Evaluación de los Disturbios y Daños Causados al Bosque Residual durante el Aprovechamiento por Selección en un Bosque Tropical de Bolivia

Documento Técnico 91/2000

Scott M. Jackson; Todd S. Fredericksen
Proyecto Bolfor

Jay R. Malcolm
Faculty of Forestry, University of Toronto
AUTORES

Contrato USAID: 511-0621-C-00-302-00
Chemonics International
USAID/Bolivia
Junio, 2000

Objetivo Estratégico de Medio Ambiente (USAID/Bolivia)

Evaluación de los Disturbios y Daños Causados al Bosque Residual durante el Aprovechamiento por Selección en un Bosque Tropical de Bolivia

Proyecto de Manejo
Forestal Sostenible
BOLFOR

Cuarto Anillo
esquina Av. 2 de Agosto
Casilla 6204
Teléfonos: 480766 - 480767
Fax: 480854
e-mail: bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo
Santa Cruz, Bolivia

BOLFOR es un proyecto financiado por USAID y el Gobierno de Bolivia e implementado por Chemonics International, con la asistencia técnica de Tropical Research and Development y Wildlife Conservation Society

Agradecimientos

El presente estudio fue financiado por el Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR de USAID. Los autores agradecen a La Chonta Ltda. por el apoyo logístico y la cooperación prestada durante el estudio. Asimismo, expresan su agradecimiento a Joaquín Justiniano, Juan Carlos Licona, Marisol Toledo y Elizabeth McDonald por su ayuda en la etapa de campo.

TABLA DE CONTENIDO

			Página
RESUMEN EJECUTIVO			
SECCION I	INTRODUCCION		I-1
SECCION II	DESCRIPCION DEL SITIO Y RESUMEN DEL APROVECHAMIENTO		II-1
SECCION III	METODOLOGIA		III-1
	A.	Superficie alterada	III-1
	B.	Ancho de las pistas de arrastre	III-2
	C.	Daños al bosque residual	III-2
	D.	Análisis estadísticos	III-2
SECCION IV	RESULTADOS		IV-1
	A.	Area alterada	IV-1
	B.	Ancho de los caminos y las pistas de arrastre	IV-1
	C.	Daño al bosque residual	IV-4
SECCION V	DISCUSION		V-1
	A.	Comparaciones con otros estudios	V-1
		Impacto en la sostenibilidad de los disturbios y el daño al bosque residual	V-3
	C.	Implicaciones para el manejo	V-4
SECCION VI	CONCLUSION		VI-1
SECCION VII	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		VII-1

CUADROS:

Cuadro IV-1. Superficie total (m^2), porcentaje de superficie y superficie (m^2), por árbol extraído, afectados durante las operaciones forestales. (Pg. IV-1)

Cuadro IV-2. Comparación del ancho, número de árboles (de todas las especies) dañados por metro de largo, número de árboles comerciales dañados por metro de largo, y porcentaje de árboles dañados (de todas las especies) que fueron arrancados, partidos en la base, doblados/inclinados en extremo o perdieron la copa en

caminos primarios y secundarios. Los valores medios se presentan con un error estándar entre paréntesis (Pg. IV-3)

Cuadro IV-3. Comparación del ancho, número de árboles (de todas las especies) dañados por metro de largo, número de árboles comerciales dañados por metro de largo, y porcentaje de árboles dañados (de todas las especies) que fueron arrancados, partidos en la base, doblados/inclinados en extremo o perdieron la copa en pistas primarias, secundarias y auxiliares. Los valores medios se presentan con un error estándar entre paréntesis. Las medias con la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes (prueba de Tukey, $\alpha = 0.05$).(Pg. IV-3)

Cuadro IV-4. Comparación del ancho, número de árboles (de todas las especies) dañados por metro de largo, número de árboles comerciales dañados por metro de largo, y porcentaje de árboles dañados (de todas las especies) que fueron arrancados, partidos en la base, doblados/inclinados en extremo o perdieron la copa en pistas de arrastre (primarias, secundarias y auxiliares combinadas) y caminos (primarios y secundarios combinados).(Pg. IV-4)

Cuadro IV-5. Número total de árboles dañados por árbol aprovechado, de acuerdo a clasificación y causa de daños.(Pg. IV-5)

Cuadro IV-6. Número de árboles comerciales dañados por árbol aprovechado, de acuerdo a clasificación y causa de daños. (Pg. IV-6)

Cuadro IV-7. Comparaciones del dap de los árboles dañados (de todas las especies) en pistas de arrastre (primarias, secundarias y auxiliares combinadas), caminos madereros (primario y secundarios combinados) y en claros de corta. Las medias indicadas con la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes (Prueba de Tukey, $\alpha = 0.05$). (Pg. IV-7)

Cuadro V-1. Comparación de las variables de aprovechamiento por selección en La Chonta, Bolivia y valores de otros estudios efectuados en el neotrópico, con intensidades similares de aprovechamiento (árboles extraídos/ha). (Pg. V-2)

RESUMEN EJECUTIVO

Se evaluó el área alterada y el daño al bosque residual causado por el aprovechamiento forestal planificado (basado en límites diamétricos) en un bosque tropical húmedo de Bolivia y los datos obtenidos se compararon con las alteraciones y daños reportados en otros estudios realizados en zonas neotropicales con intensidades similares de extracción maderera. El bosque fue aprovechado por una empresa maderera bajo concesión estatal. En la extracción se incorporó una serie de prácticas de aprovechamiento de impacto reducido tales como inventarios previos a la corta, ubicación planificada de caminos y pistas de arrastre, corta de bejucos y corta dirigida. Se extrajo una densidad total de 4.35 árboles/ha y 12.1 m^3/ha de madera. Se estima que el aprovechamiento alteró un 46.3% del bosque, incluyendo disturbios en un 25% de la superficie del suelo mediante pistas de arrastre, caminos madereros y patios de acopio, además de una apertura del dosel de 25% debido a la corta de árboles. En promedio, se dañaron 44 árboles por cada árbol extraído, 22 de los cuales murieron o sufrieron daños serios, seis de los cuales correspondían a especies comerciales. Los tipos más comunes de daño fueron: árboles arrancados, lesiones en el fuste y raspaduras en la corteza. Se estableció que el ancho de las vías de transporte es un factor significativo que determina el número de árboles dañados a lo largo de los caminos madereros, mas no así en las pistas de arrastre. El daño causado a los árboles en las pistas de arrastre fue significativamente menor que el producido en los caminos. Los daños al bosque residual en los claros de corta están positivamente relacionados al diámetro a la altura del pecho de los árboles aprovechados. Las comparaciones con otras operaciones planificadas de aprovechamiento revelaron un mayor porcentaje de superficie alterada en el suelo y una mayor área de claros de corta por árbol extraído. La mayor superficie alterada en el suelo se debe, en gran parte, a una cantidad superior de pistas de arrastre, muchas de las cuales parecen ser innecesarias. El mayor tamaño de los claros de corta se puede atribuir, parcialmente, al tamaño más grande de los árboles aprovechados con relación a otros bosques. Los resultados del presente estudio sugieren que las prácticas de aprovechamiento de impacto reducido deberán complementarse, también, con una cuidadosa supervisión del personal de campo, incentivos monetarios para los madereros e implementación adecuada de inspecciones, posteriores al aprovechamiento, de los sitios de extracción.

SECCION I
INTRODUCCION

La creciente deforestación en el trópico ha originado considerables presiones para la adopción de prácticas de manejo que generen beneficios económicos, al mismo tiempo que protejan las variables ecológicas de importancia crítica (Whitmore 1997). El aprovechamiento por selección, que consiste en la extracción de grupos de uno o más árboles sobre la base del rendimiento sostenido, se ha propuesto como un sistema económicamente viable que puede proporcionar una protección adecuada de las variables ecológicas, particularmente en regiones donde los disturbios de menor escala y la mortandad de árboles individuales son las formas dominantes de alteración (Whitman *et al.* 1997; Webb 1997; Fredericksen 1998). Se ha sugerido que el aprovechamiento por selección puede efectuarse al mismo tiempo que se mantiene la integridad ecológica de los bosques tropicales, pues éste imita la dinámica natural de formación de claros (Jonkers 1987 citado en Heinrich 1995).

Sin embargo, los estudios recientes que se han efectuado en el trópico indican que las prácticas de aprovechamiento por selección pueden tener impactos considerables en el bosque remanente (Veríssimo *et al.* 1992; Pinard y Putz 1996). A diferencia de los disturbios naturales, el aprovechamiento causa, a menudo, daños considerables al bosque residual, como consecuencia de la construcción y el uso de pistas de arrastre, caminos madereros y patios de acopio. Por ejemplo, Uhl y Vieira (1989), en su evaluación del daño post-aprovechamiento en la región de Paragominas del Brasil, determinaron que si bien se extrajo menos del 2% de los árboles comerciales, un 26% de los árboles remanentes murió o fue dañado. Otros impactos adversos notables incluyen una extensa pérdida del dosel, compactación de suelos y reducción del potencial regenerativo de los sitios alterados (Johns *et al.* 1996; Veríssimo *et al.* 1995; Webb 1997; Whitman *et al.* 1997). Aún con la introducción de técnicas planificadas de aprovechamiento, tales como la ubicación planificada de caminos y pistas de arrastre, corta de bejucos y corta dirigida (Johns *et al.* 1996; Vidal *et al.* 1997; Fredericksen 1998), las malas prácticas de extracción siguen preponderando en el trópico (Johnson y Cabarle 1993; Putz *et al.* en prensa). Por consiguiente, es cada vez más importante el monitoreo de los sistemas de aprovechamiento por selección, para determinar si los niveles de daño no sobrepasan los límites aceptables de sostenibilidad.

En el presente estudio, los autores evalúan el daño causado por el aprovechamiento por selección, basado en límites diamétricos, en los bosques húmedos de Bolivia. Los principales objetivos del trabajo fueron: 1) cuantificar el grado de daño causado por el aprovechamiento por selección en los bosques húmedos de Bolivia, 2) comparar dicho daño con otros estudios semejantes efectuados en el neotrópico y 3) identificar aspectos con potencial de mejora.

SECCION II
DESCRIPCION DEL SITIO Y RESUMEN DEL APROVECHAMIENTO

"La Chonta" es una concesión maderera de 100.000 ha ubicada en la Reserva Forestal de Guarayos (15E45'S, 62E60'O) del departamento de Santa Cruz, Bolivia. El bosque está clasificado como húmedo tropical y tiene una temperatura anual media de 24.5EC y una media anual de precipitación de 1500 mm. El lugar está dominado por especies de árboles del dosel, características de bosques húmedos, entre las que están incluidas *Hura crepitans* y *Pseudolmedia laevis*. La concesión tiene un historial de extracción selectiva de mara (*Swietenia macrophylla*) y otras especies de gran valor. Actualmente, se aprovechan 18 especies en la concesión. Más de un 60% de ésta se considera como bosque productivo apto para la extracción forestal (Gil 1997). El área de aprovechamiento anual corresponde a 2373 ha con un volumen aproximado de 51.424 m^3. Las actividades de extracción se efectúan siguiendo un ciclo de corta de 30 años.

El área específica considerada en el presente estudio fue un bloque (de aproximadamente 4 x 2 km) que fue aprovechado entre mayo y agosto de 1999. Los árboles a ser extraídos fueron seleccionados el año anterior mediante un inventario sistemático pre-aprovechamiento. Dicho inventario se llevó a cabo en una serie de picas de 2 km de largo, cada una, y ubicadas cada 100 m.

El aprovechamiento se basó en un límite de corta de 50 cm de diámetro a la altura del pecho (dap), con la excepción de las especies *Hura crepitans* y *Ficus glabrata*, a las que se aplicó un límite diamétrico de 70 cm (dap). Aproximadamente un 20% de los árboles con dap mayor al límite diamétrico se dejaron como árboles semilleros. Los árboles seleccionados para la corta se marcaron y los bejucos ubicados en o cerca del fuste de los árboles marcados se cortaron durante el inventario. Los caminos madereros y las pistas de arrastre se planificaron de acuerdo a mapas topográficos del área y la densidad de árboles marcados. Dichos caminos y pistas se demarcaron previamente a las actividades de aprovechamiento. Los caminos se construyeron utilizando tractores D7 o similares. Típico de las prácticas de aprovechamiento de la zona, se abrió un camino principal, que dividió el área aproximadamente por la mitad, y, a partir de éste, se construyeron caminos secundarios, más cortos, de acceso específico. Se abrió un total de 11 caminos secundarios, 5 en lado este y 6 en lado oeste del camino principal que se extiende de norte a sur. La corta de árboles estuvo a cargo de equipos de motosierristas, adiestrados en técnicas de corta dirigida para reducir el daño a los árboles vecinos y facilitar el arrastre de troncas a los caminos y patios de acopio. El arrastre se efectuó con "skidders" de ruedas. Los árboles de diámetros pequeños se arrastraron hasta patios de acopio ubicados en los caminos. En algunos casos, los árboles de gran diámetro fueron tronzados en segmentos menores (2-3 m) y transportados, con pala cargadora, a los caminos. Durante la operación de aprovechamiento, en el sitio se cortaron 3663 árboles (4.35 árboles ha^{-1}), lo que corresponde a un volumen de extracción de 12.1 m^3/ha.

SECCION III
METODOLOGIA

A. Superficie alterada

La superficie total de terreno alterado se estimó mediante la suma de las superficies afectadas por caminos madereros, pistas de arrastre, patios de acopio y zonas para maniobras de los “skidders” en los claros de corta. Las áreas ocupadas por caminos se estimaron a partir del largo y el ancho de los dos tipos de camino (primarios y secundarios) presentes en el sitio de estudio. Se midió el largo total de ambos tipos de camino. El ancho de los caminos primarios se midió cada 10 m en sectores, sistemáticamente ubicados, de 100 m de largo. Cada sector estaba ubicado entre 100 y 200 m pasado uno de los cinco caminos secundarios que se originan en el lado este del camino principal. Las mediciones del ancho de los caminos secundarios se tomaron cada 10 m, en sectores de 100 m de largo, contando con un sector ubicado, al azar, a lo largo de cada camino secundario presente. Se registraron tres medidas de ancho para cada tipo de camino: 1) ancho de la plataforma del camino, es decir la superficie sobre la que se desplazan los camiones, 2) ancho de la berma, es decir el área adyacente a la plataforma que fue desmontada con tractor para aumentar la visibilidad e iluminación y 3) el ancho del área que contenía desechos de la construcción de caminos (modificado a partir de Johns *et al.* 1996).

El porcentaje de superficie afectada por pistas de arrastre se determinó a partir de once sectores, de 1 km de largo, de las picas de inventario (aproximadamente 17% del total de la red de picas). Se seleccionaron, al azar, seis picas del lado este del camino principal y cinco del lado oeste. Las pistas de arrastre se clasificaron en cuatro tipos: 1) pistas primarias, en las que se arrastró más de diez árboles, 2) pistas secundarias, en las que se arrastró de dos a diez árboles o en las que se arrastró un árbol y se usaron, posteriormente, para acceso, 3) pistas auxiliares, en las que se arrastró sólo un árbol y 4) otras pistas en las que no se arrastraron árboles (modificado a partir de Whitman *et al.* 1997).

Se midió la superficie de todos los patios de acopio. Para estimar el área de cada uno de dichos patios, se los dividió en figuras geométricas conocidas, se calculó la superficie de cada una de éstas y se las sumó. Las zonas de maniobra de troncas se definieron como la superficie donde los “skkiders” o palas cargadoras maniobraban mientras levantaban o enganchaban troncas derribadas en los claros de corta. Dichas superficies se estimaron de la misma manera que los patios de acopio.

La apertura del dosel, causada por los claros de corta, se estimó mediante la medición del área de 22 claros. En el presente estudio, los claros de corta se definieron como aperturas continuas en el dosel del bosque, creadas por la corta de uno o más árboles comerciales. Los claros de corta se ubicaron, según la oportunidad, al final de cada uno de los once segmentos de caminos secundarios en los que se midió el ancho. La apertura del dosel se estimó mediante el sistema de puntos centrales (Johns *et al.* 1996). Este consiste en la medición desde un punto de origen, ubicado cerca del centro de las aperturas en el dosel, del acimut y la distancia hasta el borde del claro en un mínimo de seis direcciones. La superficie de los claros se calculó mediante la sumatoria de los triángulos resultantes.

B. Ancho de las pistas de arrastre

Se hicieron estimaciones del ancho de las pistas primarias cada 10 m, a lo largo de once sectores de 100 m de largo. El ancho de las pistas secundarias se registró, con intervalos de 5 m, a lo largo de once sectores de 50 m de largo. Tanto los sectores de pistas primarias como secundarias se ubicaron, según la oportunidad, desde el punto final de los once caminos secundarios. Se ubicaron 21 pistas auxiliares en la misma forma que los claros de corta (sólo se ubicó una pista para cada camino secundario). Las mediciones del ancho de las pistas auxiliares se efectuaron cada 5 m en toda la extensión de éstas. Para las pistas primarias y secundarias, se reportaron dos medidas del ancho: el ancho entre el margen externo de las huellas de las ruedas y el ancho máximo de la alteración del suelo.

C. Daños al bosque residual

El daño al bosque residual a lo largo de los caminos madereros y las pistas de arrastre se evaluó en las mismas ubicaciones que las mediciones del ancho de éstos. Debido a limitaciones de tiempo, sólo se evaluó el daño al bosque residual en las pistas de arrastre donde se extrajeron árboles; no se evaluaron las pistas de arrastre de la categoría “otras”. Se registró la ubicación (distancia desde el disturbio), el dap (en las clases de tamaño de 10 cm) y el tipo de daño de todos los árboles con dap mayor a 10 cm que se encontraban a menos de 3 m de la berma o el margen de las pistas de arrastre. El tipo de daño se registró de acuerdo a la ubicación y seriedad de las lesiones (Cuadro III-1). Se observó, también, los daños causados a los árboles situados a más de 3 m debido a la caída, rotura o dobladura de otros árboles.

Se registró la clase diamétrica (en las clases de tamaño de 10 cm) y el tipo de daño en todos los árboles con dap superior a 10 cm, en cada uno de los 22 claros de corta donde se midió el tamaño de la apertura del dosel. Se aplicó un sistema de calificación (aprobado/reprobado) en cada claro, con el fin de evaluar la implementación de la corta dirigida. La aprobación se basó, primordialmente, en el grado observado de daños innecesarios a los árboles comerciales. No obstante, se incluyeron otros factores como el grado de disminución de la apertura en el dosel y del daño residual en claros múltiples, donde se derribaron varios árboles en un sólo claro (Cuadro III-2).

Se estimó el número de árboles destruidos durante la construcción de patios de acopio mediante la multiplicación de la superficie de cada patio por la densidad promedio de árboles con dap superior a 10 cm presentes en el área de estudio.

D. Análisis estadísticos

Se emplearon análisis de varianza (ANOVA) y pruebas “t” para determinar si existían diferencias en la superficie alterada y el daño al bosque residual entre los distintos sitios o las distintas operaciones de aprovechamiento. Se usó la prueba de separación media de Tukey para determinar la diferencia entre las medias generadas en el análisis de varianza. Se utilizó un análisis de regresión para establecer la relación entre el diámetro a la altura del pecho (dap) y el número de árboles dañados. Las diferencias se consideran estadísticamente significativas cuando $p > 0.05$.

Cuadro III-1. Clasificación de daños, según ubicación y gravedad, sufridos por los árboles del bosque residual (> 10 cm) en caminos madereros, pistas de arrastre y claros de corta.

Fuste	Raíz	Copa
Arrancado	Tejido del cambium expuesto y dañado	Pérdida de la totalidad de la copa
Partido en la base o extremadamente doblado	Tejido del cambium expuesto pero no dañado	Pérdida de menos de la totalidad, pero más de dos tercios de la copa
Tejido del cambium expuesto y dañado	Raspaduras en la raíz	Pérdida de menos de dos tercios, pero más de un tercio de la copa
Tejido del cambium expuesto pero no dañado		Pérdida de menos de un tercio de la copa
Raspaduras en la corteza		

Cuadro III-2. Esquema de evaluación de la corta dirigida en los bosques tropicales húmedos de Bolivia.

Calificación	Criterio
Aprobado	• se evita el daño innecesario a los árboles comerciales • se hace caer los árboles en áreas anteriormente alteradas • los árboles se cortan facilitando el arrastre en terreno abrupto
Reprobado	• daño innecesario a los árboles comerciales • daño excesivo a árboles comerciales y no comerciales cuando se dispone de mejores opciones (ej. áreas anteriormente alteradas) • no se minimiza el área de claros

SECCION IV
RESULTADOS

A. Area alterada

Las aperturas del dosel causadas por la corta de árboles ocuparon, aproximadamente, un 25% de las 852 ha del área de estudio. El área promedio por claro de corta y el área promedio de claro de corta por árbol extraído fue de 1022 ± 178 (ES) m^2 y 591 ± 92 (ES) m^2 respectivamente, con una superficie total estimada de claros de 2.168.003 m^2. El análisis de regresión reveló una relación positiva entre el dap de los árboles extraídos de claros individuales y la superficie de las aperturas resultantes en el dosel (r^2 =0.42, p=0.01)

Las operaciones de aprovechamiento afectaron más de un 25% de la superficie del suelo en el sito de estudio (Cuadro IV-1). Las pistas secundarias de arrastre (10.6%) y las correspondientes a la categoría “otras” (4.7%) fueron las mayores contribuyentes y la causa de alteración de más de la mitad de la superficie del suelo. Las zonas de maniobra de troncas, las pistas primarias, las pistas auxiliares, y los caminos secundarios y primarios alteraron entre 1 y 3% de la superficie del suelo, mientras que una superficie mucho menor fue alterada por los patios de acopio (0.1%).

B. Ancho de los caminos y las pistas de arrastre

Los caminos primarios mostraron un ancho promedio de la plataforma y berma significativamente mayor que los caminos secundarios (Cuadro IV-2). El ancho de la zona donde se depositaron materiales de desecho fue mucho mayor en los caminos primarios, mas no significativamente. Se determinó que las pistas primarias eran significativamente más anchas que las secundarias o las auxiliares (Cuadro IV-3). Las pistas secundarias tendieron a ser más anchas, pero no significativamente, que las auxiliares. La comparación de la extensión del área directamente alterada por maquinaria (camiones y tractores) mostró que los caminos (ambos tipos combinados) mostraron un ancho medio (camino + berma) significativamente más alto que las pistas de arrastre (los tres tipos combinados) (Cuadro IV-4).

Cuadro IV-1. Superficie total (m^2), porcentaje de superficie y superficie (m^2), por árbol extraído, afectados durante las operaciones forestales.

Sitio	**Superficie total (m^2)**	**Porcentaje de superficie (%)**	**Superficie (m^2)/árbol**
Caminos primarios			
plataforma	24,828.60	0.29	6.78
berma	38,953.02	0.46	10.63
desechos de la corta	25,881.12	0.30	7.07
total	89,662.74	1.05	24.48
Caminos secundarios			
plataforma	26,406.40	0.31	7.21
berma	34,206.59	0.40	9.34
desechos de la corta	24,168.45	0.28	6.60
total	84,781.44	0.99	23.15
Pistas primarias			
fuera de claros	198,244.91	2.33	54.12
en claros	9,449.45	0.11	2.56
total	207,694.36	2.44	56.70
Pistas secundarias			
fuera de claros	789,842.73	9.27	215.63
en claros	73,581.82.00	0.86	20.09
total	863,424.55	10.13	235.71
Pistas auxiliares			
fuera de claros	205,022.18	2.41	55.97
en claros	5,266.91	0.06	1.44
total	210,289.09	2.47	57.41
Otras pistas			
fuera de claros	400,594.91	4.70	109.36
en claros	2,091.27	0.02	0.57
total	402,686.18	4.73	109.93
Patios de acopio	8,686.55	0.10	2.37
Zonas de maniobra de troncas	263,927.50	3.10	72.05
Total global	**2,131,152.41**	**25.00**	**581.79**

Cuadro IV-2. Comparación del ancho, número de árboles (de todas las especies) dañados por metro de largo, número de árboles comerciales dañados por metro de largo, y porcentaje de árboles dañados (de todas las especies) que fueron arrancados, partidos en la base, doblados/inclinados en extremo o perdieron la copa en caminos primarios y secundarios. Los valores medios se presentan con el error estándar entre paréntesis.

Variable	Camino primario	Camino secundario	Valor de p
Ancho medio			
Plataforma (m)	5.17 (±0.10)	4.55 (±0.13)	0.01[a]
Berma (m)	8.11 (±0.32)	5.90 (±0.22)	<0.0001 [a]
Desechos (m)	5.39 (±0.26)	4.17 (±0.41)	0.08 [a]
Número medio de árboles (de todas las especies) dañados por m-1	0.56 (±0.06)	0.41 (±0.03)	0.04 [a]
Número medio de árboles comerciales dañados por m-1	0.14 (±0.05)	0.13 (±0.02)	0.83 [a]
Porcentaje medio de árboles dañados (de todas las especies) que fueron arrancados, partidos en la base, doblados/inclinados en extremo o perdieron la copa	86.97 (±0.82)	81.49 (±0.03)	0.13[b]

[a]prueba "t" de varianza igual
[b]prueba "t" de varianza desigual

Cuadro IV-3. Comparación del ancho, número de árboles (de todas las especies) dañados por metro de largo, número de árboles comerciales dañados por metro de largo, y porcentaje de árboles dañados (de todas las especies) que fueron arrancados, partidos en la base, doblados/inclinados en extremo o perdieron la copa en pistas primarias, secundarias y auxiliares. Los valores medios se presentan con el error estándar entre paréntesis. Las medias con la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes (prueba de Tukey, a = 0.05).

Variable	**Pistas primarias**	**Pistas secundarias**	**Pistas auxiliares**
Ancho medio	4.07 (±0.18)[a]	3.40 (±0.09)[b]	3.20 (±0.08)[b]
Número medio de árboles (de todas las especies) dañados por m^{-1}	0.21 (±0.02)[a]	0.18 (±0.02)[a]	0.20 (±0.02)[a]
Número medio de árboles comerciales dañados por m^{-1}	0.07 (±0.01)[a]	0.04 (±0.01)[a]	0.06 (±0.01)[a]
Porcentaje medio de árboles dañados (de todas las especies) que fueron arrancados, partidos en la base, doblados/inclinados en extremo o perdieron la copa	50.32 (±3.16)[ab]	39.28 (±4.10)[b]	56.87 (±6.82)[a]

Cuadro IV-4. Comparación del ancho, número de árboles (de todas las especies) dañados por metro de largo, número de árboles comerciales dañados por metro de largo, y porcentaje de árboles dañados (de todas las especies) que fueron arrancados, partidos en la base, doblados/inclinados en extremo o perdieron la copa en pistas de arrastre (primarias, secundarias y auxiliares combinadas) y caminos (primarios y secundarios combinados).

Variable	Pistas de arrastre	**Caminos madereros**	**Valor de p**
Ancho medio (m)[a]	3.47 (±0.08)	11.34 (±0.39)	<0.0001[b]
Número medio de árboles (de todas las especies) dañados por m^{-1}	0.20 (±0.01)	0.46 (±0.03)	<0.0001[b]
Número medio de árboles (comerciales) dañados por m^{-1}	0.06 (±0.01)	0.13 (±0.02)	0.004[b]
Porcentaje medio de árboles dañados (de todas las especies) que fueron arrancados, partidos en la base, doblados/inclinados en extremo o perdieron la copa	34.90 (±4.40)	83.20 (±2.33)	<0.0001[b]

[a] Para esta comparación, el ancho de los caminos se definió como la extensión máxima de alteración del suelo debida a movimiento de vehículos (ej. tractores, camiones) (es decir plataforma + berma)
[b]prueba "t" de varianza desigual

C. Daño al bosque residual

Los tipos más comunes de daño a los árboles del bosque residual fueron el desarraigo de fustes, las lesiones al cambium y las raspaduras en la corteza. La mayoría del daño se produjo en los claros de corta, a consecuencia de la tumba de árboles, y a lo largo de las pistas secundarias y de la categoría "otras" (Cuadros IV-5 y IV-6).

Al considerar todas las especies de árboles, los caminos primarios dañaron un número significativamente mayor de árboles que los caminos secundarios. No obstante, el número de árboles comerciales dañados no difirió entre ambos tipos. Los caminos primarios mostraron tendencia a un mayor porcentaje de árboles con daños graves que los secundarios, si bien no se detectó una diferencia significativa (Cuadro IV-2). Se consideró como daños graves a: árboles que fueron arrancados, partidos en la base, doblados o inclinados, o perdieron toda la copa. No se observó una diferencia significativa en el dap medio de los árboles dañados en los caminos primarios y secundarios.

No se observaron diferencias significativas entre los tipos de pista de arrastre, en cuanto al número de árboles (todas las especies combinadas) (ANOVA, $p = 0.59$) o al número de árboles comerciales dañados por largo de unidad (ANOVA, $p = 0.33$). No obstante, se observaron diferencias significativas entre las pistas de arrastre, en lo referente al porcentaje de árboles dañados con lesiones graves (ANOVA, $p = 0.04$). Las pistas auxiliares mostraron una media significativamente mayor de árboles con daños graves que las pistas secundarias, y un porcentaje ligeramente más alto de árboles con daños graves que las pistas primarias, si bien no se observó una diferencia significativa. La comparación entre el dap medio de los árboles dañados no evidenció una diferencia significativa entre pistas primarias, secundarias y auxiliares (ANOVA, $p = 0.84$) (Cuadro IV-3).

Cuadro IV-5. Número total de árboles dañados por árbol aprovechado, de acuerdo a clasificación y causa de daños.

	Caminos madereros		Pistas de arrastre[a]				Patios de acopio[b]	Areas de claros		Total
	primarios	secundarios	primarias	secundarias	auxiliares	otras		árboles cortados	zonas de maniobra	
Daños al fuste										
Arrancados	0.59	0.50	1.44	4.03	1.78	3.42	0.12	2.66	1.68	16.22
Partidos, doblados, inclinados	0.02	0.02	0.06	0.75	0.04	0.07	0	2.50	0.05	3.51
Daños en el cambium	0.02	0.04	0.91	4.41	0.93	1.79	0	1.37	0.55	10.02
Cambium al descubierto	0.01	0.01	0.13	0.76	0	0	0	0.53	0.11	1.55
Raspaduras en la corteza	0.04	0.05	0.28	1.64	0.38	0.73	0	1.89	0.18	5.19
Pérdida de la copa										
Total	0.02	0.01	0	0	0	0	0	2.47	0.05	2.55
2/3<3/3	0.003	0.004	0	0	0	0	0	0.79	0.03	0.827
1/3<2/3	0	0.003	0.01	0.13	0	0	0	1.03	0	1.173
0<1/3	0.01	0.01	0.03	0.25	0	0	0	3.82	0.08	4.20
Daño a las raíces										
Daños en el cambium	0.003	0.001	0.22	0.38	0.34	0.65	0	0.03	0.05	1.674
Cambium al descubierto	0	0	0.04	0.50	0.04	0.08	0	0	0	0.66
Raspaduras en la raíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL GLOBAL	0.716	0.648	3.12	12.85	3.91	6.74	0.12	17.09	2.78	43.82[c]

[a] no incluye los árboles dañados por árbol extraído en las pistas de arrastre ubicadas en claros.
[b] el número de árboles dañados en patios de acopio se derivó del área de éstos multiplicada por la densidad promedio de árboles (<10 cm dap) determinada a partir del area de 3 m adyacente a las pistas primarias y secundarias.
[c] el total global no suma los totales del tipo de daño, ya que algunos árboles sufrieron dos tipos de daño (ej. raspaduras en la raíz y fuste partido) o debido a que los árboles de los claros de corta pueden haber sido dañados tanto por las actividades de corta como por la zona de maniobras. El total global representa el número real de árboles que sufrieron daños, por árbol aprovechado.

Cuadro IV-6. Número de árboles comerciales dañados por árbol aprovechado, de acuerdo a clasificación y causa de daños.

	Caminos madereros		Pistas de arrastre[a]				Patios de acopio[b]	Areas de claros		Total
	primarios	secundarios	primarias	secundarias	auxiliares	otras		árboles cortados	zonas de maniobra	
Daños al fuste										
Arrancados	0.15	0.15	0.29	0.76	0.34	1.05	0.05	0.84	0.37	4.00
Partidos, doblados, inclinados	0.005	0.004	0.01	0.13	0	0	0	0.95	0.03	1.129
Daños en el cambium	0.008	0.01	0.41	0.88	0.29	0.57	0	0.47	0.11	2.748
Cambium al descubierto	0.005	0.006	0.05	0.38	0	0	0	0.18	0.03	0.651
Raspaduras en la corteza	0.008	0.02	0.14	0.63	0.25	0.50	0	0.95	0.08	2.578
Pérdida de la copa										
Total	0.003	0.003	0	0	0	0	0	1.05	0	1.056
2/3<3/3	0.003	0.001	0	0	0	0	0	0.32	0	0.324
1/3<2/3	0	0.001	0	0	0	0	0	0.29	0	0.291
0<1/3	0	0.003	0	0.13	0	0	0	1.44	0.03	1.603
Daño a las raíces										
Daños en el cambium	0	0.007	0.15	0.25	0.17	0.67	0	0	0.52	1.767
Cambium al descubierto	0	0	0.03	0	0.04	0.08	0	0	0	0.15
Raspaduras en la raíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL GLOBAL	0.182	0.205	1.08	3.16	1.09	2.87	0.05	6.49	1.17	13.28[c]

[a] no incluye los árboles dañados por árbol extraído en las pistas de arrastre ubicadas en claros.
[b] el número de árboles dañados en patios de acopio se derivó del área de éstos multiplicada por la densidad promedio de árboles (<10 cm dap) determinada a partir del area de 3 m adyacente a las pistas primarias y secundarias.
[c] el total global no suma los totales del tipo de daño, ya que algunos árboles sufrieron dos tipos de daño (ej. raspaduras en la raíz y fuste partido) o debido a que los árboles de los claros de corta pueden haber sido dañados tanto por las actividades de corta como por la zona de maniobras. El total global representa el número real de árboles que sufrieron daños, por árbol aprovechado.

Los caminos madereros (ambos tipos combinados) dañaron un número significativamente mayor de árboles de todas las especies (prueba “t” de varianza desigual, $p < 0.0001$) y de especies comerciales (prueba “t” de varianza desigual, $p < 0.005$) por unidad y presentaron un porcentaje significativamente mayor de árboles dañados con lesiones serias, que las pistas de arrastre (todos los tipos combinados) (prueba “t” de varianza desigual, $p < 0.0001$) (Cuadro IV-3).

La comparación global de pistas de arrastre (todos los tipos combinados), caminos madereros (todos los tipos combinados) y claros de corta mostró que, en promedio, las primeras dañan árboles ligeramente, pero de forma significativa, más árboles pequeños que los caminos o los claros de corta (ANOVA, $p = 0.05$, prueba de Tukey) (Cuadro IV-7). El dap de cada árbol se consideró como la mediana de su respectiva clase de tamaño (es decir que se asignó un dap de 15 cm a los árboles de la clase de 10 a 20 cm).

Se estableció que el dap de los árboles aprovechados está significativamente correlacionado tanto con el número de árboles dañados (de todas las especies) (análisis de regresión, $r^2 = 0.59$, $p = 0.001$) como con el número de árboles comerciales dañados (análisis de regresión, $r^2 = 0.41$, $p = 0.001$) debido a las prácticas de corta. De los 38 árboles cortados, 24 (63% de los árboles evaluados) fueron aprobados.

Cuadro IV-7. Comparaciones del dap de los árboles dañados (de todas las especies) en pistas de arrastre (primarias, secundarias y auxiliares combinadas), caminos madereros (primarios y secundarios combinados) y en claros de corta. Las medias indicadas con la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes (Prueba de Tukey, a = 0.05).

Variable	Pistas de arrastre	Caminos madereros	Claros de corta
Media del dap de los árboles dañados (todas las especies)	21.52 (±5.47)[a]	22.50 (±2.83)[b]	24.88 (±4.99)[b]

SECCION V
DISCUSION

A. Comparaciones con otros estudios

Dentro de lo posible, los resultados del presente estudio se compararon con los resultados de estudios semejantes llevados a cabo en el neotrópico (Cuadro V-1). Para las variables influenciadas por la intensidad del aprovechamiento (ej. superficie de la alteración del suelo), la comparación se limitó a estudios con tasas paralelas de aprovechamiento (número de árboles aprovechados por hectárea). Si bien se han empleado ajustes de intensidad para dichas comparaciones (Webb 1997), es poco probable que la relación entre variables, tales como el porcentaje de superficie alterada de suelo y la densidad de aprovechamiento, sean lineales (Panfil y Gullison 1998). Asimismo, no existe certeza sobre la semejanza de dicha relación entre los distintos tipos de bosque.

Las operaciones de corta que se observaron en el presente estudio crearon áreas más grandes de claros por árbol extraído, que las registradas en otros estudios de aprovechamiento planificado o no planificado. Esta tendencia se puede atribuir, en parte, al tamaño relativamente grande de los árboles aprovechados en el presentes estudio. En éste, la media del dap de los árboles cortados (81.2 cm) supera, levemente, a la media reportada por Veríssimo *et al.* (1995) (76 cm) y se aproxima al diámetro máximo de los árboles aprovechados en el estudio de Vidal *et al.* (1997) (que fluctúa entre 60 y 90 cm). Sin embargo, las atípicamente grandes copas (que en algunos casos alcanzaron hasta 1600 m^2 por árbol) de los árboles más aprovechados (*Ficus glabrata* y *Hura crepitans*) podrían explicar, también, el mayor tamaño de los claros de corta formados en el presente estudio.

Las operaciones de aprovechamiento en la concesión “La Chonta” alteraron un mayor porcentaje de superficie con respecto a lo reportado en otros estudios de extracción forestal, planificada o no planificada, llevados a cabo en el neotrópico (Cuadro IV-7). La mayor alteración se debe, primordialmente, a la superficie, excesivamente grande, afectada por pistas de arrastre en la concesión. Estas correspondieron a más de un 19% del área de estudio (78% de la superficie alterada de suelo), en comparación con un 5.4% (68% de la superficie alterada) y 5.3% (42% del área alterada) en otras operaciones planificadas (Johns *et al.* 1996) y no planificadas (Uhl y Viera 1989; Johns *et al.* 1996), respectivamente. Estas diferencias implican que la planificación de pistas de arrastre no fue implementada adecuadamente y/o que los operadores de “skidder” no respetaron la red demarcada. Esto último es evidente, pues aproximadamente un 24% de las pistas creadas no se utilizó para el transporte de troncas (las clasificadas como “otras” pistas), sino que se abrió como atajo entre claros de corta y patios de acopio, o quedó sin salida.

Cuadro V-1. Comparación de las variables de aprovechamiento por selección en La Chonta, Bolivia y valores de otros estudios efectuados en el neotrópico, con intensidades similares de aprovechamiento (árboles extraídos/ha).

	Este estudio	Otros planificados	Otros no planificados
Número de árboles (todas las especies) dañados por árbol extraído			
Corta	17.09	20.5 a	28.7 a
Caminos	1.36	6.0 a	9.0 a
Pistas de arrastre	26.62	4.25 a	7.1 a
Patios de acopio	0.12	0.94 a	1.4 a
Zona de maniobra de troncas	2.68	3.1 a	4.7 a
Total	43.82 b	34.75	50.9
Area de claros de corta por árbol	591.87	240 c	354 c,d
Porcentaje de área alterada			
Caminos	2.04	2.04 a	3.36 a,e
Pistas de arrastre	19.77	5.39 a	5.34 a,e
Patios de acopio	0.10	0.68 a	1.29 a
Zona de maniobra de troncas	3.10	0.36 a	2.41 a
Total	25.00	8.48	12.71

[a] Johns *et al.* (1996); se promediaron las operaciones planficadas para la comparación; se extrajo 4.5 árboles/ha durante las operaciones planificadas, se extrajo 5.6 árboles durante las operaciones no planificadas.
[b] El total no es igual a la suma de los componentes debido a que ciertos individuos fueron dañados tanto durante la corta como la maniobra de troncas.
[c] Vidal *et al.* (1997); los árboles sin bejucos se usaron para representar prácticas de aprovechamiento controlado, los árboles con bejucos, sin tener en cuenta el número de bejucos, se usaron para representar prácticas de aprovechamiento no controlado.
[d] Veríssimo *et al.* (1995); para la comparación se promedió las tres áreas de estudio.
[e] Uhl and Viera (1989); se extrajo 4.3 árboles/ha.

A pesar de la mayor superficie alterada y el consiguiente mayor número de árboles dañados en las pistas de arrastre del presente estudio, las demás operaciones forestales causaron menos daños al bosque residual que los que se reportan en otros estudios de aprovechamiento planificado, específicamente en lo relacionado a la construcción de caminos, la corta de árboles, el acopio y la maniobra de troncas. El menor grado de daños causados por la tumba de árboles es particularmente significativo, en vista el gran diámetro y tamaño de las copas de los árboles extraídos. Estos resultados sugieren que la reducción del arrastre innecesario sería clave para disminuir el impacto del aprovechamiento en esta concesión, hasta alcanzar niveles que sean iguales o mejores que los de las operaciones de extracción que se reportan en la bibliografía existente al respecto.

La presencia de extensas alteraciones del suelo, debido a actividades tales como el paso de “skidders”, a pesar de los esfuerzos para reducir daños (ej. pistas de arrastre planificadas) se puede atribuir a la falta de supervisión de los operadores y de incentivos económicos para éstos. Comúnmente, se recomienda una supervisión adecuada de los trabajadores que efectúan sus labores en aislamiento y que deben enfrentar situaciones según estas se presentan (Johnson y Cabarle 1993; Howard *et al.* 1996). Asimismo, Putz *et al.* (en prensa) concluyen que si bien se pueden lograr reducciones en los costos operativos mediante la implementación del

aprovechamiento de impacto reducido (véase Jonkers 1987; Barreto *et al.* 1998), este ahorro rara vez llega hasta los empleados y, por lo tanto, no existe suficiente incentivo para que éstos empleen las técnicas necesarias. Esto se puede acentuar, aún más, en zonas planas, como La Chonta, donde la falta de obstáculos topográficos hace que los conductores de "skidders" abran nuevas pistas de arrastre, con la consecuente mayor densidad de estas vías (Putz *et al.* en prensa). Por esto, los incentivos económicos adecuados y el mejor monitoreo podrían ser de importancia crítica para la mejora de las operaciones de aprovechamiento en el sitio de estudio.

B. Impacto en la sostenibilidad de los disturbios y el daño al bosque residual

Si bien la disminución del área alterada y de los daños al bosque durante la extracción se consideran una indicación del "buen" aprovechamiento forestal, es importante evaluar el impacto de los disturbios en el contexto de la ecología de las especies comerciales de los bosques aprovechados. Por ejemplo, las especies arbóreas comerciales que requieren grandes disturbios para regenerarse pueden beneficiarse con las alteraciones causadas por el aprovechamiento, contrarrestando la importancia de la reducción del área alterada (Dickinson *et al.* en prensa; Fredericksen y Mostacedo en prensa; Snook 1996). Del mismo modo, si las lesiones no están sujetas al ataque de hongos ni causan otro tipo de pérdidas de la madera en pie, el impacto económico de los daños causados por el aprovechamiento al bosque residual podría ser menor a lo que sugieren las evaluaciones post-aprovechamiento.

La regeneración después del aprovechamiento depende, en gran parte, de las necesidades de cada especie y de sus diferentes tolerancias a las condiciones post-extracción. Si bien las alteraciones causadas por el aprovechamiento pueden estimular el crecimiento, al exponer el suelo para el establecimiento de plantines, reducir la vegetación competidora y fomentar la regeneración de especies con capacidad de rebrote (Veríssimo *et al.* 1992; Montagnini *et al.* 1996; Harms y Dalling 1997; Magnusson *et al.* 1999; Fredericksen y Mostacedo, en prensa), los disturbios del suelo a gran escala, como los observados en el presente estudio, combinados con la eliminación del dosel pueden derivar en una compactación extrema del suelo y altas temperaturas de la superficie, lo que limitaría la cantidad de micro-sitios adecuados para la regeneración y, a la larga, impediría el crecimiento de las plántulas (Reisinger *et al.* 1988; Pinard y Putz 1996; Guariguata y Pinard 1998).

Las evaluaciones recientes, aún no publicadas, de la regeneración en el área de estudio y zonas aledañas durante los dos años siguientes al aprovechamiento (T.S. Frederickesn, W. Pariona, J. Justiniano y J.C. Licona) indican diferencias, particulares para cada especie, en la regeneración de las especies comerciales en distintos micro-sitios. En lo que se refiere a las especies valiosas, la regeneración de *Hura crepitans* aparece como resultado de varios tipos de alteración, siendo más numerosa en claros de corta, donde alcanza una densidad de 6 plantines libres para el crecimiento por claro (en 42 claros evaluados). *Cariniana* spp. rebrota, fácilmente, de raíces y tocones, y aparece en claros de corta, pistas de arrastre y orillas de caminos. Las zonas con suelo escarificado son el micro-sitio preferido de regeneración de *Schizolobium amazonicum*. Un análisis de las áreas escarificadas por "skidders" en ocho claros de corta reveló una densidad de esta especie, cuatro veces mayor a la de áreas no escarificadas en los mismos claros. La regeneración de dicha especie en zonas escarificadas supera, a menudo, los dos metros de altura y alcanza una densidad de 5 brinzales por m^2, a pesar de existir en éstas una

compactación del suelo dos veces mayor a la de las áreas no escarificadas. Esta observación coincide con observaciones de mejor reclutamiento de ésta y otras especies comerciales en áreas de arrastre en claros, en comparación con otras zonas de aprovechamiento que no fueron alteradas por el paso de "skidders" en La Chonta (Pariona y Fredericksen, datos no publicados). Asimismo, en otro estudio efectuado en La Chonta (Fredericksen *et al.* 1999) se registra un mayor reclutamiento de una de las especies comerciales de mayor importancia (*Ficus glabrata*) en áreas levemente compactadas por el paso de maquinaria forestal, en comparación con aquéllas sin compactación.

A pesar de la gran densidad de pistas de arrastre en La Chonta, la regeneración de varias especies comerciales parece prosperar en estos sitios, a menos de un año del cese de actividades de aprovechamiento. Una reciente evaluación de trece sectores, de 50 m, de pistas de arrastre reveló una densidad promedio de regeneración de especies comerciales de 0.36 ± 0.1 (DE) brinzales por metro de pista, en la que se incluía regeneración de especies comerciales valiosas (*Hura crepitans, Cariniana* spp., *Cedrela odorata, Schilobium amazonicum*). Al parecer, la única zona en la que no se evidencia regeneración en La Chonta corresponde a los caminos madereros. Las arcillas pesadas de estas zonas aparecen altamente compactadas, particularmente en los caminos que se usan durante períodos lluviosos, lo que podría evitar la regeneración por un lapso prolongado después del aprovechamiento.

Si bien dichos datos indican que las alteraciones causadas por la extracción forestal no tendrían impactos adversos en la regeneración y, por consiguiente, en las futuras cosechas, el daño al bosque residual puede tener implicaciones serias para futuros aprovechamientos en La Chonta. Cuatro de las especies más importantes en la concesión (*Cariniana ianeirensis, Ficus glabrata, Hura crepitans* y *Schizolobium amazonicum*) tienen madera blanda, propensa al ataque de hongos, los cuales reducen, considerablemente, su valor comercial. En un estudio reciente sobre putrefacción de la madera de *Ficus glabrata* en las lesiones causadas por el aprovechamiento (L. McDonald, datos no publicados) se indica una rápida decoloración de los tejidos a consecuencia de lesiones superficiales infligidas durante la extracción. Esto resalta la importancia de minimizar la cantidad y el grado de las lesiones, causadas por las labores forestales, en dichas especies.

C. Implicaciones para el manejo

Al parecer, el número de árboles dañados (de todas las especies) a lo largo de los caminos madereros está influenciado por el ancho de éstos, siendo los caminos primarios los que causan mayores daños, en comparación con los secundarios. Por esta razón, se deberá tratar de disminuir, en lo posible, el ancho de los caminos. No obstante, dado el bajo nivel de significancia observado en el presente estudio (ver Cuadro IV-1) y considerando que no se evidenció diferencia alguna entre ambos tipos de caminos en cuanto al número de árboles comerciales dañados o la gravedad del daño, las diferencias mínimas de ancho podrían ser insignificantes.

En contraste con los caminos, el daño que se produce en las pistas de arrastre no parece estar asociado con el número de pases de los "skidders" o el ancho de estas vías. No se observó una diferencia significativa en el número de árboles, comerciales o de todas las especies, dañados a lo largo de las pistas primarias o secundarias. Además, a pesar de ser más angostas y menos

transitadas, las pistas auxiliares dañaron un número similar de árboles (de todas las especies y de especies comerciales) por unidad de largo y mostraron un porcentaje mayor de árboles seriamente dañados que las pistas primarias o secundarias. Sin embargo, si se considera la reducida extensión promedio de las pistas auxiliares de arrastre (promedio muestreado de 20 m de largo), es poco probable que los planificadores y/o marcadores de pistas hayan considerado el grado de daño al bosque residual producido en éstas. Desde una perspectiva ecológica, los planificadores/administradores deberían considerar la posibilidad de construir menos pistas, pero para un uso más intensivo. No obstante, deberá tomarse en cuenta, también, la eficiencia económica de estos trueques.

Las comparaciones entre pistas de arrastre y caminos revelaron un menor daño a los árboles y menos tipos de daños serios en las primeras, con respecto a los segundos. Si bien esta diferencia es, probablemente, atribuible al mayor ancho de los caminos (véase el Cuadro IV-4), también puede ser una consecuencia parcial de las diferencias en cuanto a funciones. Si bien los caminos son, típicamente, lineales para facilitar el acceso a los camiones, las pistas de arrastre tienden a serpentear más, permitiendo que los operadores de “skidder” evadan los árboles y, por lo tanto, causen menos daño. El menor dap de los árboles dañados en las pistas de arrastre, en comparación con los caminos, respalda este concepto e indica que los “skidders” pueden evadir, de manera selectiva, los árboles grandes. En vista de la diferencia en cuanto al daño al bosque residual sufrido en ambos tipos de alteración, las personas a cargo del manejo forestal deberán limitar, en lo posible, el largo de los caminos madereros en favor de las pistas de arrastre. Debe recalcarse, sin embargo, que se deberán tomar en cuenta las ventajas y desventajas económicas entre el mayor acceso de camiones y el menor daño potencial.

Si bien el daño al bosque residual (todas las especies) y a los árboles comerciales en los claros de corta fue menor al reportado en otras operaciones forestales (Johns *et al.* 1996), éste podría reducirse aún más mediante una implementación más estricta de técnicas de corta dirigida. Los resultados del presente estudio indican que se podría haber evitado daños innecesarios, causados por la caída de árboles, en una tercera parte de los casos observados. Al igual que con las prácticas de arrastre, se requerirían incentivos adecuados y una mejor supervisión para mejorar este aspecto.

A pesar de cierta compactación del suelo, la escarificación del suelo por el paso de maquinaria forestal en claros o pistas de arrastre parece beneficiar la regeneración de algunas especies comerciales. Al margen de los esfuerzos para aumentar la eficiencia del aprovechamiento, el exceso de pistas de arrastre o la escarificación del suelo no serían necesariamente contraproducentes en La Chonta. En efecto, cierto grado de escarificación del suelo de los claros de corta, por el paso de “skidders”, podría ser aconsejable para facilitar la regeneración de *Schizolobium amazonicum* y otras especies adaptadas a las alteraciones.

SECCION VI
CONCLUSION

En La Chonta, el área alterada y el daño causado al bosque residual fueron menores a los reportados en otras operaciones planificadas de aprovechamiento forestal en el neotrópico, exceptuando la mayor alteración y los daños causados por pistas de arrastre, y las mayores aperturas del dosel creadas por la corta de árboles. Las alteraciones y los daños en las pistas de arrastre se produjeron, posiblemente, como consecuencia de la falta de supervisión o incentivos, ya que el mapeo, previo al aprovechamiento, de pistas de arrastre no fue respetado por el personal de campo. Si bien la introducción de técnicas de aprovechamiento planificado puede derivar en una reducción de los daños al bosque residual y posiblemente contribuirá al manejo rentable y ecológicamente adecuado del bosque, será necesario aplicar incentivos laborales, supervisión rutinaria e inspecciones de seguimiento de las operaciones forestales, para lograr plenamente los beneficios del aprovechamiento de impacto reducido. Asimismo, al margen de las prescripciones aplicadas, las personas a cargo del manejo forestal deberán asegurarse que los tratamientos silviculturales brinden condiciones ambientales aptas para la regeneración de las especies comerciales, con el fin de mantener la viabilidad económica del bosque.

SECCION VII
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Barreto, P., Amaral, P., Vidal, E. y Uhl, C. 1998. Costs and benefits of forest management for timber production in eastern Amazonia. For. Ecol. and Mgmt. 108: 9-26.

Dickinson, M.B., D.F. Whigham y S.M. Hermann. En prensa. Tree regeneration, felling, and natural treefall disturbance in a semideciduous tropical forest in Mexico. For. Ecol. Mgmt

Fredericksen, T.S. 1998. Limitations of low-intensity selection and selective logging for sustainable tropical forestry. Comm. For. Rev: 77 (4): 262-266.

Fredericksen, T.S., Rumiz, D.I., Justiniano, J. y Aguape, R. 1999. Harvesting free-standing fig trees for timber in Bolivia: potential implications for forest management. For. Ecol. Mgmt 116:151-161.

Fredericksen, T.S. y Mostacedo, B. En prensa. Regeneration of timber species following selection logging in a Bolivian tropical dry forest. For. Ecol. Mgmt

Gil, P. 1997. Plan de manejo forestal, Empresa Agroindustria Forestal La Chonta, Ltda. Santa Cruz, Bolivia.

Guariguata, M.R.y M.A. Pinard. 1998. Ecological knowledge of regeneration from seed in neotropical forest trees: implications for natural forest management. For. Ecol. Mgmt 112: 87-99.

Harms, K.E. y Dalling, J.W. 1997. Damage and herbivory tolerance through resprouting as an advantage for surviving damage from logging and natural disturbance. J. Trop. Ecol. 13:617-621.

Heinrich, R. 1995. Environmentally sound harvesting to sustain tropical forests. Comm. For. Rev. 74:198-203.

Howard, A.F., Rice, R.E. y Gullison, R.E. 1996. Simulated financial returns and selected environmental impacts from four alternative silvicultural prescriptions applied in the neotropics: a case study of the Chimanes Forest, Bolivia. For. Ecol. Mgmt 89:43-57.

Johns, J.S., Barreto, P. y Uhl, C. 1996. Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon. For. Ecol. Mgmt 89:59-77.

Johnson, N. y Cabarle, B. 1993. Surviving the cut: natural forest management in the humid tropics. World Resources Institute, Washington, D.C.

Jonkers, W.B.J. 1987. Vegetation structure, logging damage and silviculture in a tropical rain forest in Suriname. Agricultural University of Wageningen, The Netherlands.

Magnusson, W.E., de Lima, O.P., Reis, F.Q., Higuchi, N. y Ramos, J.F. 1999. Logging activity and tree regeneration in an Amazonian Forest. For. Ecol. Mgmt 113:67-75.

Montagnini, F., Eibl, B., Szczipanski, L. y Ríos, R. 1996. Tree regeneration and species diversity following conventional and uniform spacing methods of selective cutting in a subtropical humid forest reserve. Biotropica 30:349-361.

Panfil, S.N. y R.E. Gullison. 1998. Short term impacts of experimental timber harvest Intensity on forest structure and composition in the Chimanes Forest, Bolivia. For. Ecol. and Mgmt 102:235-243.

Pinard, M.A. y Putz, F.E. 1996. Retaining forest biomass by reducing logging damage. Biotropica 28:278-295.

Putz, F.E., Dykstra, D.P. y Heinrich, R. in press. Why poor logging practices persist in the tropics. Cons. Biol.

Reisinger, T.W., Simmons, G.L. y Pope, P.E. 1988. The impact of timber harvesting on soil properties and seedling growth in the south. South. J. Appl. For. 12:58-67.

Snook, L.K. 1996. Catastrophic disturbance, logging and the ecology of mahogany (*Swietenia macrophylla* King):grounds for listing a major tropical timber species on CITES. Bot. J. Linn. Soc. 122:35-46.

Uhl, C. y Vieira, I.C.G. 1989. Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon: a case study from the Paragominas region of the state of Para. Biotropica 21:98-106.

Veríssimo, A., Barreto, P., Mattos, M., Tarifa, R. y Uhl, C. 1992. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: the case of Paragominas. For. Ecol. Mgmt 55:169-199.

Veríssimo, A., Barreto, P., Tarifa, R. y Uhl, C. 1995. Extraction of a high-value resource in Amazonia: the case of mahogany. For. Ecol. Mgmt 72:39-60.

Vidal, E., Johns, J., Gerwing, J.J., Barreto, P. y Uhl, C. 1997. Vine management for reduced-impact logging in eastern Amazonia. For. Ecol. Mgmt 98:105-114.

Webb, E.L. 1997. Canopy removal and residual stand damage during controlled selective logging in lowland swamp forest of northeast Costa Rica. For. Ecol. Mgmt 95:117-129.

Whitman, A.A., Brokaw, N.V.L. y Hagan, J.M. 1997. Forest damage caused by selection logging of mahogany (*Swietenia macrophylla*) in northern Belize. For. Ecol. Mgmt 92:87-96.

Whitmore, T.C. 1997. Tropical forest disturbance, disappearance and species loss. En: Laurance, W.F., and Bierregaard, R.O. (eds.). Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities. University of Chicago Press