura 4. Condición de iluminación de los árboles (dap  $\geq$  10 cm), intervención del 20% del área basal (remanente 28,15 m<sup>2</sup>/ha).**



**Figura 5. Condición de iluminación de los árboles (dap  $\geq$  10 cm), intervención del 30% del área basal (remanente 24,37 m<sup>2</sup>/ha).**



**Literatura citada**

ALDER, D. 1995. Growth Modelling for Mixed Tropical Forests. Oxford Forestry Institute, Dep. of Plant Sciences. Tropical Forestry Paper 30. University of Oxford. 231 p.

BLASER, J. 1987. Standortliche und waldkundliche Analyse eines Eichenwolkenwaldes (*Quercus* sp.) der Montanstufe in Costa Rica. Dissertation. Göttingen, Alemania. 235 p.

BLASER, J.; CAMACHO, M. 1991. Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque de robles (*Quercus* spp.) del piso montano de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica CATIE. Serie Técnica, Informe técnico No. 185 68 p

CATIE 1996. Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales; Curso Intensivo Internacional. Vol. 2 : Estudios de Casos. Turrialba, Costa Rica, CATIE 79 p.

HERNANDEZ, U. 1992. Estudio de factibilidad

de una empresa forestal autosuficiente para el manejo sostenible de los Robledales de Altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis de Licenciatura Cartago, Costa Rica, ITCR, Dep. Administración de Empresas. 95 p.

HOLDRIDGE, L.R. 1971. Forest environments in tropical life zones. Oxford, Pergam. Press. 747 p.

HUTCHINSON, I 1993. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie técnica. Informe Técnico No. 204. 32 p.

LAFRANCHI, S. 1996. Los productos vegetales no maderables en los robledales de altura y sus alrededores (Cordillera Talamanca, Costa Rica). Turrialba, Costa Rica, CATIE 123 p.

LANZEWSKI, T. 1991. Populations ¿Skologische Untersuchungen an Kleinsäugern in einem Eichen-Wolkenwald (*Quercus* sp.)

mente en la extracción de árboles mal formados (más que en el favorecimiento a los árboles de buena calidad), no debe sorprender que la respuesta del bosque todavía es moderada.

**Conclusiones**

- El manejo de los robledales de altura debe otorgar a las funciones de conservación de biodiversidad, protección de suelos y conservación del régimen hídrico, un rango más elevado en la escala de prioridades, que la producción maderera u otras funciones del bosque.
- Para el manejo de los robledales de altura, el aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural se integran en una sola operación: la intervención silvicultural.
- Las intervenciones silviculturales, aplicadas con base en los principios presentados en este artículo, logran conciliar dos funciones a menudo contradictorias: protección y producción. Específicamente permiten:
- modificar el régimen hídrico, aumentando la recarga del acuífero;
- mantener la composición y estructura del bosque, conservando especies ecológicamente importantes de flora y fauna;
- mantener la cobertura forestal permanente para la protección de suelos; y
- crear fuentes de empleo e ingresos adicionales para la población campesina local.

Robin aus der Beek  
Asesor Suizo  
c/o Swiss Development Cooperation/Nepal  
Kathmandu  
P. O. Box 113 NEPAL  
Fax: 997 (1) 525 358

Grace Sáenz  
Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales  
CATIE 7170  
Turrialba, Costa Rica  
Telfax: (506) 556 0401  
E-mail: gsáenz@catie.ac.cr

Costa Ricas. Tesis. Marburg, Alemania, Universidad Marburg. 87 p.

PEDRONI, L. 1991. Conservación y producción forestal: aspectos para su conciliación en el marco de un manejo sostenible. El Chasqui (C. R.) No. 27:7-22.

STADTMÜLLER, T. 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales, medidas para mitigarlo. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Informe Técnico No. 246. 62 p.

SWAINE, M.D.; LIEBERMAN, D.; PUTZ, F.E. 1987. The dynamics of tree population in the tropical forest: a review. Journal of Tropical Ecology 3: 359-366.

TURCIOS, W. 1995. Producción y valoración económica del componente hídrico y forestal de los robledales de altura bajo intervenciones silviculturales. Tesis de M. Sc. Turrialba, Costa Rica. 81 p. CATIE.