

Cambios estructurales causados por el aprovechamiento selectivo en el Bosque Montano del norte de Salta, Argentina

MARTÍN A PINAZO¹ & NESTOR IGNACIO GASPARRI²✉

¹ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina

² Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina

RESUMEN. Se compararon los parámetros estructurales de dos rodales sometidos a dinámica natural con los de otro que fue aprovechado mediante tala selectiva 15 años atrás en Bosques Montanos del norte de la provincia de Salta, Argentina. Se realizó un muestreo areal sistemático considerando tres categorías de tamaño: individuos mayores (DAP >10 cm), brinzales (DAP <10 cm y altura >1.3 m) y renovales (altura <1.3 m). Se calculó para cada rodal el área basal de los individuos mayores y la densidad de individuos en las tres categorías de tamaño. Para las especies de mayor uso forestal (*Cedrela lilloi*, *Juglans australis* y *Podocarpus parlatorei*) se registró la aptitud de uso de cada individuo. En cada una de las parcelas se tomó una fotografía con lente tipo "ojo pescado" para estimar la cobertura del dosel. Los parámetros estructurales de ambos rodales fueron comparados mediante estadística descriptiva. La disminución del área basal total del rodal aprovechado fue notoria 15 años después del aprovechamiento. La densidad de tallos mayores de 10 cm de DAP no mostró diferencias importantes entre rodales. La regeneración de *Cedrela lilloi* fue menor en el rodal aprovechado con respecto al rodal no intervenido con claros frecuentes. Los resultados indican que los rodales aprovechados mediante tala selectiva pierden la mayor parte de las existencias aprovechables, las cuales no se recuperan al menos en 15 años, y tampoco hay regeneración suficiente para suponer la recuperación de la misma. Estos resultados sugieren que el manejo actual no refleja los mecanismos naturales de regeneración y que no sería posible una producción sostenible.

[Palabras clave: corta selectiva, especies madereras comerciales, *Cedrela lilloi*, *Podocarpus parlatorei*, *Juglans australis*, Yungas]

ABSTRACT. Structural changes caused by selective logging in Montane Forest of northern Salta, Argentina: The forest structure of a selectively logged stand of Montane Forest was compared with that of natural stands in northern Salta, Argentina. We used a systematic sampling design with concentric circular plots. Trees were classified in three size classes: adults (DBH >10 cm), saplings (DBH <10 cm and height >1.3 m), and seedlings (height <1.3 m). The density of adults, saplings and seedlings, and basal area for adults, were calculated for each stand. Logs of the main commercial species (*Cedrela lilloi*, *Juglans australis* and *Podocarpus parlatorei*) were classified into timber use categories. We compared structural parameters of stands by using descriptive statistics. In each plot a hemispherical photograph was taken to estimate canopy cover. Stand basal area was lower in the harvested stand, while we found no important differences in density. At the species level, a significant decrease in basal area was found for *Podocarpus parlatorei*. *Cedrela lilloi* regeneration was lower in the logged stand than in natural stands with frequent gaps. Timber values of previously harvested stands are depleted with no regeneration of commercial species. Thus, these forests cannot yield new harvests if the current condition, especially if selective cuttings without silviculture practice after logging, persists. We therefore conclude that silvicultural interventions are needed after selective logging to maintain the

✉ Laboratorio e Investigaciones Ecológicas de las Yungas, Univ. Nacional de Tucumán. CC34; 4107; Yerba Buena, Tucumán, Argentina.
nigvpc@tucbbs.com.ar

Recibido: 11 de junio de 2002; Fin de arbitraje: 29 de julio de 2002; Revisión recibida: 30 de octubre de 2002; Versión final recibida: 14 de marzo de 2003; Aceptado: 21 de abril de 2003

commercial timber species. The current management is not sustainable because it does not ensure adequate opportunities for natural regeneration.

[Keywords: Forest structural changes; commercial timber species; *Cedrela lilloi*; *Podocarpus parlatorei*; *Juglans australis*; Yungas]

INTRODUCCIÓN

La degradación de los bosques tropicales y subtropicales constituye un proceso de pérdida de valor económico y de biodiversidad, y de aumento del deterioro ambiental. Una de las causas de este proceso es la extracción selectiva de especies de alto valor comercial (Johns 1992). Actualmente, gran parte de los bosques tropicales bajo este tipo de explotación no posee un plan apropiado para su regeneración (Gómez-Pompa & Burley 1991), lo que representa uno de los primeros pasos en el deterioro del ecosistema. La actividad forestal basada en la tala selectiva abre caminos que proporcionan vías de acceso a nuevas zonas y, adicionalmente, deja bosques remanentes empobrecidos que no pueden competir en términos económicos con otros tipos de uso de la tierra, generando un aumento de la presión humana (Schmidt 1991; Johns 1992; Young 1994).

La tala selectiva genera claros que se asemejan a los producidos por la caída natural de los árboles maduros (Gómez-Pompa & Burley 1991; Whitmore 1991), pero que poseen características que lo diferencian (Benítez et al. 1996), entre ellos la compactación del suelo, la remoción del banco de semillas y daños sobre la masa remanente y la regeneración preexistente (Van Gardingen et al. 1998; Saulei & Lamb 1991). La intensidad y características del disturbio producido tendrán influencia en la regeneración que en él se instale (Connell 1989), y el grupo de especies que regeneren en los claros del bosque determina la composición por largos periodos de tiempo (Whitmore 1991). De esta manera, las características estructurales de los bosques remanentes son consecuencia de la forma en que han sido intervenidos y de los procesos de colonización de los claros creados en las talas. Esto condiciona, además, los tipos de intervenciones silvícolas subsecuentes.

Los Bosques Montanos de las Yungas del noroeste de Argentina (sensu Cabrera 1976)

se encuentran en las laderas orientales de las Sierras Pampeanas y Subandinas, entre los 1500-3000 m.s.n.m. La principal actividad económica es la ganadería extensiva, siendo frecuente el reemplazo del bosque por pastizales mediante fuegos intencionales (Brown et al. 2001). Se conocen algunos aspectos de la autoecología de las especies de mayor uso forestal. *Cedrela lilloi* C. DC. es reconocida como una especie con altos requerimientos de luz, pero que tiene la capacidad de establecerse bajo el dosel y alcanzar los estratos superiores con sucesivas liberaciones (Grau & Pacheco 1996; Grau 2000). De *Juglans australis* Griseb. no se dispone de estudios puntuales que permitan caracterizar su comportamiento, pero es mencionada como una especie que se incorpora al dosel en bosques maduros (Brown et al. 2001). *Podocarpus parlatorei* Pilg. es una especie pionera que necesita de grandes disturbios para regenerar, permaneciendo largo tiempo en el dosel superior (Arturi et al. 1998).

La actividad forestal en este piso altitudinal de las Yungas consiste en la tala selectiva, principalmente de *Cedrela lilloi* y, ocasionalmente, de *Juglans australis* y *Podocarpus parlatorei* (Brown 1995). Sin embargo, no existen estudios que cuantifiquen la intensidad de uso de cada una de las especies y que evalúen el estado de la masa remanente luego del aprovechamiento forestal. El objetivo del presente trabajo es comparar los parámetros estructurales de rodales aprovechados bajo el esquema tradicional con otros sometidos a dinámica natural, y sobre la base de ello, evaluar el efecto de la explotación forestal sobre los aspectos productivos del bosque y su posible evolución.

MÉTODOS

Área de estudio

Este trabajo se realizó durante la primavera de 2000 en Los Toldos, departamento Santa Victoria, provincia de Salta (22°24'S; 64°43'O).

Los muestreos se realizaron en el rango altitudinal de 1500–1800 m.s.n.m., correspondiente al Bosque Montano de la Provincia Fitogeográfica de las Yungas (Cabrera 1976). El clima es marcadamente estacional, con una precipitación anual de 1300 mm concentrada entre noviembre y abril. Las temperaturas promedio mensuales fluctúan entre 6 °C en los meses de invierno y 16 °C en los de verano, siendo la temperatura promedio anual de 11.7 °C (Anónimo 1993).

Se seleccionaron tres rodales sobre la base de su dinámica e historia de uso. Los dos rodales sometidos a dinámica natural se seleccionaron con la intención de obtener dos situaciones contrastantes en cuanto a la creación de claros. Uno de ellos corresponde a un rodal maduro sobre terraza fluvial (RMtf), ubicado en la Reserva El Nogalar, en las terrazas fluviales del río Guaico Grande, el cual presenta poca pendiente y baja frecuencia de formación de claros. El segundo corresponde a un rodal maduro en exposición sur (RMs), ubicado en la misma reserva, en el faldeo montañoso del valle del río Guaico Grande, con pendientes altas y frecuentes claros. Finalmente, el rodal intervenido corresponde a uno aprovechado mediante tala selectiva de *Cedrela lilloi*, *Juglans australis* y *Podocarpus parlatorei* en exposición sur (RSs). Al momento de la evaluación, habían transcurrido 15 años desde la tala. Este rodal está ubicado en la Finca San José en la cuenca contigua al sur de la cuenca del Guaico Grande, en un terreno caracterizado por altas pendientes.

Métodos

En cada rodal se realizó un muestreo sistemático, con 15 unidades muestrales distanciadas 100 m en el plano. Cada muestra consistió en un arreglo de parcelas circulares concéntricas de diferentes superficies, destinadas a medir individuos de distinto tamaño. El compartimento A (500 m²) incluyó individuos mayores a 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP), a los que se identificó al nivel de especie y se midió el DAP con cinta diamétrica. Todos los individuos de especies comerciales se clasificaron según la posible utilización en las categorías no aprovechable (sin troza comercial), parcialmente aprovechable

(con una troza aprovechable de 3 m de longitud) y aprovechable (con más de una troza de 3 m de longitud comerciable). En RSs se registraron los tocones y se les midió el diámetro a la altura del corte, con el fin de estimar el DAP de los individuos apeados. El compartimento B (64 m²) incluyó individuos con DAP menor a 10 cm y altura mayor a 1.3 m, que se identificaron al nivel de especie. Finalmente, en un área total de 20 m², correspondiente a cinco parcelas circulares de 4 m² distanciadas 2 m entre sí y dispuestas en forma de cruz en el centro de los compartimentos anteriores, se midieron los individuos con altura mayor a 1.3 m por especie. Este conjunto de parcelas constituye el compartimento C. Para el compartimento A se calculó la densidad total y por especie, y el área basal total y por especie, valores que se expandieron a una hectárea. Además, se determinó el Índice de Valor de Importancia (IVI; Lamprecht 1990) para cada especie en las tres situaciones. La estimación del DAP de los individuos que fueron cortados se realizó a partir del diámetro a la altura del corte, suponiendo un coeficiente arbitrario de forma de 0.7 para esa sección. Para los compartimentos B y C se calculó la densidad total y por especie. Se construyeron gráficos de distribución por clases diamétricas para cada uno de los rodales considerando todas las especies y luego *Cedrela lilloi*, *Juglans australis* y *Podocarpus parlatorei* por separado.

Para determinar la condición de cobertura, en cada una de las parcelas se tomó una fotografía del dosel utilizando un lente "ojo de pescado" de 7.5 mm montado en una cámara Cannon AE-1. Dicho lente permite tomar fotografías con una apertura angular de 180°. Todas las tomas se realizaron a 1.5 m de altura, con trípode y orientadas al norte. Se utilizó película blanco y negro ORT 25 ASA en días nublados para lograr el máximo contraste entre el dosel y el cielo (Whitmore et al. 1993). Posteriormente, las fotografías fueron procesadas con Winphot 5.0 (Steege 1996) para los cálculos de cobertura, que se expresó como el porcentaje de la foto cubierta por el dosel. Esta variable es utilizada como un indicador de la disponibilidad de luz, al presentar una alta correlación en este tipo de bosque (M Pinazo, obs. pers.), así como en otros bosques tropicales (Brown 1993). Con los

datos de cobertura en porcentaje se confeccionaron gráficos de frecuencia para cada uno de los sitios.

RESULTADOS

Los valores del IVI (Tabla 1) indican que los rodales RSs y RMs tienen en común gran parte de las especies y que las 10 especies con mayores IVI son compartidas, reuniendo aproximadamente el 80% del total. En particular, las tres especies comerciales suman el 35-45% del IVI total en RMTf y RMs; en RSs se observa un porcentaje dentro de ese rango al considerar los tocones. Las tres especies comerciales perdieron importancia en la estructura de RSs luego de 15 años del aprovechamiento, especialmente *Cedrela lilloi*, la cual pasó de ser la de mayor IVI a quinta. *Juglans australis*, que era la segunda especie en importancia, retrocedió un lugar aunque aumentó su IVI en valores absolutos. En la Figura 1 se presentan los estadísticos de dispersión y medida central del área basal y la densidad para los tres rodales; para RSs se incluyen los datos con y sin tocones. Según el área basal obtenida a partir de los tocones, la especie de mayor extracción fue *Cedrela lilloi*, luego *Podocarpus parlatorei* y finalmente *Juglans australis* (Tabla 2). La extracción significó una reducción del 32% del área basal del rodal, suponiendo que desde la extracción hasta el momento del muestreo no existió crecimiento de la masa remanente ni mortalidad de árboles pequeños durante y después de las operaciones de extracción (i.e., es una subestimación).

En RSs se encontraron individuos originados por rebrote de tocones de *Cedrela lilloi* y *Juglans australis*. Los rebrotes de *Cedrela lilloi* aportaron el 30% de la densidad de individuos con DAP mayor a 10 cm y el 7.9% del área basal de la especie. Los rebrotes de *Juglans australis* aportaron el 12% de la densidad y el 1.4% del área basal. En ambos casos, se trataba de individuos de diámetros pequeños, siendo 26.7 cm el diámetro promedio de *Cedrela lilloi* y 13.2 cm el de *Juglans australis*.

Los parámetros dasométricos de las especies comerciales en los distintos rodales muestran que en el caso de *Cedrela lilloi* y *Juglans australis* no hubo diferencias muy

importantes y solo en el caso de *Podocarpus parlatorei* resultaron notorias las diferencias de densidad y área basal. Sin embargo, los cambios sí fueron importantes al comparar la posibilidad de uso de los individuos de las especies comerciales en los diferentes rodales (Tabla 3). El área basal de *Cedrela lilloi* aprovechable en RSs fue inferior al 20%, contrastando con las proporciones de área basal aprovechable superiores al 90% y 50% de RMTf y RMs, respectivamente. *Juglans australis* no presentó diferencias tan marcadas, el 34% del área basal se clasificó como aprovechable en RSs, el 76% en RMTf y el 46% en RMs. *Podocarpus parlatorei* presentó el 100% del área basal en la clase parcialmente aprovechable

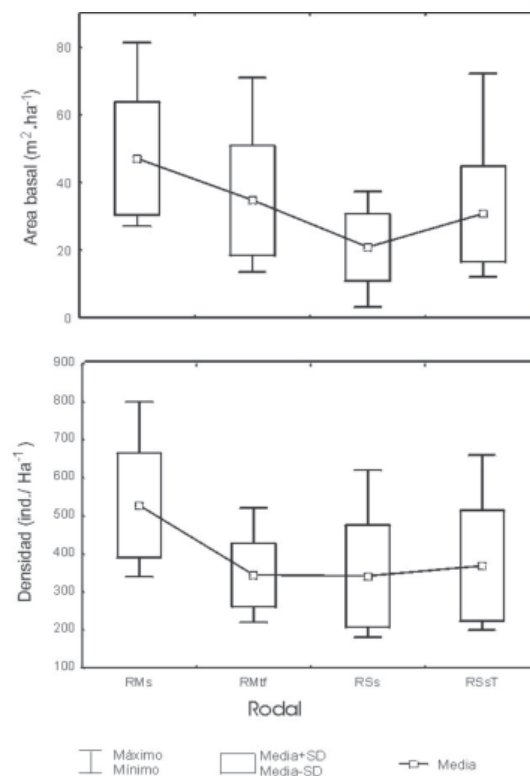


Figura 1. Área Basal y densidad de individuos mayores (DAP >10 cm) para tres rodales en el Bosque Montano del norte de Salta, Argentina. También se muestran los valores para el rodal RSs considerando los tocones en el cálculo (RSsT). Ver descripción de los rodales en *Métodos*.

Figure 1. Basal area and density for trees >10 cm in DBH in three stands in the Montane Forest of northern Salta, Argentina. Values including stumps for RSs stand are also shown (RSsT). For stand descriptions see *Methods*.

Tabla 1. Continuación
Table 1. Continued

Especie	RMs				RMtf				RSs				RSsF	
	AB	D	F	IVI	AB	D	F	IVI	AB	D	F	IVI	F	IVI
<i>Vassobia breviflora</i> (Sendnt.) Hunz.					0.17	1.55	1.14	2.86	1.6	4.7	4.0	10.3		
<i>Vallea stipularis</i> L.	0.2	0.8	0.7	1.6										
<i>Viburnum seemenii</i> f. minus Killip et Smith	2.0	9.4	8.6	19.9	0.07	0.39	1.14	1.59						
<i>Xylosma longipetiolata</i> Legneame	0.1	0.3	0.7	1.0	0.03	0.39	1.14	1.56						
<i>Xylosma pubescens</i> Griseb.					0.08	0.39	1.14	1.6	0.4	0.8	1.6	2.7		
Otras especies	0.7	2.8	5.3	8.8										

en RSs; sin embargo, en RMtf y RMs no se encontraron porcentajes elevados en la clase aprovechable.

La distribución diamétrica de tamaños de todas las especies presentó la misma forma en los tres rodales, aunque en RSs no se observaron individuos con DAP superiores a 100 cm y los valores de frecuencia fueron algo menores con relación a los otros rodales (Figura 2). La distribución de *Podocarpus parlatoresi* en RSs se limitó a algunos individuos de 40-80 cm de DAP, en RMtf presentó una distribución irregular, con individuos de 20-120 cm de DAP, y en RMs se encontraron individuos de 40-100 cm de DAP con frecuencias relativamente altas. *Juglans australis* tuvo una tendencia hacia la distribución con forma de J invertida, cubriendo aproximadamente el mismo rango de tamaños en los tres rodales. Las frecuencias más altas se encontraron en RMtf, luego en RMs y, por último, en RSs. *Cedrela lilloi* presentó una distribución de forma irregular en RMtf, con individuos de 20-120 cm de DAP; en RMs y RSs, en cambio, al incrementarse la frecuencia de individuos de 10-25 cm de DAP, la distribución presentó una forma semejante a la J invertida. En el caso de BSs, algunos de los árboles considerados en las clases de tamaño menores correspondieron a rebrotes de los tocones aprovechados. Además, en este rodal no se encontraron individuos con diámetros superiores a los 60 cm de DAP.

La densidad de brinzales de *Cedrela lilloi* en RMs fue marcadamente mayor que en RMtf y RSs. Para *Juglans australis*, las diferencias en densidad fueron menos evidentes, siendo la densidad en RMtf mayor con relación a RSs, pero no tanto con relación a RMs. La densidad de renovales de *Cedrela lilloi* mostró la misma tendencia que para los brinzales, aunque las diferencias entre RMs y RSs no fueron tan marcadas. De igual manera que para los brinzales de *Juglans australis*, la densidad de renovales en RMtf fue mayor respecto a RSs, presentando RMs valores intermedios. Las distribuciones de frecuencia de parcelas por categoría de cobertura de dosel de los rodales sin aprovechamiento (RMs y RMtf) mostraron una tendencia de aumento hacia las clases de mayor cobertura (Figura 3). En RMtf, particularmente, la mayor parte de las parcelas se

Tabla 2. Parámetros estructurales de tres rodales en el Bosque Montano del norte de Salta, Argentina. Se muestran los valores promedio (\pm EE) de la densidad (individuos/ha) y del área basal (m^2/ha) totales y para las tres especies comerciales. Ver descripción de los rodales en *Métodos*.

Table 2. Structural parameters for three stands in the Montane Forest of northern Salta, Argentina. Mean (\pm SE) density (individuals/ha) and basal area (m^2/ha) are shown, both for total stand and for the three commercial species. For stand descriptions see *Methods*.

	RMs		RMtf		RSs	
	Densidad	Área basal	Densidad	Área basal	Densidad	Área basal
Total						
Individuos mayores	527 \pm 35	46.98 \pm 4.30	344 \pm 21	34.66 \pm 4.21	341 \pm 34	20.76 \pm 2.57
Tocones	-		-		27	9.9
Regeneración Mayor	2250		1312		865	
Renovales	5433		2466		2100	
<i>Cedrela lilloi</i>						
Individuos mayores	38.7 \pm 7.0	5.74 \pm 2.51	20 \pm 6	8.06 \pm 3.03	27 \pm 8	2.07 \pm 0.78
Tocones	-		-		19	6.8
Regeneración Mayor	115 \pm 24		10 \pm 10		21 \pm 14	
Renovales	300 \pm 95		-		33 \pm 33	
<i>Juglans australis</i>						
Individuos mayores	41.3 \pm 8.0	3.76 \pm 0.88	71 \pm 15	6.53 \pm 1.81	33 \pm 7	4.04 \pm 0.98
Tocones	-		-		4	0.7
Regeneración Mayor	114 \pm 54		365 \pm 80		104 \pm 47	
Renovales	400 \pm 202		500 \pm 85		33 \pm 33	
<i>Podocarpus parlatorei</i>						
Individuos mayores	44 \pm 10	15.18 \pm 3.12	27 \pm 10	10.66 \pm 3.84	5.3 \pm 2.0	1.84 \pm 0.87
Tocones	-		-		4	2.4
Regeneración Mayor	-		-		-	
Renovales	-		-		-	

ubicaron en clases mayores al 90%. Esta tendencia también se observó en RMs, aunque no tan marcada. Por el contrario, en RSs las clases de cobertura superiores a 90% fueron poco frecuentes y fueron más comunes situaciones de cobertura de 80-90%. En RMs se encontraron brinzales y renovales de *Cedrela lilloi* en todas las clases registradas, en RSs solo se encontraron brinzales en las clases de 85-95% y renovales en la clase 85-90% y en RMtf solo se encontraron brinzales en la clase 75-80% (Figura 3). En los dos rodales sin aprovechamiento se encontraron brinzales y renovales de *Juglans australis* en prácticamente todas las clases de cobertura registradas, mientras que en RSs se encontró la mayor cantidad de clases sin presencia de regeneración de esta especie (Figura 3). En RMs se encontró regeneración de *Cedrela lilloi* en 13 de las 15 parcelas, mientras que en RSs solo se encontró regeneración en 2 parcelas (Tabla 4).

DISCUSIÓN

Los resultados permiten suponer que el rodal RSs presentaba, previo al aprovechamiento, similitudes con el rodal RMs, por lo que al observar las estructuras actuales se pueden identificar algunos aspectos de importancia para un mejor manejo.

Para Bosques Montanos maduros de Tucumán se mencionan valores de área basal superiores a los $35 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Arturi et al. 1998), mientras que para la provincia de Salta se mencionan valores de hasta $50 \text{ m}^2/\text{ha}$ en Los Toldos (Brown et al. 2001) y en San Andrés (N Gasparri, obs. pers.). La densidad total no refleja ningún efecto causado por el aprovechamiento selectivo, pero éste genera una disminución de área basal del rodal persistente 15 años después. Los daños producidos a los árboles remanentes durante la extracción

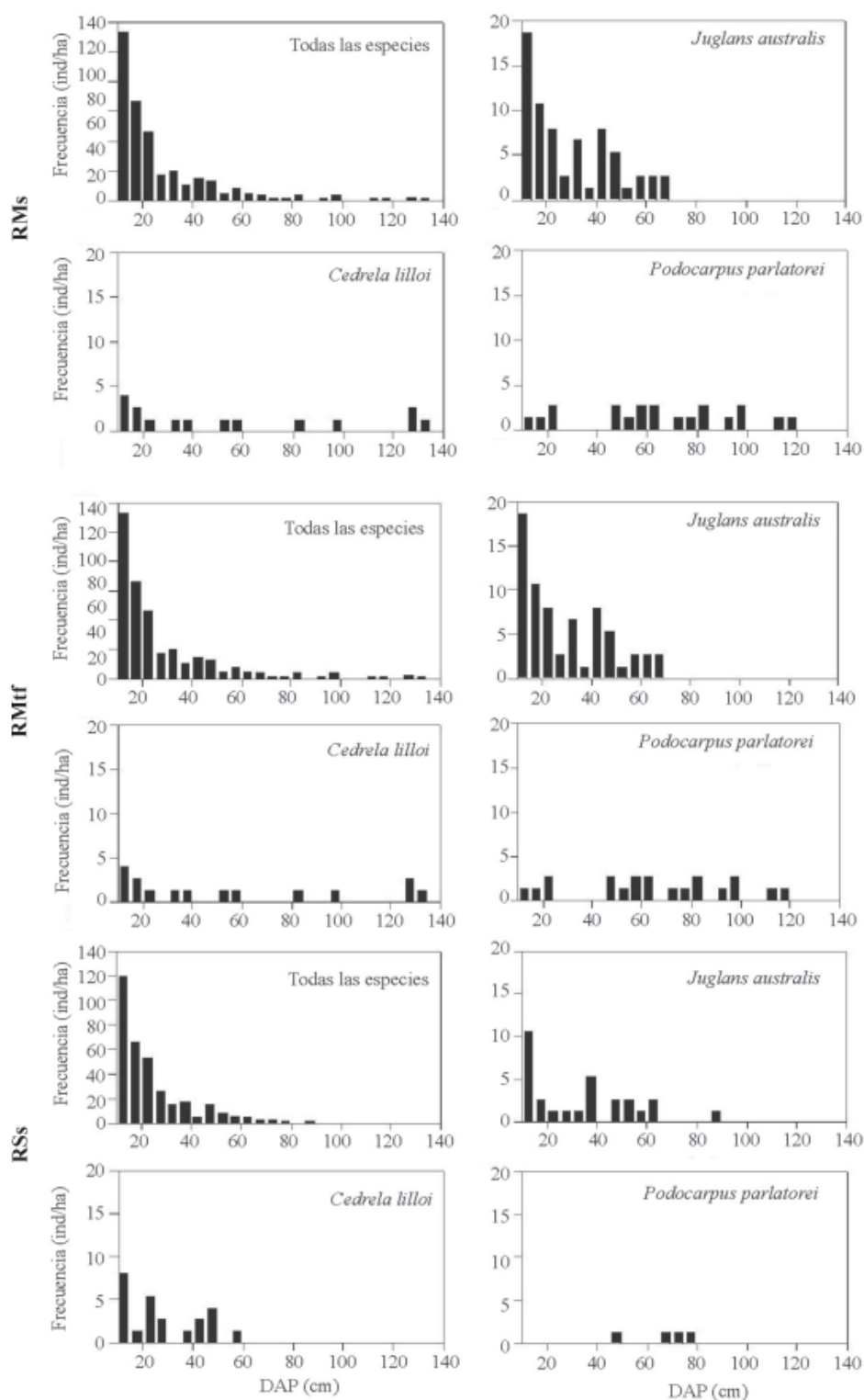


Figura 2. Distribución de frecuencias de clases diamétricas de todas las especies y de las tres especies comerciales en tres rodales en el Bosque Montano del norte de Salta, Argentina. Ver descripción de los rodales en *Métodos*.

Figure 2. Frequency distribution of DBH classes for whole stand and the three commercial species in three stands in the Montane Forest of northern Salta, Argentina. For stand descriptions see *Methods*.

Tabla 3. Densidad (individuos/ha) y área basal (m²/ha) de las tres especies comerciales para cada clase de posibilidad de uso en tres rodales en el Bosque Montano del norte de Salta, Argentina. Entre paréntesis se muestran los valores porcentuales. Ver descripción de los rodales en *Métodos*.

Table 3. Density (individuals/ha) and basal area (m²/ha) for the three commercial species for each use class log in three stands in the Montane Forest of northern Salta, Argentina. Percent values in brackets. For stand descriptions see *Methods*.

	RMs		RMtf		RSs	
	Densidad	Área basal	Densidad	Área basal	Densidad	Área basal
<i>Cedrela lilloi</i>						
Aprovechable	8.0(20.7)	3.04(53.3)	9.3(46.7)	7.36(90.8)	8.0(30.0)	0.35(16.6)
Parcialmente aprovechable	17.3(44.8)	0.96(16.8)	5.3(26.7)	0.51(6.2)	13.3(49.9)	0.85(40.6)
No aprovechable	13.3(34.5)	1.75(30.7)	5.3(26.7)	0.19(2.4)	5.3(20.0)	0.87(41.6)
<i>Juglans australis</i>						
Aprovechable	17.3(42.0)	1.74(45.9)	48.0(67.9)	4.91(75.5)	17.3(52.1)	1.34(33.6)
Parcialmente aprovechable	21.3(51.7)	1.99(52.4)	20.0(28.3)	1.55(23.8)	10.7(32.0)	1.52(38.0)
No Aprovechable	2.7(6.5)	0.03(0.8)	2.7(3.8)	0.07(1.1)	5.3(16.0)	1.18(29.5)
<i>Podocarpus parlatorei</i>						
Aprovechable	12.0(27.3)	3.87(25.4)	5.3(20.0)	0.66(6.2)	0.0(0.0)	0.00(0.0)
Parcialmente aprovechable	21.3(48.5)	8.17(53.7)	12.0(44.9)	6.42(60.0)	5.3(100.0)	1.84(100.0)
No Aprovechable	10.7(24.2)	3.15(20.7)	9.3(35.0)	3.58(33.4)	0.0(0.0)	0.00(0.0)

y el poco incremento de la tasa de crecimiento de los mismos frente a la disponibilidad de recursos liberados por la tala son los principales factores que afectan la recuperación del aprovechamiento (Weidelt & Banaag 1982).

En el rodal estudiado, la especie más aprovechada es *Cedrela lilloi*, seguida por *Podocarpus parlatorei* y *Juglans australis*. Los efectos del aprovechamiento sobre el área basal y la densidad de estas especies es particularmente importante para *Podocarpus parlatorei*. En el caso de *Cedrela lilloi*, si bien la disminución en área basal no resulta muy marcada, sí representa una pérdida de la importancia en la estructura boscosa, que se refleja en los valores del IVI. Además, es relevante analizar el uso potencial de los individuos encontrados en las situaciones no intervenidas y en RSs, observándose una notable disminución de las existencias comerciales. Otro punto de importancia es la distribución de clases diamétricas en RSs con relación a los otros dos rodales; en RSs no se encuentran individuos de DAP mayor a 60 (diámetro mínimo de corta legislado en la provincia de Salta), por lo que los individuos no tienen tamaño suficiente para ser aprovechados. Esto representa para el bosque una pérdida de valor maderero, al no haber disponibilidad de recursos para talas posteriores que sean económicamente viables.

La escasa regeneración de *Cedrela lilloi* en el rodal aprovechado muestra que las aperturas del dosel originadas por la explotación no la benefician; sin embargo, la densidad de renovales encontrada en RMs hace suponer qué condiciones de claros serían favorables para su regeneración. Esto se puede observar tanto en la Figura 3 como en la Tabla 4: a pesar de la existencia de parcelas en la misma situación de cobertura, en RMs se encuentran brinzales y renovales en todas las clases, mientras que en RSs sólo están presentes en dos clases. Grau (2000) señala que *Cedrela lilloi* es capaz de regenerar bajo dosel, pero solo existen antecedentes que estudian la mortalidad de los renovales en dichas condiciones durante dos años (Grau & Pacheco 1996), por lo cual aún se desconoce cuánto tiempo pueden permanecer vivos los renovales con bajas intensidades de luz. Algunas causas que pueden explicar la escasa regeneración en RSs, independientemente de la presencia de claros, son: (1) la falta de concordancia entre la formación de la apertura y los períodos de producción de semilla, lo cual es de importancia para especies con altos requerimientos de luz (Hartshorn 1978; Veblen 1992; Brown 1995); y (2) la falta de formación de claros de manera frecuente en el tiempo y no en un único evento, lo que puede incentivar la regeneración de la

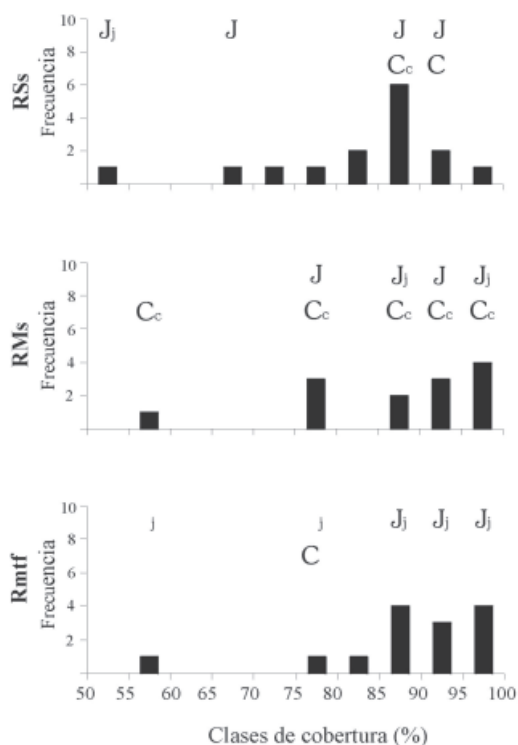


Figura 3. Distribución de frecuencias de categorías de cobertura del dosel por parcela en tres rodales en el Bosque Montano del norte de Salta, Argentina. Ver descripción de los rodales en Métodos. La presencia de brinzales o renovales en las parcelas se indica sobre la barra de la clase correspondiente (J: brinzales de *Juglans australis*; j: renovales de *Juglans australis*; C: brinzales de *Cedrela lilloi*; c: renovales de *Cedrela lilloi*).

Figure 3. Frequency distribution of canopy cover class per plot in three stands in the Montane Forest of northern Salta, Argentina. For stand descriptions see Methods. Presence of saplings and seedlings in plots is indicated with letters above the bar of the corresponding class. (J: *Juglans australis* saplings; j: *Juglans australis* seedlings; C: *Cedrela lilloi* saplings; c: *Cedrela lilloi* seedlings).

especie en un principio pero no favorece la posterior supervivencia y crecimiento. Además, se debe señalar la intensa colonización de vegetación secundaria en los claros, en especial de bambúes del género *Chusquea*. Fredericksen & Mostacedo (2000) describen a especies del género *Chusquea* como un problema para el manejo de bosques similares a éste en Bolivia, especialmente debido a la rápida colonización de ésta y otras especies secundarias y a la competencia que ejerce

sobre la regeneración de especies forestales con posterioridad al aprovechamiento.

La regeneración de *Juglans australis* en RSs parece no ser afectada por el aprovechamiento. Sin embargo, son poco frecuentes los renovales en comparación con RMtf. En este sentido, se debe señalar que se desconocen los mecanismos de dispersión de semillas de esta especie, las interacciones con la ardilla colorada (*Sciurus ignitus*) y si el aprovechamiento ocasiona cambios en estos mecanismos. Stapanian & Smith (1978, 1986) describen a las relaciones entre las ardillas y *Juglans nigra* como complejas, con influencia en la dispersión y la disponibilidad de semillas. Por último, no se cuenta con información sobre la existencia de ciclos de producción de semillas, aunque se señala que puede existir relación con las condiciones climáticas (R Villalba, com. pers.). En el caso de *Podocarpus parlatorei*, la falta de regeneración en todas las situaciones indica la insuficiencia del tamaño de las aperturas ocasionadas por el aprovechamiento o caída natural de uno o dos individuos. Ramadori & Brown (1997) encontraron a esta especie colonizando tempranamente campos de pastoreo. Arturi et al. (1998) la mencionan como pionera que coloniza grandes claros, pero que permanece largos períodos en el dosel debido a su longevidad. Este comportamiento en especies del trópico y subtropical es mencionado por Lamprecht (1990), quien denomina a este tipo de especies como pioneras longevas.

Al especular sobre el potencial productivo del rodal que fue sometido al aprovechamiento tradicional, observamos que ha sufrido una disminución importante de la cobertura arbórea (área basal), situación que aún persiste 15 años después de la intervención, aparentemente favoreciendo una mayor ocupación por parte de especies secundarias (especialmente *Chusquea* sp.). Al considerar el valor maderero del rodal, observamos que la capacidad productiva presente es muy baja y no se observan indicadores de que esta situación pueda mejorar (e.g., abundante regeneración de especies valiosas). La capacidad productiva es baja debido a que se cortaron los individuos de mayor tamaño y mejor calidad, por lo que se extrajo casi la totalidad de la renta del bosque en una única

Tabla 4. Cobertura de dosel (%) y densidad (individuos/ha) de brinzales y de renovales de *Cedrela lilloi* (Cl) y *Juglans australis* (Ja) discriminados por parcela en tres rodales en el Bosque Montano del norte de Salta, Argentina. El primer valor corresponde a la densidad de brinzales, el segundo a la de renovales. Ver descripción de los rodales en *Métodos*. sd: sin datos.

Table 4. Canopy cover (%) and density (individuals/ha) of saplings and seedlings of *Cedrela lilloi* (Cl) and *Juglans australis* (Ja) for each plot in three stands in the Montane Forest of northern Salta, Argentina. The first value indicates sapling density, the second indicates seedling density. For stand descriptions see *Methods*. sd: no data.

Parcela	RMs			RMtf			RSs		
	Cobertura	Cl	Ja	Cobertura	Cl	Ja	Cobertura	Cl	Ja
1	58.29	0-0	0-1000	57.09	156-1000	0-0	51.21	0-0	312-0
2	79.49	156-0	0-500	78.80	156-1000	0-500	67.27	0-0	156-0
3	83.37	0-0	0-0	79.02	0-0	0-0	74.92	0-0	0-0
4	86.61	0-0	468-500	80.00	156-0	0-500	77.97	0-0	0-0
5	87.67	0-0	312-1000	86.57	156-0	312-0	84.40	0-0	0-0
6	88.18	0-0	0-500	87.92	312-500	156-500	84.80	0-0	0-0
7	88.44	0-0	625-500	91.83	156-0	0-0	87.19	0-0	312-0
8	91.04	0-0	781-500	93.17	156-500	0-0	87.88	0-0	0-0
9	92.54	0-0	625-1000	94.34	0-0	0-0	87.94	0-0	0-0
10	93.76	0-0	625-0	95.61	0-500	0-0	88.25	0-500	625-0
11	95.23	0-0	156-0	95.77	156-0	781-0	89.96	156-0	0-0
12	95.53	0-0	937-500	95.94	156-0	156-0	89.96	0-0	0-0
13	97.51	0-0	468-500	96.36	156-500	156-500	92.74	0-0	156-0
14	98.29	0-0	156-500	sd	0-0	156-3000	93.30	156-0	0-0
15	sd	0-0	312-500	sd	0-500	0-0	96.87	0-0	0-0

intervención. Realizar alguna inversión (e.g., a través de silvicultura) favorecería el desarrollo de la regeneración y el crecimiento de los individuos remanentes, a pesar de que estos individuos son de mala calidad (parcialmente aprovechables o no aprovechables). En cuanto a la regeneración, se observa que *Podocarpus parlatorei*, la especie más demandante de luz, no presenta renovales ni brinzales, por lo que se supone que, de persistir las condiciones actuales del rodal, no se podrán realizar aprovechamientos futuros de esta especie. En el otro extremo, *Juglans australis* presenta regeneración, aunque menos frecuente que la encontrada en la situación natural de menor ocurrencia de claros. Además, esta especie es poco utilizada. En el caso de *Cedrela lilloi*, se podría pensar a priori que la tala selectiva debería incentivar la regeneración, pero esto no sucede y ya se han enumerado algunas causas probables. La presencia de individuos de *Cedrela lilloi* generados a partir de rebrotes es una característica que debe tenerse en cuenta en el manejo posterior al aprovecha-

miento como una fuente adicional a la regeneración por vía germinativa. De hecho, la formación de rebrotes es reconocida como un aspecto de importancia cuando se consideran especies de valor en los bosques secundarios de zonas tropicales (Saulei & Lamb 1991).

Medidas que pueden favorecer el mantenimiento y la recuperación de la capacidad productiva de los bosques aprovechados incluyen: (1) la planificación del aprovechamiento para los años con buena producción de semillas o realizar aperturas antes del aprovechamiento con el objetivo de estimular la regeneración, en particular de *Cedrela lilloi* y *Juglans australis*; y (2) realizar claros sucesivos (Smith et al. 1997) con el objetivo de incentivar el crecimiento de los individuos mayores (DAP mayor a 10 cm), de la regeneración existente previa al aprovechamiento y de la lograda con posterioridad. Sin embargo, debe considerarse que se desconocen aspectos tales como la capacidad de incrementar la tasa de crecimiento de los individuos de menor

tamaño (DAP menor a 10 cm) instalados bajo el dosel, los cuales pueden ser realmente individuos suprimidos y, por ende, con poca capacidad de reacción a las aperturas o que pueden morir debido a la rápida exposición de sus copas.

El tipo de uso forestal actual representa una degradación del recurso natural a escala regional. Actualmente, el mercado es satisfecho con la continua intervención de nuevas áreas de bosque y no se plantea un ciclo de corta (intervenir periódicamente el mismo sitio) en el marco de cortas de selección o silvicultura multietánea. De esta manera, a medida que se agotan las superficies de bosques sin aprovechar se estaría agotando el recurso maderero regional para el esquema de mercado actual de las tres especies.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA) de la Universidad Nacional de La Plata y al Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de las Yungas (LIEY) de la Universidad Nacional de Tucumán.

BIBLIOGRAFÍA

- ANÓNIMO. 1993. *Datos climáticos de la localidad de Los Toldos, Provincia de Salta. Periodo 1981-1992*. Dirección de Ambiente y Recursos Naturales. Salta.
- ARTURI, MF; HR GRAU; PG ACEÑALOZA & AD BROWN. 1998. Estructura y sucesión en bosques montanos del Noroeste de Argentina. *Rev. Biol. Trop.* **46**:525-532.
- BENÍTEZ, MA; J GUEVARA & E ARENDS. 1996. Dinámica sucesional en claros producidos por perturbaciones naturales y explotaciones forestales. *Revista Forestal Venezolana* **40**:21-28.
- BROWN, AD. 1995. Las selvas de montaña del noroeste de Argentina: problemas ambientales e importancia de su conservación. Pp. 9-18 en: AD Brown & HR Grau (eds). *Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña*. LIEY-UNT. Tucumán.
- BROWN, AD; HR GRAU; LR MALIZIA & A GRAU. 2001. Argentina. Pp. 623-643 en: M Kappelle & AD Brown (eds). *Bosques nublados del Neotrópico*. INBio. San José.
- BROWN, N. 1993. The implications of climate and gap microclimate for seedling growth conditions in a Bornean lowland rain forest. *J. Trop. Ecol.* **9**:153-168.
- CABRERA, AL. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. Pp. 1-85 en: *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. Tomo II. Fascículo 1*. Acme. Buenos Aires.
- CONNELL, JH. 1989. Some processes affecting the species composition in forest gaps. *Ecology* **70**:560-562.
- FREDERICKSEN, TS & B MOSTACEDO. 2000. Regeneration of timber species following selection logging in a Bolivian tropical dry forest. *Forest Ecol. Manag.* **131**:47-55.
- GÓMEZ-POMPA, A & FW BURLEY. 1991. The management of tropical forests. Pp. 3-20 en: A Gómez-Pompa; TC Whitmore & M Hadley (eds). *Rain forest regeneration and management*. UNESCO y The Parthenon Publishing Group. París.
- GRAU, HR. 2000. Regeneration patterns of *Cedrela lilloi* (Meliaceae) in northwestern Argentina subtropical montane forests. *J. Trop. Ecol.* **16**:227-242.
- GRAU, HR & SE PACHECO. 1996. Demografía y crecimiento de renovales de *Cedrela lilloi* durante dos años, en un bosque subtropical de montaña de Tucumán, Argentina. *Yvyrareta* **7**:11-15.
- HARTSHORN, GA. 1978. Tree falls and tropical forest dynamics. Pp. 617-634 en: PB Tomlinson & M Zimmerman (eds). *Tropical trees as living systems*. Cambridge University press. Cambridge.
- JOHNS, RJ. 1992. The influence of deforestation and selective logging operations on plant diversity in Papua New Guinea. Pp. 143-148 en: TC Whitmore & JA Sayer (eds). *Tropical deforestation and species extinction*. Chapman and Hall, Londres.
- LAMPRECHT, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos*. GTZ. Eschborn.
- RAMADORI, ED & AD BROWN. 1997. Agricultura migratoria y sucesión secundaria en bosques nublados del noroeste de Argentina. Pp. 113-127 en: M Liberman & C Baied (eds). *Desarrollo sostenible de ecosistemas de montaña: manejo de áreas frágiles en los andes*. United Nations University, Liga para la Defensa del Medio Ambiente e Instituto de Ecología. La Paz.
- SAULEI, S & D LAMB. 1991. Regeneration following pulpwood logging in lowland rain forest in Papua New Guinea. Pp. 91-118 en: A Gómez-Pompa; TC Whitmore & M Hadley (eds). *Rain forest regeneration and management*. UNESCO y The Parthenon Publishing Group. París.
- SCHMIDT, RC. 1991. Tropical rain forest management: a status report. Pp. 181-203 en: Gómez-Pompa A; TC Whitmore & M Hadley (eds). *Rain forest regeneration and management*. UNESCO y The Parthenon Publishing Group. París.

- SMITH, DM; BC LARSON; MJ KELTY & PMS ASHTON. 1997. *The practice of silviculture: applied forest ecology*. Wiley. New York.
- STAPANIAN, MA & C SMITH. 1978. A model for seed scatterhoarding: coevolution of fox squirrels and black walnuts. *Ecology* **59**:884-896.
- STAPANIAN, MA & C SMITH. 1986. How fox squirrels influence the invasion of prairies by nut-bearing trees. *J. Mammal.* **67**:326-332.
- STEEGE, HT. 1996. *Winphot 5: a Programme to analyze vegetation indices, light and light quality from hemispherical photographs*. Report 95-2. Tropenbos Guyana Programme. Georgetown.
- VAN GARDINGEN, PR; MJ CLEARWATER; T NIFINLURI; R EFFENDI; W RUSMANTORO ET AL. 1998. Impacts of logging on the regeneration of lowland dipterocarp forest in Indonesia. *Commonw. Forest. Rev.* **77**:71-82.
- VEBLER, TT. 1992. Regeneration dynamics. Pp. 153-187 en: DC Glenn-Levin; RK Peet & TT Veblen (eds). *Plant succession. Theory and prediction*. Chapman and Hall. Londres.
- WEIDELT, HJ & VS BANAAG. 1982. *Aspects of management and silviculture of Philippine dipterocarp forests*. GTZ Schriftenreihe. Eschborn.
- WHITMORE, TC. 1991. Tropical rain forest dynamics and its implications for management. Pp. 67-86 en: A Gómez-Pompa; TC Whitmore & M Hadley (eds). *Rain forest regeneration and management*. UNESCO y The Parthenon Publishing Group. París.
- WHITMORE, TC; ND BROWN; MD SWAINE; D KENNEDY; CI GOODWIN-BAILEY ET AL. 1993. Use of hemispherical photographs in forest ecology: measurement of gap size and radiation totals in a Bornean tropical rain forest. *J. Trop. Ecol.* **9**:31-151.
- YOUNG, KR. 1994. Roads and the environmental degradation of tropical montane forest. *Conserv. Biol.* **8**:972-976.