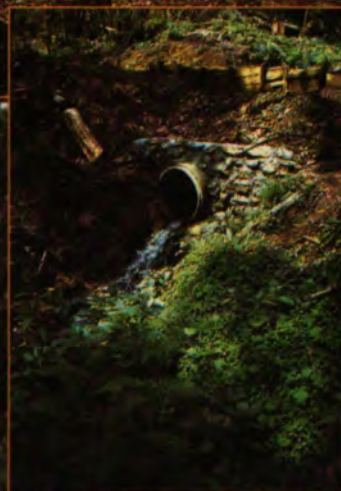


CATIE
ST
IT-325



*Aprovechamiento con tratamiento silvicultural
de impacto reducido en un bosque montano
de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica*



CATIE

Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales

C656



Serie Técnica
Informe Técnico No. 325

Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales
Publicación No. 23



*“Aprovechamiento con tratamiento
silvicultural de impacto reducido
en un bosque montano de la Cordillera
de Talamanca, Costa Rica*

✓
Geoffrey Venegas
Bastiaan Louman

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



CATIE
CT
IT-825

El CATIE es una asociación civil, sin fines de lucro, autónoma, de carácter internacional, cuya misión es mejorar el bienestar de la humanidad, aplicando la investigación científica y la enseñanza de posgrado al desarrollo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. El Centro está integrado por miembros regulares y miembros adherentes. Entre los miembros regulares se encuentran: Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, República Dominicana, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

©2001, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.

ISBN 9977-57-377-8

634.95

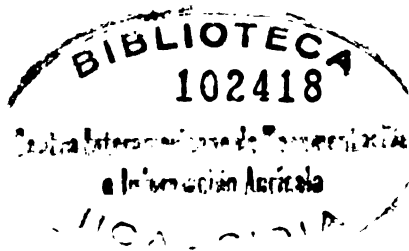
V455 Venegas, Geoffrey

Aprovechamiento con tratamiento silvicultural de impacto reducido en un bosque montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica / Geoffrey Venegas, Bastiaan Louman. – Turrialba, C.R. : CATIE. Unidad de Manejo de Bosques Naturales, 2001.

55 p. ; 24 cm. - (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; no.325)

ISBN 9977-57-377-8

1. Aprovechamiento forestal – Costa Rica - Talamanca
2. Tratamiento silvicultural - Costa Rica - Talamanca I. Louman, Bastiaan II. CATIE III. Título IV. Serie



Publicación patrocinada por
la Cooperación Suiza al Desarrollo
(COSUDE)



Índice

Presentación	VII
Resumen	IX
Summary	XI
Introducción	1
Antecedentes	1
Objetivos	2
Aprovechamiento convencional vs. aprovechamiento mejorado	2
El aprovechamiento mejorado	4
El área de estudio	7
El aprovechamiento en Villa Mills	13
Planificación y construcción de la red vial	13
Planificación y ejecución de la tala dirigida	19
El arrastre	21
El levantamiento de datos	23
Productividad y costos	23
Daños a la vegetación	23
Resultados y discusión	25
Tiempo y costos de la planificación y construcción de caminos	25
Tiempo y costos de la tala dirigida	27
Tiempo y costos del arrastre	30
Nivel del daño producido por la tala sobre la vegetación	33
Aprovechamiento de los residuos forestales	35
Desempeño financiero de las actividades en Villa Mills	36
Discusión general	40
El camino	40
La tala	40
El arrastre	41
Desempeño financiero	41
Desempeño ecológico	42
Conclusiones	46
Bibliografía	48



Anexos

- 1 Listado de especies
- 2 Gráfica sobre el rendimiento de corte y troceo con motosierra en el bosque tropical
- 3 Gráfica sobre arrastre con un tractor de ruedas de doble tracción y sistema articulado de dirección bajo condiciones tropicales
- 4 Gráfica sobre el rendimiento de arrastre con un tractor tipo bulldozer bajo condiciones tropicales

Lista de cuadros y figuras

Cuadros

- Cuadro 1. Precipitación P (mm) y temperatura T (°C) media mensual y anual en Villa Mills.
 - Cuadro 2. Número de árboles (N) y área basal (G) por hectárea a partir de 10 cm dap, por grupo de especies y de parcelas antes de los tratamientos.
 - Cuadro 3. Área basal por hectárea, por clase diamétrica y por grupo de especies, para el bosque mixto de encino (promedio de todas las parcelas).
 - Cuadro 4. Número de árboles (N) y área basal promedio (G) extraídos por hectárea y por tratamiento, con respecto al área efectiva de aprovechamiento.
 - Cuadro 5. Maquinaria utilizada para la construcción del camino forestal y sus respectivas funciones.
 - Cuadro 6. Tiempos y costos invertidos en la construcción y el mantenimiento de la red vial (en US\$ del 2000).
 - Cuadro 7. Estimación de los ingresos generados por la venta de los productos maderables obtenidos por la tala de los árboles comerciales ubicados sobre el trazado del camino forestal y el uso ecoturístico del mismo (en US\$ del 2000).
 - Cuadro 8. Comparación de los costos de construcción de la red vial de Villa Mills con otros proyectos similares (en US\$ del 2000).
 - Cuadro 9. Número y porcentaje de árboles con dap ≥ 10 cm talados, por método de apeo y por tratamiento.
 - Cuadro 10. Árboles cortados en cada tratamiento por clase diamétrica y porcentaje de árboles de cada clase diamétrica cortado para los dos métodos de apeo más utilizados y para los tres tratamientos en Villa Mills.
 - Cuadro 11. Comparación de tiempos y productividad de la tala durante la aplicación de los tres tratamientos en Villa Mills.
-



-
- Cuadro 12. Comparación de costos de mano de obra y motosierra durante la tala para los tres tratamientos en Villa Mills (en US\$ del 2000).
- Cuadro 13. Comparación de tiempos y productividad del arrastre los tres tratamientos en Villa Mills.
- Cuadro 14. Comparación de los costos de maquinaria durante el arrastre para los tres tratamientos en Villa Mills (en US\$ del 2000).
- Cuadro 15. Comparación de los costos de mano de obra durante el arrastre para los tres tratamientos en Villa Mills (en US\$ del 2000).
- Cuadro 16. Daños promedio ocasionados por la tala bajo tres tratamientos en Villa Mills.
- Cuadro 17. Valores del resultado de la prueba de t cuando se comparan los porcentajes de daño total y daño liviano entre pares de tratamientos.
- Cuadro 18. Productividad en la elaboración de productos secundarios del bosque en el aprovechamiento de Villa Mills.
- Cuadro 19. Costos e ingresos de las operaciones silviculturales realizadas en Villa Mills sobre una área de 9 ha y con un tratamiento de 30% de intensidad.
- Cuadro 20. Indicadores financieros del tratamiento (anual) y el manejo (10 años) utilizando los costos e ingresos del Cuadro 19.
- Cuadro 21. VAN, B/C y TIR del análisis de sensibilidad para la tasa de interés real, el volumen de productos aprovechados y los costos del arrastre, para los datos del Cuadro 19.
- Cuadro 22. Margen Bruto (MB), Ingreso neto (IN) y relación Ingreso-Costo (I/C) de análisis de sensibilidad para el volumen de productos aprovechados y los costos del arrastre para los datos del Cuadro 19.
- Cuadro 23. Indicadores financieros para los tres tratamientos, aplicando una tasa de actualización del 5%.
- Cuadro 24. Tasas de crecimiento por grupo de especies comerciales antes y después de los tratamientos.
- Cuadro 25. Proyección a treinta años de la distribución diamétrica de volumen y el número de árboles a partir de los datos preliminares de crecimiento en los cinco años posteriores al tratamiento (1993-1998), para 20% y el 30% del área basal.



Figuras

- Figura 1. Ubicación del Área de Investigación y Demostración Villa Mills y del lote experimental.
- Figura 2. Lote experimental y red vial permanente.
- Figura 3. Sección del perfil normal transversal del camino.
- Figura 4. Corte longitudinal de un desagüe transversal y otros elementos.
- Figura 5. Corte transversal de un desagüe longitudinal.
- Figura 6. Corte transversal de una alcantarilla para una quebrada.
- Figura 7. Superficie de tala.



Presentación

Los bosques de altura de la Cordillera de Talamanca están asentados en una zona que se caracteriza por presentar pendientes fuertes, suelos potencialmente erosionables y altas precipitaciones y cumplen importantes funciones protectoras (de suelo, flora y fauna) y productivas (agua potable, agua para la producción de energía hidroeléctrica y productos forestales como madera, leña, postes, carbón). Por estas razones, el mantenimiento a largo plazo de la cobertura boscosa es fundamental para el desarrollo sostenible del área.

Aunque el estado costarricense ha puesto una gran parte de la cordillera bajo una u otra forma de protección, todavía hay muchas propiedades privadas, tanto dentro de las áreas protegidas como fuera de ellas. Un manejo inadecuado de los recursos forestales en estos sitios afectaría negativamente los bosques estatales; por lo tanto, es preciso encontrar alternativas de uso que sean económicamente atractivas y ecológicamente viables.

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) pretende contribuir con este proceso, generando información sobre el uso sostenible de los recursos forestales y apoyando el proceso de adopción de decisiones por parte de los responsables del manejo de los bosques en Talamanca. Con esta finalidad, el proyecto Silvicultura de Bosques Naturales (PROSIBONA), financiado por la cooperación Suiza al Desarrollo (COSUDE), implementó algunos ensayos silviculturales en un área de aprovechamiento de 23,3 ha en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca.

Los ensayos se realizaron entre 1990 y 1994 y desde entonces se les ha dado seguimiento. Se aplicaron tratamientos silviculturales de diferentes intensidades y se aprovechó la madera de los árboles removidos para cubrir los costos de operación y apoyar la ejecución de las actividades de capacitación, enseñanza e investigación en usos alternativos de los recursos forestales.

Los primeros números de la colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales estuvieron dedicados a la ecología y la producción de carbón en estos bosques, las tablas de volumen para las especies principales, los efectos de la tala y el manejo de épifitas no vasculares. En este número se presenta una descripción detallada del aprovechamiento - ejecutado como si fuera un tratamiento silvicultural - y se evalúa el costo y la productividad del mismo.

Bastiaan Louman
Investigador científico
Unidad de Manejo de Bosques Naturales
CATIE





Resumen

“ En todo el mundo, una gran parte de los bosques tropicales está siendo utilizada para la extracción de diversos productos, sobre todo madera. Dados los efectos negativos que conllevan las formas convencionales de aprovechamiento, se han desarrollado algunos métodos de impacto reducido. Un aprovechamiento bien planificado y ejecutado también puede ser útil como tratamiento silvicultural para mejorar la vitalidad y salud del bosque. ”

Entre 1990 y 1994, el proyecto PROSIBONA realizó un aprovechamiento experimental para estudiar su rentabilidad y sus efectos ecológicos en un bosque nuboso ubicado a 2700 msnm, en Villa Mills, en la cordillera de Talamanca. Este bosque, dominado por dos especies de *Quercus*: *Q. copeyensis* y *Q. costaricensis*, forma parte de la Reserva Forestal Río Macho, que cumple funciones protectoras en las cuencas altas de varios ríos, sin embargo, está sujeto a una gran presión por parte de los pobladores locales, que pretenden convertirlo en área agropecuaria.

“ Se realizaron las siguientes actividades: 1) construcción de un camino de acceso y de pistas de arrastre; 2) tratamientos silviculturales para remover el 20, el 27.3 y el 30% del área basal original; 3) venta de productos maderables. Las actividades fueron realizadas por contrato directo, con la supervisión y el control de los técnicos forestales del CATIE. ”

El costo de la construcción del camino de acceso fue de US\$ 37.6/m y el de las pistas de arrastre, de US\$ 0.68/m. Con un aprovechamiento anual de 63 m³/ha, 153 m estéreos de leña y 670 postes en 9 ha, la inversión inicial se podría pagar en dos años.

Con el uso de técnicas de tala dirigida, la productividad del tratamiento, para las tres intensidades aplicadas, fue inferior a la obtenida con tala convencional en bosques tropicales, pero fue mayor que la reportada para Costa Rica en bosques de bajura. Es probable que la productividad haya sido relativamente baja debido a la inclusión de muchos árboles pequeños (dap < 50 cm), en tanto que los datos reportados para otros países se refieren a la tala convencional de árboles de mayor tamaño. La productividad del arrastre también fue relativamente baja (7.1 a 7.5 m³/hora), lo que en parte se explica por el uso de tractores de ruedas que no estaban en las mejores condiciones para el trabajo. El desempeño del tractor de oruga fue muy superior (9.2 m³/hora), por lo que -a pesar de que el costo del alquiler por hora es mayor- el costo por m³ de madera fue más bajo, lo que hace más atractivo el uso de este tipo de tractor en las condiciones de Villa Mills, con distancias de arrastre inferiores a los 300 m. La producción de leña y postes significó hasta un 25% de los ingresos anuales.



Si se consideran todos los costos e ingresos, las actividades de aprovechamiento, aún como un tratamiento silvicultural a escala pequeña, son rentables y permiten pagar la construcción y el mantenimiento del camino de acceso. El tratamiento de mayor intensidad (30%) fue el más rentable, con un VAN (5%) de US\$ 219,601 y una relación beneficio-costos de 3,02, si se siguen aprovechando 9 ha por año, durante 10 años. Sin embargo, no es suficiente para financiar los costos de las actividades de enseñanza, capacitación y ecoturismo previstas en el área experimental.

La tala causó un nivel de daños muy inferior (6-10% del área basal original) al reportado en la literatura para el aprovechamiento convencional (hasta 28% en Brasil) y aún para el de bajo impacto (18% en Costa Rica). El efecto de la tala como tratamiento silvicultural sobre el crecimiento de los árboles de especies comerciales en el periodo analizado no fue significativo.

El desempeño ecológico de los tratamientos no mostró diferencias significativas. La intensidad de los tratamientos sólo influyó sobre el desempeño financiero; el tratamiento del 30% fue más atractivo que los otros dos.



Summary

“Most tropical forests are being used for the extraction of products, in particular timber. Conscious of the negative effects that conventional methods of timber harvesting often have, reduced impact logging methods have been developed. Well-planned and executed logging can also be applied as a silvicultural treatment, directed at improving the health and vitality of the forest.”

From 1990 to 1994 the PROSIBONA project conducted experiments applying harvesting as a silvicultural treatment in the cloud forests of Villa Mills set in the Talamanca mountain range at an altitude of 2,700 m asl. The project aimed at studying the financial viability and ecological effects of the treatments on these forests. The forest is dominated by *Quercus copeyensis* and *Q. costaricensis*. It forms part of the Forest Reserve Río Macho, which fulfils protective functions in the upper watershed areas of several rivers. At the same time, the forest is under high pressure from the local people to convert it into land for agricultural purposes.

“The project activities consisted of: 1) the construction of an access road and skid trails, which also served as access for teaching, research and ecotourism activities; 2) the application of silvicultural treatments removing 20, 27.3 and 30% of the original basal area of the forest, and 3) sale of wood products. Contractors under supervision and control of forestry technicians of CATIE implemented all activities planned for the experimental area.”

The cost of road construction was US\$ 37.6/m, very close to that reported for similar roads in other tropical countries. The cost of skid trail construction was low: US\$ 0.68/m, mainly due to good work planning and supervision. Harvesting 63 m³/ha, 153 stacked cubic meter of firewood and 670 posts in 9 ha, it is possible to pay for the initial investment in approximately 2 years.

Treatment productivity applying directed felling techniques was lower than normally obtained in tropical forests, for all three treatments, although it was higher than that reported for lowland forest in Costa Rica. Low productivity may be due to the high proportion of small trees felled (dbh < 50 cm). Data reported in literature refer mainly to conventional felling, harvesting bigger trees. Skidding productivity also was relatively low (7.1 a 7.5 m³/hr). This is due to the sub-optimal conditions of the wheeled *skidder* used for the operation. The performance of the bulldozer was better (9.2 m³/hr). In spite of the higher hourly hire rates of the latter, costs per cubic meter were lower, making use of this type of tractor more attractive for the skidding conditions in Villa Mills with skidding distances shorter than 300 m.

Firewood and posts production contributed for up to 25% to annual income.



Considering all costs and income, the harvesting activities, even undertaken as silvicultural treatments on a small scale, proved profitable and paid for the construction and maintenance of a good access road. The higher intensity treatment (30%) was more profitable. If one could continue to harvest 9 ha per year for the next 10 years, it has an NPV (5%) of US\$ 219,601 and a benefit/cost ratio of 3,02. However, profitability was insufficient to be able to finance the operational costs of teaching, training and ecotourism activities.

Felling caused less damage (6-10% of the original basal area) than that reported in literature for conventional logging (28% in Brazil) and even reduced impact logging (18% in Costa Rica). Felling as a silvicultural treatment did not significantly affect diameter growth of commercial tree species.

The ecological performance was not different between treatments. Treatment intensity only affected financial performance, the 30% treatment being more attractive than the 20 and 27% treatments.



Introducción

Antecedentes

Los bosques naturales tropicales son un recurso renovable que ofrece una amplia "gama de beneficios y servicios económicos, sociales, ambientales y culturales" (Maini 1992). Después de la segunda guerra mundial, la demanda de maderas tropicales aumentó significativamente (Bruenig 1996, Maini 1992, Dawkins y Philip 1998), lo que ha resultado en una sobre-explotación del recurso, seguida a menudo por la degradación del bosque o la conversión definitiva a otro tipo de uso de la tierra (Bruenig 1996, Maini 1992).

En la mayoría de los países tropicales de América Latina hay una práctica semejante, pues el aprovechamiento tradicional de los bosques naturales no es planificado ni controlado y, con frecuencia, la extracción de madera marca el comienzo de una serie de actividades que degradan en extremo el bosque, acabando con su valor económico y ecológico, o lo convierten en terreno agrícola.

La conservación de los bosques tropicales depende en gran medida del valor que les asigne la sociedad y de la voluntad política de sus dirigentes para limitar la sobreexplotación. El manejo sostenible, que contempla la producción de madera, las funciones ecológicas y los aspectos sociales del bosque, se considera como una de las herramientas que pueden contribuir más eficazmente a la conservación de los bosques tropicales (Bruenig 1996). Sin embargo, en la actualidad, en la mayoría de los países del trópico se practica un tipo de corta selectiva, que consiste en extraer casi todos los árboles comerciales de más de 50 o 60 cm de dap, sin que se planifiquen las actividades ni se estime el potencial productivo del bosque; sólo se dejan los árboles más pequeños y se presume que seguirán creciendo hasta conformar una nueva cosecha (Dawkins y Philip 1998).

Este tipo de aprovechamiento se conoce como **aprovechamiento convencional**, en contraposición al **aprovechamiento mejorado** o **de impacto reducido**, que se ha venido aplicando en algunos sitios desde hace pocos años y se caracteriza por una planificación detallada pre-aprovechamiento y una ejecución cuidadosa de las actividades de tala y extracción.

En Costa Rica, los bosques montanos de la Cordillera de Talamanca juegan un papel importante en la protección de la biodiversidad y de las cuencas hídricas del país (Aus der Beek y Sáenz 1992). A partir de la apertura de la carretera Interamericana, en 1945, y hasta los años setenta, hubo una fuerte migración hacia la zona desde otras partes del país y los bosques estuvieron sujetos a la deforestación y la degradación debidas a la extracción de carbón y, en menor escala, de *Quercus spp.* y *Podocarpus* para la elaboración de muebles, toneles de vino y durmientes (Blaser y Camacho 1991). A pe-



sar de que en 1974, 154.000 de las 250.000 ha de bosque existentes fueron declaradas como reserva forestal, la situación era inestable y se empezaron a estudiar posibles alternativas para un uso sostenible (Blaser y Camacho 1991).

Aus der Beek y Sáenz (1992) propusieron el manejo forestal diversificado con base en una corta de selección en grupos. Este manejo incluye un aprovechamiento de impacto reducido, diseñado como una medida silvicultural que mantiene el bosque sano y vigoroso y está dirigido a la eliminación de los árboles sobremaduros y enfermos y a la reducción de la densidad de los árboles pequeños cuando estos inhiben el crecimiento óptimo de los individuos deseables.

Objetivos

Objetivo general

Contribuir a la divulgación de los resultados positivos del aprovechamiento de impacto reducido como un tratamiento silvicultural para mejorar la sanidad y vitalidad del bosque.

Objetivos específicos

1. Mostrar que el aprovechamiento de impacto reducido como tratamiento silvicultural es económicamente factible.
2. Presentar la productividad de las operaciones de construcción de caminos, tala dirigida y arrastre en forma controlada.
3. Exponer los beneficios de las operaciones para el bosque y para las personas involucradas en el manejo y uso del mismo.
4. Demostrar que los daños ocasionados por la tala dirigida son aceptables y reducidos en relación a los ocasionados por la tala convencional.

Aprovechamiento convencional vs. aprovechamiento mejorado

En el aprovechamiento forestal convencional no hay una planificación previa ni una ejecución organizada de las operaciones, los costos de producción son altos, hay una baja utilización del bosque y una gran cantidad de desperdicios o residuos. En algunos casos se extraen pocos árboles en parches locales, por ejemplo, la caoba en la Amazonía brasileña, lo que provoca fuertes daños puntuales, pues degrada la población de la especie en número de individuos y calidad genética, pero afecta poco al bosque en general (Veríssimo *et al.* 1995). Por otro lado, se han reportado daños de hasta un 70% en los árboles remanentes provocados por la extracción de varias especies en Papúa-Nueva Guinea (Cameron y Vigus 1993). Actualmente, los reportes sobre daños causados por la extracción no planificada varían mucho. La literatura menciona cifras de 275 m² de claro por árbol talado en Surinam (Henderson 1990) y 243 m² en Parago-



minas, en Brasil (Johns *et al.* 1996). El área afectada por la extracción convencional de 5.6 árboles/ha en Brasil es de 2276 m²/ha, con 200 árboles dañados por hectárea (Johns *et al.* 1996). Sin embargo, no sólo importa la cantidad, sino también la calidad de los árboles afectados. El aprovechamiento convencional afecta indiscriminadamente a individuos de especies comerciales y no comerciales y rara vez escoge como árboles portadores a los de mejor fuste y copa. En general, puede afirmarse que la condición en que queda el bosque después del aprovechamiento convencional limita considerablemente las posibilidades de manejo del mismo.

El aprovechamiento mejorado consiste en aplicar prácticas que reduzcan los daños directos ocasionados por la tala y extracción de la madera, dentro de un marco de planificación de uso de la tierra a largo plazo. Por otra parte, diversos estudios indican que una buena planificación puede reducir los costos del aprovechamiento (Hendrisson 1990, Quevedo 1997). Según Bruenig (1996), el aprovechamiento mejorado contribuye a un buen manejo del bosque si cumple con los siguientes requisitos: 1) la vegetación remanente y el suelo pueden cumplir sus funciones ecológicas y productivas; 2) mantiene los árboles en la fase de mejor desarrollo (clases diamétricas medianas); 3) contempla el cierre y protección de las áreas de corta inmediatamente después del aprovechamiento, para evitar el abuso y la conversión en otros usos de la tierra; 4) es aceptable desde el punto de vista social en el ámbito nacional y local. Estos requisitos implican una mayor planificación de las actividades, un buen trazado y construcción de caminos, aplicación de técnicas apropiadas de tala dirigida, uso de maquinaria y equipo de aprovechamiento adecuado, capacitación del personal a todos los niveles y participación de los usuarios en los diferentes aspectos del aprovechamiento y el manejo.

Ahora bien, la pregunta que se impone es la siguiente: ¿por qué no se utilizan estos métodos de explotación maderera, si son conocidos, técnicamente factibles, ambientalmente aceptables y menos costosos?

Putz *et al.* (2000) mencionan varias razones por las cuales no se aplican los métodos de aprovechamiento de impacto reducido. Para ellos, la razón principal es que se restringe el volumen aprovechable en áreas con fuertes pendientes o suelos anegados. Pero por lo general, este costo recae sobre los operadores y las empresas procesadoras y se compensa con los beneficios ecológicos y la reducción de los costos de mantenimiento y recuperación del bosque y de los caminos para el propietario y para la sociedad. Quizás se deba recurrir a incentivos financieros o regulaciones legales para convencer a los operadores acerca de la necesidad de aplicar técnicas de aprovechamiento de impacto reducido. Varios autores (Bruenig 1996, Dawkins y Phillips 1998, Poore 1989, Putz *et al.* 2000) señalan la falta de aplicación de las políticas y leyes que favorecen el aprovechamiento mejorado como una de las principales razones para la no-aplicación de este tipo de prácticas. Putz *et al.* (2000) consideran que el sistema de pago de servicios ambientales de Costa Rica y la certificación forestal son instrumentos que pueden incentivar el aprovechamiento mejorado.

Otra razón importante para no utilizar las prácticas mejoradas es que muchos operadores y forestales piensan que el aprovechamiento convencional no tiene nada de



malo y creen que el aprovechamiento mejorado requiere de equipo especial o reduce las ganancias (Putz *et al.* 2000). Estas percepciones apuntan a lo que ya indicó Dykstra en 1993: que la divulgación de los resultados del aprovechamiento mejorado no es suficiente, pues no llega hasta las personas encargadas de la actividad.

Los beneficios económicos, ecológicos y sociales que se obtienen mediante el aprovechamiento de impacto reducido se deben a una mejor planificación, ejecución y supervisión de las actividades (Dykstra 1993); esto requiere una adecuada capacitación de los operadores y supervisores, lo que todavía es un punto débil en la mayoría de las operaciones (Putz *et al.* 2000).

Este estudio pretende contribuir a divulgar las prácticas de aprovechamiento de impacto reducido y demostrar que pueden ser ambientalmente aceptables y económicamente factibles, aún cuando su principal objetivo sea el mejoramiento del bosque y no la comercialización de la madera. Cabe señalar que se hizo en un contexto relativamente favorable, pues en Costa Rica hay la voluntad política de mejorar el manejo forestal, como se desprende, por ejemplo, del decreto 7575 de 1996 y de los criterios e indicadores de manejo establecidos en el decreto 27388 de 1998 (CNCF 1999).

El aprovechamiento mejorado


Dykstra (1993) considera que la clave para un aprovechamiento aceptable desde el punto de vista ambiental es utilizar la mejor información disponible sobre las seis actividades que se mencionan a continuación:

Planificación del aprovechamiento

Muchas personas involucradas en las labores de aprovechamiento forestal creen que la protección ambiental sólo se puede alcanzar mediante costosas medidas que reducen la rentabilidad; sin embargo, la experiencia indica que con una programación cuidadosa de las operaciones, los impactos ambientales y los costos se reducen al mínimo y los beneficios netos aumentan sustancialmente. Hay muchos ejemplos de experiencias en los trópicos estudiadas y documentadas por Hendrison (1990) en Surinam, D'Oliveira y Braz (1995) en Brasil, Quevedo (1997) en Bolivia, Obando (1997) en Costa Rica y Barreto *et al.* (1998) en Brasil.

Diseño, construcción y mantenimiento de caminos forestales

La mayor parte de la erosión producida por las operaciones de aprovechamiento se relaciona con los caminos; sin embargo, estos son esenciales tanto para la extracción de la madera industrial como para el acceso a los sitios con fines de gestión y control. Por lo tanto, en las áreas de aprovechamiento, los caminos se deben planificar en forma tal que se reduzcan sus efectos sobre los procesos erosivos y la contaminación de las aguas. Para lograrlo, hay que considerar la longitud de los mismos, su ubicación con relación a los cursos de agua, las pendientes y la calidad de la construcción (Dykstra y Heinrich 1996). Desde el punto de vista de la protección de las pendientes y los



cursos de agua, los caminos que siguen las crestas son más eficientes que los situados en valles y laderas. Pero en estos casos, la extracción y el transporte menor serán hacia arriba, lo que requiere más energía y por lo tanto, es más caro (Sessions y Heinrich 1993); el reto está en utilizar un trazado que contemple tanto los aspectos ecológicos como los costos de construcción y extracción y encuentre un punto de equilibrio entre ellos.

Gullison y Hardner (1993) estudiaron los efectos del diseño de los caminos y la intensidad de la corta sobre los daños causados por el aprovechamiento y concluyeron que se debe reducir la zona despejada anualmente para caminos de mayor uso (principales y secundarios), pues afecta el área productiva del bosque. Según ellos, es posible disminuir el impacto sobre la vegetación si se aumenta la intensidad de corta, por ejemplo, incluyendo un mayor número de especies. Aunque cada sitio de corta resultará más afectado, será más pequeño, se aprovechará con menos frecuencia y se abrirán menos caminos por año. Sin embargo, para alcanzar este resultado, es esencial que el mercado acepte un mayor número de especies. Si hay más especies comerciales, el responsable del manejo del bosque tendrá más opciones para distribuir y escoger los árboles que se cortarán de acuerdo con criterios ecológicos y silviculturales. También se puede reducir la longitud de los caminos si el diseño de la red vial toma en cuenta la ubicación exacta de los árboles por cortar y si se utilizan cables de extracción (Henderson 1990, Obando 1997). En áreas relativamente planas y con un uso eficiente de los cables, una red sistemática de vías de extracción permite reducir el área dedicada a caminos, como lo demostró la empresa *Precious Woods Ltd.* en Brasil (FAO 1997).

Además de las consideraciones ecológicas mencionadas, la planificación de la red vial debe tener en cuenta factores como el tipo de bosque que se va a intervenir (rodales, especies, volúmenes), el flujo de madera que se piensa explotar (cantidad, volumen de tráfico), el tipo de terreno donde se construirán los caminos (formación, pendiente, relieve, calidad del suelo), los factores climáticos (época seca/lluviosa, daños por agua, humedad del suelo), los requerimientos del medio ambiente (restricciones, sensibilidad del área, paisaje), la infraestructura existente y por hacer (caminos, patios de acopio, campamentos), el uso múltiple del bosque (producción de agua, recreación, turismo), así como las políticas gubernamentales y las regulaciones legales.

Operaciones de corta

Aunque la corta imita aproximadamente la caída natural de los árboles, a veces, los daños que provoca pueden ser tan extremos, que impiden el logro de los objetivos silvícolas. En las zonas tropicales, la mayoría de las operaciones de corta la realizan obreros no especializados y mal supervisados, que reciben poco o ningún incentivo por reducir los daños mediante una corta cuidadosamente ejecutada. Las técnicas de la corta direccional han sido ampliamente descritas e ilustradas por Tanner (1996).

La corta es una de las operaciones industriales más peligrosas (Dykstra y Heinrich 1996) y requiere de medidas específicas para reducir el riesgo de accidentes. Tanner (1996) menciona la buena alimentación, el uso de herramientas adecuadas, la capaci-



tación, una técnica de tala adecuada y la seguridad personal, como componentes esenciales del aprovechamiento de impacto reducido.

Operaciones de extracción

Los sistemas de arrastre convencionales ocasionan dos tipos de daño: la proliferación de pistas de arrastre para extraer los árboles cortados y una mayor intensidad en los daños al suelo, el agua y la vegetación por operaciones descuidadas.

Ambos problemas pueden reducirse mediante una planificación integral previa al aprovechamiento, una buena capacitación de los operadores y un adecuado sistema de control de las operaciones. Dykstra y Heinrich (1996) ofrecen algunas recomendaciones sobre la selección de la maquinaria y la planificación de la extracción, como por ejemplo, planificar las pistas de arrastre teniendo en cuenta las pendientes, los cursos de agua y la ubicación de los árboles que se extraerán.

Transporte de productos

El transporte de las trozas desde los bosques hasta las industrias procesadoras se realiza casi siempre en camiones o por la vía fluvial, por lo que suele ser una operación de bajo impacto. Sin embargo, si los caminos no cuentan con el mantenimiento adecuado, puede haber una erosión excesiva o presentarse problemas de seguridad.

Evaluación posterior al aprovechamiento

Las evaluaciones posteriores a la corta proporcionan información referente a los costos e ingresos generados por la explotación, el logro de los objetivos silvícolas, la magnitud del daño a los árboles remanentes, la superficie alterada por los caminos y pistas de arrastre, etc.; esta información permite hacerse una idea bastante precisa sobre la efectividad de la planificación de las labores de aprovechamiento y la capacitación de los operarios involucrados en el proceso (Dykstra y Heinrich 1992).

Según estos mismos autores (1996), para que las actividades mencionadas formen parte de un sistema de aprovechamiento que permita hacer un manejo sostenible de los bosques tropicales es importante que:

- cada operación sea planificada en detalle y en relación con las otras actividades,
- las operaciones sean realizadas y controladas en forma adecuada,
- los resultados de las evaluaciones sirvan para retroalimentar a los planificadores y
- se desarrolle una fuerza laboral competente y motivada.



El área de estudio

El estudio se realizó en el Área de Investigación y Demostración Villa Mills-Siberia (AID-VMS), propiedad del estado costarricense, que es coadministrada por el "Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales" (PROSIBONA) del CATIE, financiado por la Cooperación Suiza al Desarrollo (COSUDE) y el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE). El área está ubicada unos tres km al este de la carretera Interamericana, entre las quebradas Siberia y Voltea, entre los 9°33' y 9°35' de latitud norte y los 83°40' y 83°42' de longitud oeste; comprende una extensión de 325 ha, dentro de esta área se encuentra el lote experimental base del estudio (Fig. 1) localizada entre los 2550 y los 2850 msnm y forma parte de la Reserva Forestal de Río Macho, que pertenece al área de Conservación La Amistad-Pacífico. El clima se caracteriza por una corta época seca, de enero a marzo, temperaturas medias de aproximadamente 11°C y una precipitación de 2643 mm/año (Blaser y Camacho 1991) (Cuadro 1).

El bosque corresponde a la categoría Bosque Pluvial Montano, según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1982). En el dosel superior dominan las especies del género *Quercus* y hay una fuerte presencia de bambú (*Chusquea* spp.) (Aus der Beek y Sáenz 1992). Es posible distinguir dos tipos de bosque, relacionados con el tipo de suelo y el régimen hídrico: bosque mixto de encino sobre suelos Placandept y bosque de roble blanco sobre suelos Dystrandept. Aunque ambos suelos son minerales, húmedos, ricos en materia orgánica y con cantidades bajas de cationes (Blaser y Camacho 1991), los Placandeps muestran mayor saturación de agua durante la estación lluviosa y mayor riesgo de secado durante la época seca. El bosque sobre los suelos Placandeps tiene más árboles de menor tamaño y está codominado por *Quercus costarricensis* y *Q. copeyensis*, que comprenden el 86% de los árboles del dosel superior, con una altura de aproximadamente 40 m. El bosque sobre los suelos Dystrandept está dominado por *Q. copeyensis*, que conforma el 98% de los árboles del dosel superior, que llega hasta los 55 m de altura (Blaser y Camacho 1991).

Dado que hay restricciones legales que impiden el aprovechamiento comercial, las operaciones de manejo del bosque se orientan a mantenerlo sano y vigoroso. Los productos forestales derivados sirven para cubrir los costos del manejo y de las actividades de investigación y enseñanza desarrolladas en el área.

Las intervenciones silviculturales se aplicaron en un predio de 23.3 ha, en el que hay 11 parcelas experimentales permanentes con un área efectiva de una hectárea cada una, rodeadas por un área de amortiguamiento o de borde de 20 a 25 m de ancho y la respectiva Red Vial necesaria (Fig. 2).

Las intervenciones combinaron el aprovechamiento mejorado y el tratamiento silvicultural, integrados en una sola operación. En total se realizaron tres intervenciones entre 1991-1994 (Pedroni 1990a, Camacho *et al.* 1993):

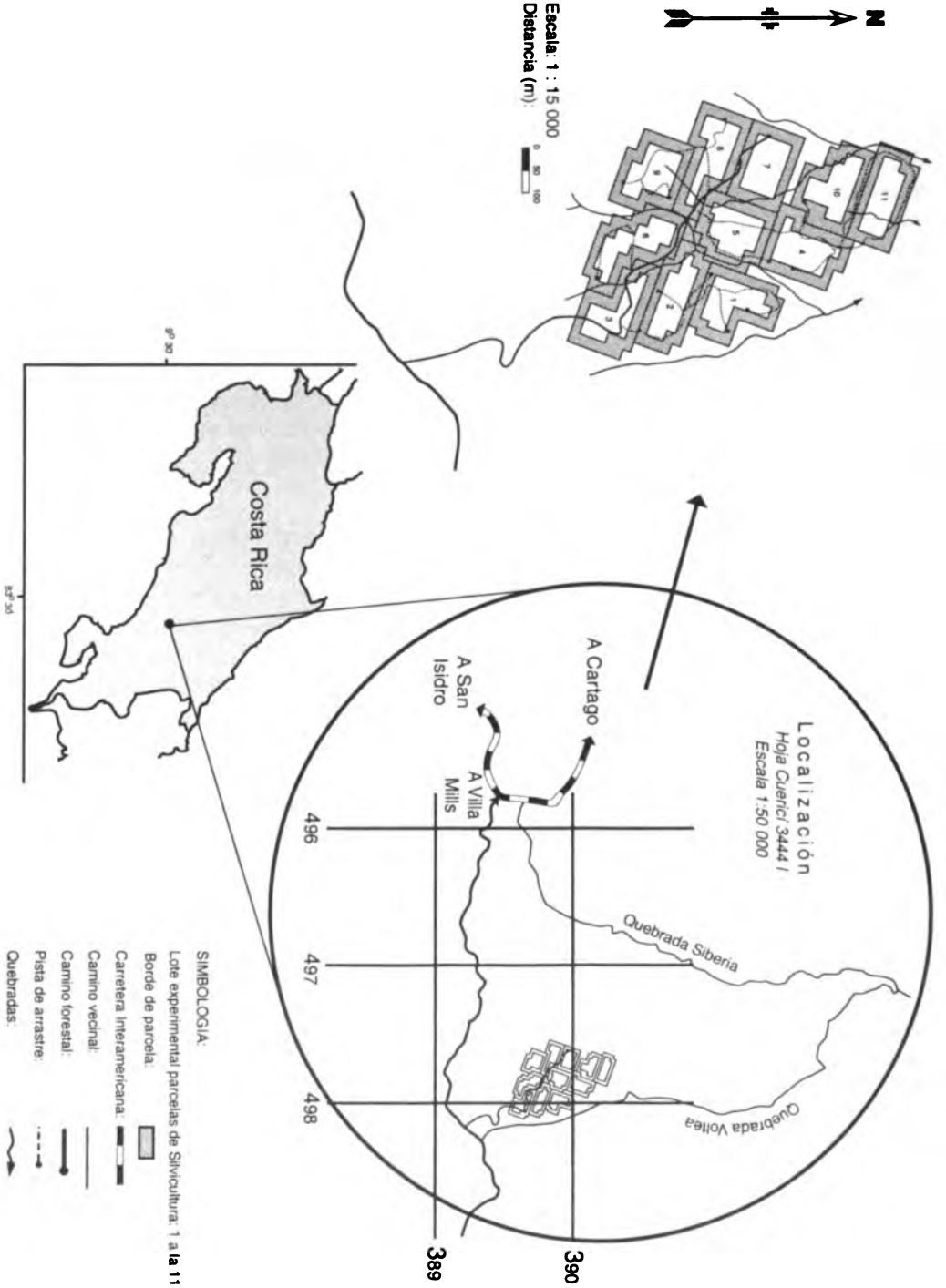


Figura 1. Ubicación del Área de Investigación y Demostración Villa Mills y del lote experimental.



Cuadro 1. Precipitación P (mm) y temperatura T (°C) media mensual y anual en Villa Mills*.

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
P (mm)	33	24	26	100	364	340	251	317	413	467	221	86	2643
T (°C)	10,0	10,7	11,6	11,8	11,5	11,4	11,3	11,0	10,9	10,6	10,5	10,0	10,9

* Promedios para el periodo 1942-1985 (Blaser y Camacho 1991)

- Intervención débil. En 1991 se removió cuantitativamente un 20% del área basal para mejorar la calidad del rodal e inducir el crecimiento de individuos selectos del rodal remanente; este tratamiento se aplicó en las parcelas 2, 4, 6, y 9.
- Intervención fuerte. En 1991 se extrajo cuantitativamente un 30% del área basal, con el objetivo de favorecer el establecimiento y crecimiento de la regeneración natural en toda la superficie del rodal; esto se hizo en las parcelas 1, 3, 5, y 8.
- En 1994 se cosecharon cualitativamente los árboles de las parcelas 10 y 11 de acuerdo con las condiciones del rodal y se dejó un bosque remanente más vigoroso y en buena forma. El área basal removida por esta intervención fue un 27,3%.

Los principales criterios aplicados en la selección de los árboles que se removerían fueron:

- árboles podridos
- árboles mal formados
- árboles en zonas de alta densidad de especies comerciales
- árboles sobremaduros
- La parcela 7 funcionó como testigo.

Las parcelas se encuentran sobre suelos Placandeps, con bosque mixto de encino, en sitios con pendientes inferiores al 30% en más del 90% de la superficie (Pedroni 1990a). En el Cuadro 2 se presenta un resumen de la abundancia y dominancia de los grupos florísticos por grupo de parcelas antes de los tratamientos, que muestra las características de un bosque mixto de encino, tal como lo describen Blaser y Camacho (1991). Sólo la vegetación de la parcela testigo es de tipo roble blanco, mientras que las parcelas 10 y 11 muestran una estructura y composición florística que sugieren un bosque de transición entre el bosque mixto de encino y el bosque de roble blanco. Sin embargo, dada la finalidad del estudio, no se incluyeron los datos de la parcela testigo.

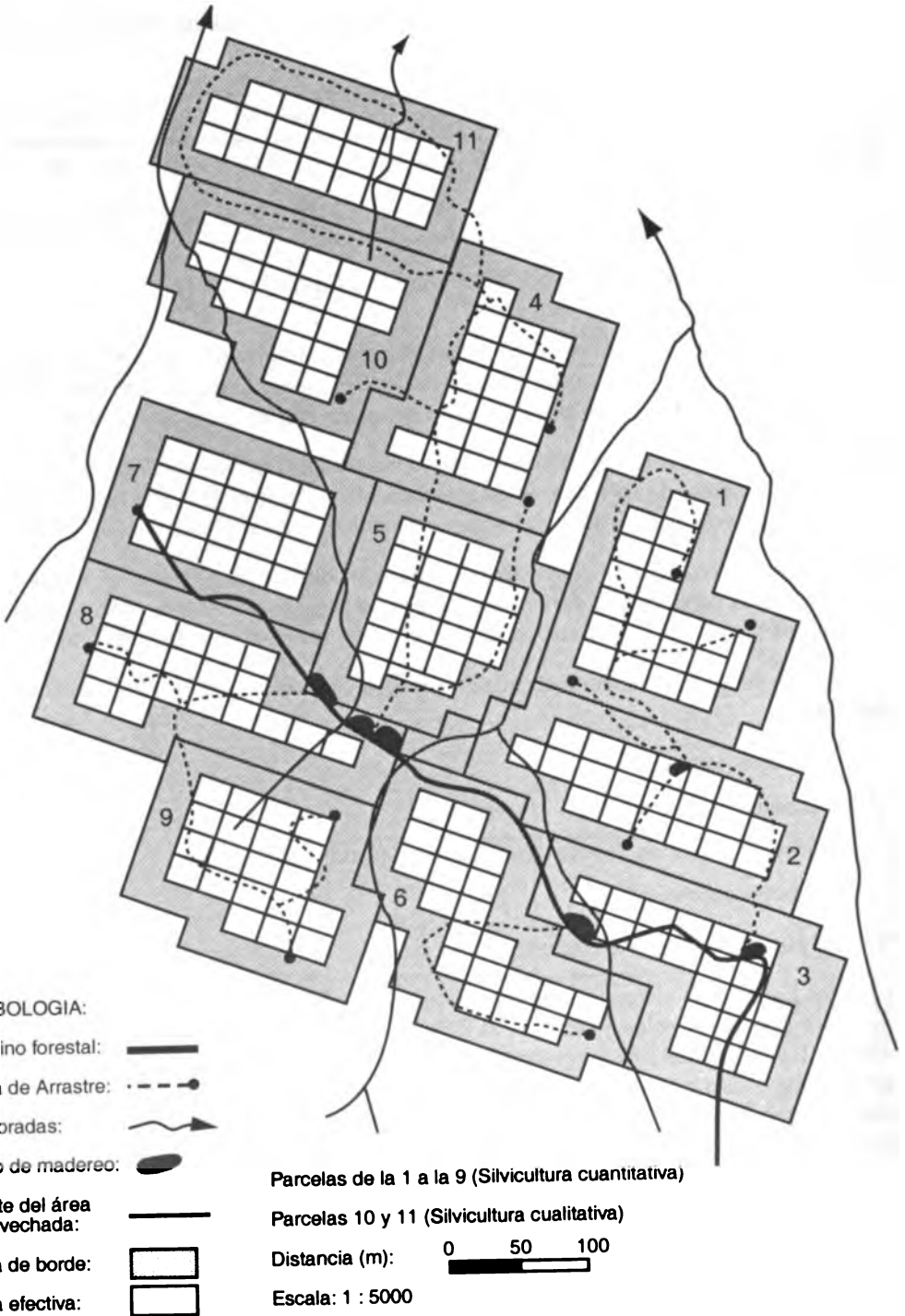


Figura 2. Lote experimental y red vial permanente.

Cuadro 2. Número de árboles (N) y área basal (G) por hectárea a partir de 10 cm dap, por grupo de especies y de parcelas, antes de los tratamientos.

Grupo*	Intervención al 20%		Intervención al 30%		Intervención al 27%		Testigo	
	Parcelas 2,4,6,9		Parcelas 1,3,5,8		Parcelas 10,11		Parcela 7	
	N	G (m ²)	N	G (m ²)	N	G (m ²)	N	G (m ²)
Roble	63	11.25	45	8.53	129	22.03	180	35.13
Encino	115	17.02	109	17.37	79	11.76	16	5.45
Otras especies comerciales	166	9.71	169	10.45	161	7.66	155	8.17
No comerciales	138	2.46	178	3.45	140	3.08	110	1.76
Total	482	40.44	501	39.80	509	44.53	461	50.51

*El nombre científico de las especies se encuentra en el Anexo 1.

En el Cuadro 3 se presenta la distribución del área basal por clase diamétrica. Los datos indican una dominancia de árboles en las clases mayores (el 56% del área basal/ha se encuentra en las clases de más de 60 cm dap). Por lo general, la dominancia de árboles grandes inhibe la regeneración y el crecimiento de los individuos de menor tamaño, lo que justifica una intervención que asegure el rejuvenecimiento y la vitalidad del bosque.

Cuadro 3. Área basal por hectárea, por clase diamétrica y por grupo de especies, para el bosque mixto de encino (promedio de todas las parcelas).

Especies	Clases diamétricas (punto medio, cm)										Total
	15	25	35	45	55	65	75	85	95	100+	
Roble + encino	1.0	1.3	1.6	1.8	3.1	4.1	4.2	4.4	3.5	3.8	28.6
Otras especies comerciales	1.0	1.3	1.4	0.9	0.8	0.5	0.6	0.2	0.6	0.3	7.7
Otras especies no comerciales	1.5	1.0	0.5	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
Todas las especies	3.5	3.5	3.6	2.9	3.9	4.6	4.8	4.5	4.0	4.1	39.5



En el Cuadro 4 se presenta el total de individuos y de área basal extraídos de las parcelas y la intensidad de tratamiento resultante. Se aprecia que los tratamientos que fueron aplicados considerando el área basal como criterio de corta variaron un poco de lo planificado. El tratamiento que tuvo como guía el estado actual de los individuos resultó en una intensidad intermedia del 27%.

Cuadro 4. Número de árboles (N) y área basal promedio (G) extraídos por hectárea y por tratamiento, con respecto al área efectiva de aprovechamiento.

Intensidad del tratamiento	Extraído		Intensidad real
	N	G (m ²)	%
Silvicultura cuantitativa 20%	75.0	8.95	22.1
Silvicultura cuantitativa 30%	129.3	11.64	29.3
Silvicultura cualitativa, sin % prefijado	71.5	11.49	27.3



El aprovechamiento en Villa Mills

En Villa Mills, el principal objetivo de las actividades de aprovechamiento es mejorar la calidad de los árboles en el rodal y mantener un bosque vigoroso, con más o menos la misma composición florística. Este es un objetivo de naturaleza silvicultural y la venta de madera sólo se percibe como un ingreso que permite cubrir los costos del manejo multifuncional del bosque. Se considera primordial continuar con las actividades de aprovechamiento, con un monitoreo intensivo y con las actividades de investigación sobre la dinámica del bosque después del aprovechamiento. Además, en el futuro, se espera que aumenten las actividades de investigación, capacitación y ecoturismo en el área (Louman *et al.* 1998). En esta sección se describen las diferentes actividades de aprovechamiento realizadas en Villa Mills, con un énfasis especial en la planificación y en las características que distinguen estas actividades de las realizadas en aprovechamientos convencionales.

Planificación y construcción de la red vial

La red vial necesaria para el manejo forestal comprende toda la infraestructura que conecta el interior del bosque con el camino vecinal público. Una planificación y construcción adecuadas facilitan el transporte de personal, maquinaria y herramientas y garantizan la extracción y el transporte de los productos maderables y no maderables. La ejecución correcta de los planes ayuda a reducir el impacto sobre el bosque y permite que este mantenga todas sus otras funciones, como ecoturismo, recreación, capacitación, etc.

La composición y estructura de los robledales implica un alto número de árboles aprovechables por hectárea, de diferentes especies y tamaños. Debido a esta característica, así como al uso de los robledales para investigación, capacitación y ecoturismo y la consecuente necesidad de entrar al bosque con mucha frecuencia, en el área experimental de Villa Mills se construyó una red vial permanente, constituida por un camino forestal principal y una serie de pistas de arrastre (Fig. 2) que permiten extraer cualquier árbol ubicado en el área bajo manejo mediante el uso de cables sin que haya que abrir otras pistas. Los trabajos de planificación y construcción de la red vial fueron coordinados, dirigidos y supervisados por un ingeniero y un técnico forestal.

- El camino forestal principal

Para realizar el aprovechamiento se construyó un camino de 1280 m de longitud; el 50% de esta extensión estaba destinada a unir el área de aprovechamiento con el camino vecinal existente. La función principal del camino forestal es permitir el acceso al área bajo manejo durante todo el año (inclusive en la época lluviosa, entre mayo y diciembre) y permitir la carga y el transporte de los productos forestales extraídos desde los patios de acopio hacia los centros de comercialización; también facilita el ingre-



so de los técnicos e investigadores que trabajan en el área. En este caso se realizaron estudios de aserrió con aserradero móvil (*Dimension Saw*) y sierras portátiles, pruebas de carbonización con un horno metálico transportable y algunos estudios ecológicos, que aún se mantienen. Además, este camino forma parte del recorrido de un sendero educativo sobre aspectos ecológicos y de manejo diversificado y sostenible de los robledales.

Durante la **planificación** del camino forestal principal se procuró combinar varios factores (distancia entre caminos, clase y características de los mismos, trazado básico, métodos de transporte) que implicaran el menor impacto ecológico, el menor costo de arrastre y transporte de los productos forestales y el menor costo de construcción (Pedroni 1990b). Así se llegó al diseño presentado en la Fig. 2, cuyas características se aprecian en detalle en las Figuras 3, 4, 5 y 6.

El primer paso para la **construcción** del camino fue marcar el trazado en el bosque, estaquillando tanto el centro (eje) como el ancho, de acuerdo con lo indicado en el proyecto (Pedroni 1990b). Una vez que se tuvo el trazado definitivo, se eliminó con machete la vegetación y los árboles pequeños ubicados sobre el mismo. Los árboles de diámetros mayores se removieron con motosierra. En total, se despejó una faja de entre 20-30 m de ancho, que incluye el camino mismo y el espacio necesario para que seque mejor después de las lluvias. Una vez eliminada la vegetación, se quitó la capa superficial de materia orgánica del suelo para mejorar la sustentación y se removieron los tocones de los árboles talados y extraídos previamente (Fig.3).

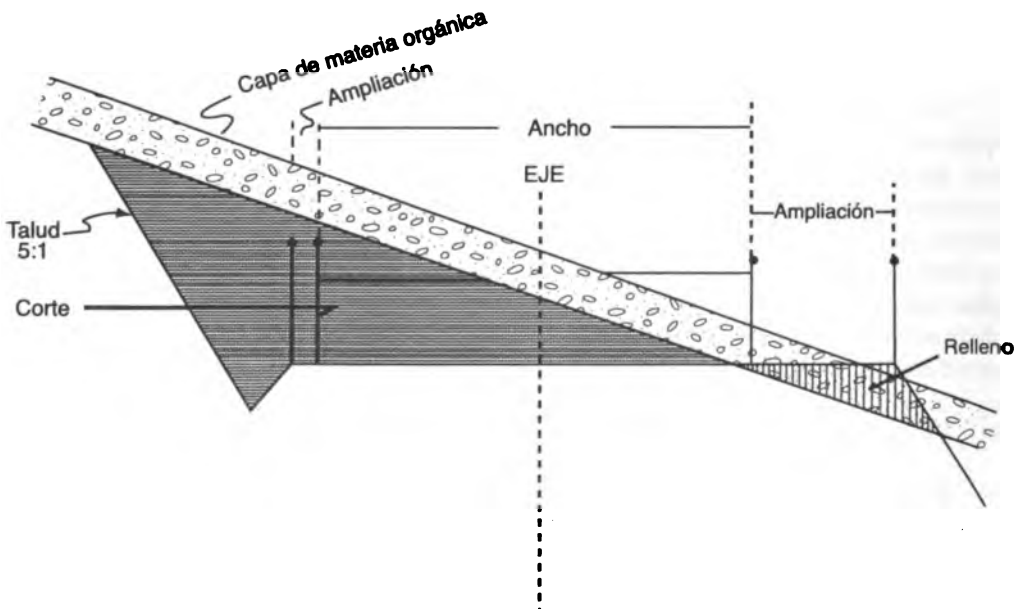


Figura 3. Sección del perfil normal transversal del camino.



El paso siguiente consistió en la apertura del perfil transversal; se indicaron las profundidades de corte en los diferentes puntos y los sitios que deberían rellenarse (Fig. 3). Se prestó especial atención y cuidado a la conformación de los taludes y desagües longitudinales, así como a la excavación de los desagües transversales en los sitios previstos; la función de estos desagües es escurrir el agua lo más rápido posible a través de alcantarillas profundas que pasan por debajo del camino.

Luego se procedió al acarreo y la distribución de la capa de lastre (material con diámetros de entre 2-20 cm) sobre el suelo del camino, la formación del bombeo sobre la capa de material y la nivelación y compactación del material extendido (Fig.4).

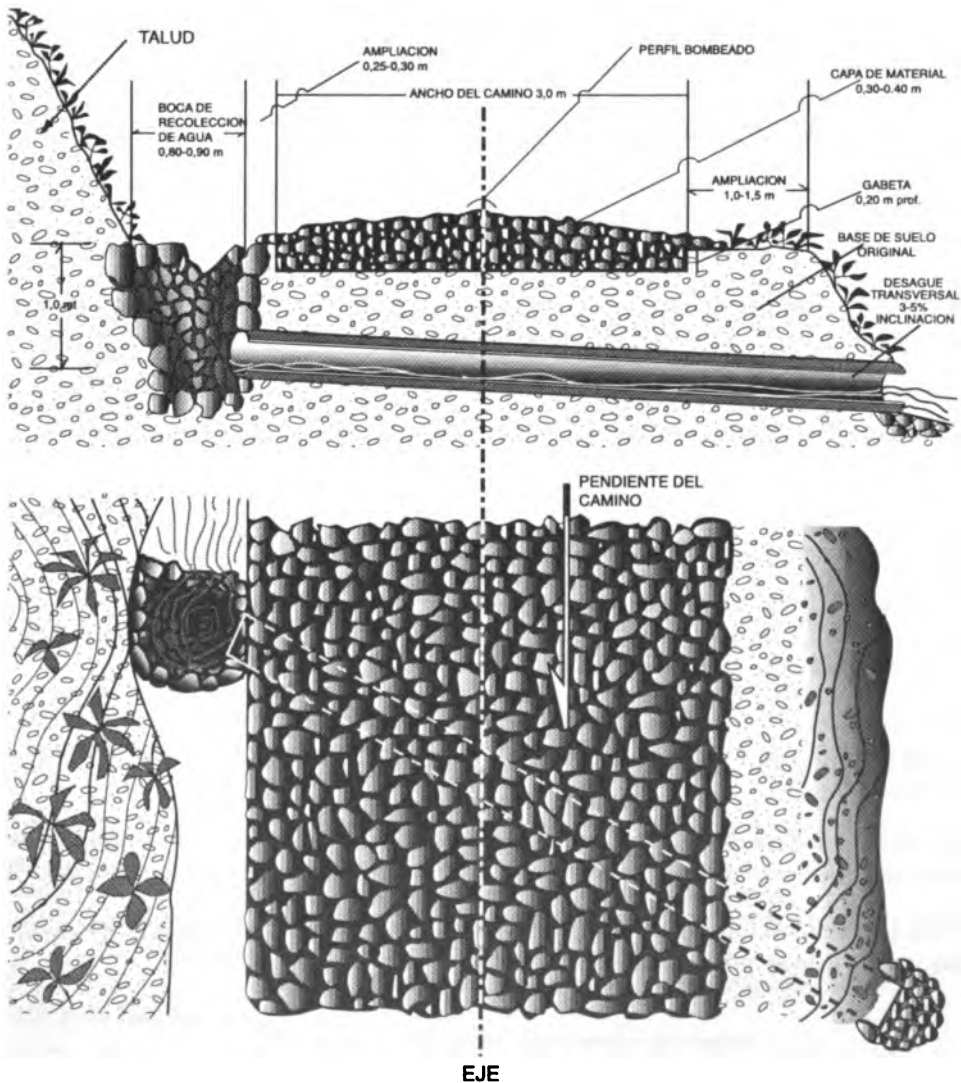


Figura 4. Corte longitudinal de un desagüe transversal y otros elementos.



Las características principales del camino son las siguientes (Pedroni 1990b):

- Pendientes máximas de entre 10-12% y mínimas de entre 3-4%, para evitar la erosión y la acumulación de sedimentos.
- Taludes estables en cuanto a pendiente, lisos, sin tocones, piedras o protuberancias y con cobertura vegetal, para evitar problemas de erosión y deslizamientos (Fig. 4).
- Desagües transversales cada 50-100 m, dependiendo de la pendiente y la sinuosidad del trazado, de 0,35 m de diámetro, ubicados un metro por debajo del nivel del camino, con un desnivel de entre el 3-5% hacia el punto de evacuación y una orientación de aproximadamente 45° en dirección al flujo del agua. Tienen una boca de recolección grande, de entre 0,8 m 0,9 m de diámetro, para facilitar las labores de limpieza y las bases están por debajo del desagüe, para captar el material de sedimentación que podría bloquearlo (Fig. 4).
- Tres metros de ancho (con una ampliación de entre 0,2-0,3 m en el lado interno y entre 1-1,5 m en el externo), para facilitar el paso de todo tipo de maquinaria pesada, camiones madereros y vehículos livianos en ambos sentidos (Fig. 4).
- Un perfil bombeado a lo largo de toda la superficie lastreada, para garantizar que el agua escurra rápidamente y así prevenir el encharcamiento (Fig. 4).
- Una gaveta como soporte para retener la capa de material con una profundidad de 0,2 m (Fig. 4).
- Una capa de lastre con 0,3-0,4 m de espesor, sobre una base de suelo firme, porque esto mejora la capacidad de sustentación, sobre todo en la época de lluvias, evitando hundimientos y deformaciones del perfil (Fig. 4).
- Un desagüe longitudinal de entre 0,5-0,6 m de ancho, con una profundidad de 0,2-0,25 m, a lo largo de los cortes del camino que limitan con los taludes, para evacuar rápidamente el agua hacia los desagües transversales (Fig. 5).
- Alcantarillas con tubos de concreto prefabricado de 0,9 m diámetro, con un desnivel del 3-5% en dirección al flujo del agua, en las tres quebradas que atraviesa el camino (Fig. 6).
- Un radio mínimo de 10 m en las curvas, para facilitar el paso de los camiones; las curvas tienen un sobre ancho de entre 2,6 y 3,2 m y un peralte o inclinación del 5%.

Para la construcción del camino se contrató una empresa constructora que utilizó la maquinaria que se presenta en el Cuadro 5.

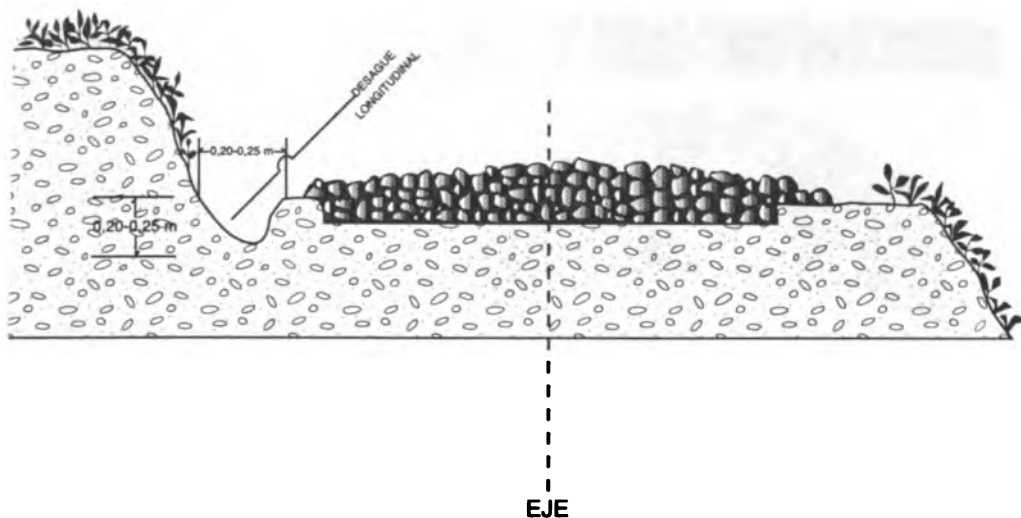


Figura 5. Corte transversal de un desagüe longitudinal.

Cuadro 5. Maquinaria utilizada para la construcción del camino forestal y sus respectivas funciones.

Maquinaria	Funciones
Tractor de orugas D-6	Remoción de la capa orgánica Remoción de tocones Apertura del perfil transversal, taludes, cortes, rellenos Apertura de desagües longitudinales
Back-Hoe	Excavación de desagües transversales Excavación de la base donde se colocarían las alcantarillas, en las quebradas Transporte y colocación de tubos de concreto para los desagües transversales y para las quebradas
Vagonetas	Transporte del lastre
Cargador	Carga del material del tajo en las vagonetas
Tractor de orugas D-4 (con pala hidráulica)	Apertura de desagües longitudinales Distribución de la capa de lastre a lo largo del camino Formación del perfil bombeado del lastre
Compactadora	Compactación del lastre

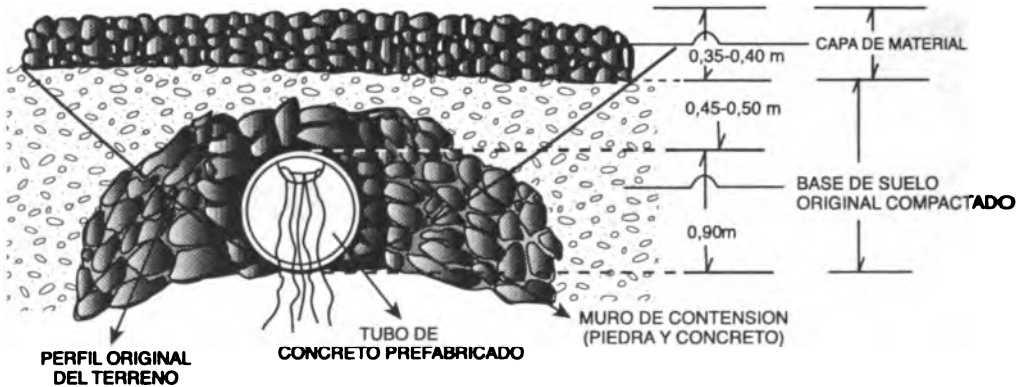


Figura 6. Corte transversal de una alcantarilla para una quebrada.

Por tratarse de un camino forestal permanente, se le da **mantenimiento** al comienzo y al final de la época lluviosa. El mantenimiento consiste, básicamente, en remover el material de sedimentación que obstruye el flujo del agua en los desagües y alcantarillas y podar la vegetación de los taludes. Además, dependiendo de la intensidad de uso, después de algunos años, se deberá realizar un mantenimiento con maquinaria para restablecer el perfil bombeado original de la capa de lastre.

En Villa Mills, la necesidad de tener un acceso al bosque durante todo el año todos los años exigió la construcción de un camino más sólido que el requerido en los casos en que el uso es menos intensivo. Por ejemplo, en la mayoría de los bosques productivos de Costa Rica, sólo se necesita entrar una vez cada 15 ó 20 años para la extracción y, durante el mismo periodo, unas 10 veces para realizar actividades silviculturales de monitoreo y planificación; en estos casos, es suficiente contar con caminos semi-permanentes.

- Las pistas de arrastre

El diseño de la red vial se completó con una serie de pistas de arrastre de 2700 m de longitud. La **función** principal de las pistas es permitir la extracción de la madera y otros productos desde el bosque hasta los cargaderos o patios de acopio a lo largo del camino forestal. En Villa Mills, las pistas de arrastre tienen dos funciones principales:

- 1) Permiten apilar en sus bordes la leña y los postes que quedan como residuo del aprovechamiento, para luego cargarlos con más facilidad en los camiones.
- 2) Facilitan el arrastre de la madera desde el lugar de tumba hasta los patios de acopio a lo largo del camino forestal, sin que la maquinaria tenga que salirse de las pistas para entrar al bosque (para esto, es indispensable que el *skidder* o el tractor utilizado tenga un cable de 30-40 m de largo).



Al igual que en el caso del camino forestal, algunos tramos de las pistas también se utilizan en el recorrido del sendero educativo sobre manejo y ecología de los robledales de altura. Las principales características de las pistas de arrastre son las siguientes:

- Una pendiente máxima del 15% para evitar problemas de erosión y remoción de material por medio de la maquinaria.
- Un espaciamiento máximo - entre pistas - que no supera los 80 m (Fig. 2).
- Presentan pequeños taludes, siempre que no haya problemas de deslizamiento o de aproximación de la maquinaria a la orilla del bosque.
- El desagüe longitudinal es en transectos cortos, de no más de 10 m.
- Tienen desagües transversales superficiales, construidos con pico y pala, con un espaciamiento de 30-40 m, para evacuar rápidamente el agua y evitar la aparición de surcos por la escorrentía superficial.
- Tienen entre 2,5-3 m de ancho, para permitir el tránsito de tractores de oruga, *skidders* o camiones.
- No son lastreadas, lo que limita el uso a la época seca.
- Al final tienen una pequeña rotonda, que permite maniobrar y cambiar de sentido con la maquinaria o los camiones.
- No tienen un perfil específico.

El primer paso en la **construcción** de las pistas de arrastre es marcar su trazado en el bosque y estaquillar el centro y el ancho. Luego se corta la vegetación y los árboles pequeños con motosierra y machete en el área delimitada por el ancho. No se cortan los árboles de más de 0,3 m de diámetro. Los movimientos de tierra se limitan a eliminar la capa superficial de materia orgánica y parte del suelo, hasta alcanzar una profundidad donde las pistas queden sustentadas sobre una base sólida (aprox. 1 m); para abrir las pistas de arrastre se utilizó un tractor de oruga D-6.

El **mantenimiento** de las pistas se hace dos veces al año; se limpian los desagües, eliminando el material de sedimentación, y se corta la vegetación que ha invadido el ancho pre-establecido.

Planificación y ejecución de la tala dirigida

La tala dirigida consiste en la aplicación de una serie de métodos de tala que han sido mejorados y adaptados a diferentes situaciones y condiciones tanto del árbol como del terreno. Desde el punto de vista técnico, las operaciones de la tala dirigida están encaminadas a mejorar el trabajo en el bosque, cubriendo algunos aspectos claves, por ejemplo:

- evitar la incidencia de accidentes y garantizar la seguridad de los trabajadores



- aumentar el rendimiento en cuanto al volumen comercial aprovechable
- reducir los daños al bosque remanente
- facilitar las operaciones posteriores a la tala

Para aplicar la tala dirigida, el obrero forestal debe estar capacitado para evaluar las razones por las cuales se decidió extraer un determinado árbol y luego poder talar el árbol en la dirección óptima, que se determina con base en los siguientes aspectos:

- la seguridad personal
- el arrastre de las tucas con respecto a la ubicación de las vías de extracción
- la ubicación de las fuentes de agua
- la ubicación de los otros árboles y de los centros de regeneración natural
- el lugar donde va a caer el árbol
- la facilidad de elaboración de los productos

Para manejar esto se requiere un buen conocimiento teórico y práctico de los métodos de tala; los métodos aplicados en Villa Mills fueron:

- Método de apeo normal
- Método de apeo para árboles podridos
- Método de apeo boca ancha
- Método de apeo corte de punta
- Método de apeo boca profunda

Todos ellos se describen detalladamente en Tanner (1996).

Para la tala se utilizaron motosierras marca *Stihl* modelo 038 y herramientas básicas auxiliares, como cuñas de aluminio y mazos forestales. Este equipo es imprescindible para sacar de balance a la mayoría de los árboles aplomados o para contrarrestar el efecto de la inclinación del peso del fuste o de la copa. Los equipos de apoyo son básicos para aumentar el rendimiento del volumen aprovechable y contribuyen a disminuir el riesgo para el personal y el daño sobre el rodal remanente.

Por la naturaleza del área, en Villa Mills se le dio mucha importancia a la regeneración y a los árboles que se quería mantener. Por lo tanto, en algunos casos se debieron combinar los métodos de apeo mencionados con un sistema de teclas y cables forestales, para dirigir la caída de los árboles más difíciles de talar. A veces, también fue necesario subir al árbol para cortar algunas ramas. Sin embargo, estos métodos no se han considerado en la evaluación de la tala o de los tratamientos, porque en los trópicos rara vez hay necesidad de calcular con tanta exactitud la caída de los árboles.



El arrastre

El aprovechamiento de los árboles incluía el arrastre de la madera hasta el patio sobre el camino forestal. Se decidió trocear los fustes en el sitio de tumba y no en los patios, para evitar mayores daños al bosque remanente durante la extracción. El arrastre sobre las pistas se realizó con varias trozas amarradas y se hizo en tres etapas:

- a) Arrastre en el bosque hasta la pista
- b) Arrastre sobre las pistas hasta el camino forestal
- c) Arrastre hasta el patio de acopio y acomodo de las trozas

Para el arrastre se utilizó un *skidder* marca JOHN DEER modelo 540 A, equipado con un motor de 90 caballos de fuerza, en los tratamientos realizados en las parcelas 1 a 9, y un tractor de oruga marca CASE modelo 1150-B, con un motor de 124 caballos de fuerza (similar a un CATERPILLAR D5E), en el tratamiento de las parcelas 10 y 11. No se consideró el empleo de tracción animal debido al peso de las tucas y las condiciones topográficas, que no eran adecuadas para ese tipo de arrastre, incluso si se utilizaba un sistema de cables y poleas como ayuda (Venegas y Tanner 1991).

- a) Arrastre en el bosque hasta la pista

Esta etapa comienza cuando los trabajadores forestales identifican las tucas que se van a extraer y las preparan para la extracción, limpiándolas de vegetación, ramas y troncos y pasándoles las cadenas alrededor. Luego seleccionan la ruta de extracción más corta y que cause menos daño al bosque remanente. Una vez listas las trozas, el *skidder* o tractor de oruga, se instala sobre la pista de arrastre, desde donde las extraen con un cable de acero de 30-40 m de largo (Fig. 7).

Para agilizar la extracción y minimizar los daños, se recomienda orientar la caída de los árboles en forma tal que se reduzca la distancia entre las trozas y la pista y se evite el efecto de barrida de las tucas cuando salen del bosque (Fig. 7). En Villa Mills, los árboles talados se cortaron en tucas de diferentes longitudes, eliminando defectos, bifurcaciones o curvas.

En los casos en que la posición y las dimensiones de las trozas lo permitían, se arrastraron varias tucas juntas. Se utilizaron fajas y poleas para cambiar la dirección de arrastre y reducir el daño al rodal remanente por efecto del roce de las tucas en movimiento (Fig. 7). Con el mismo objetivo se utilizaron trozos de madera como amortiguamiento, colocándolos entre las tucas y los árboles remanentes.

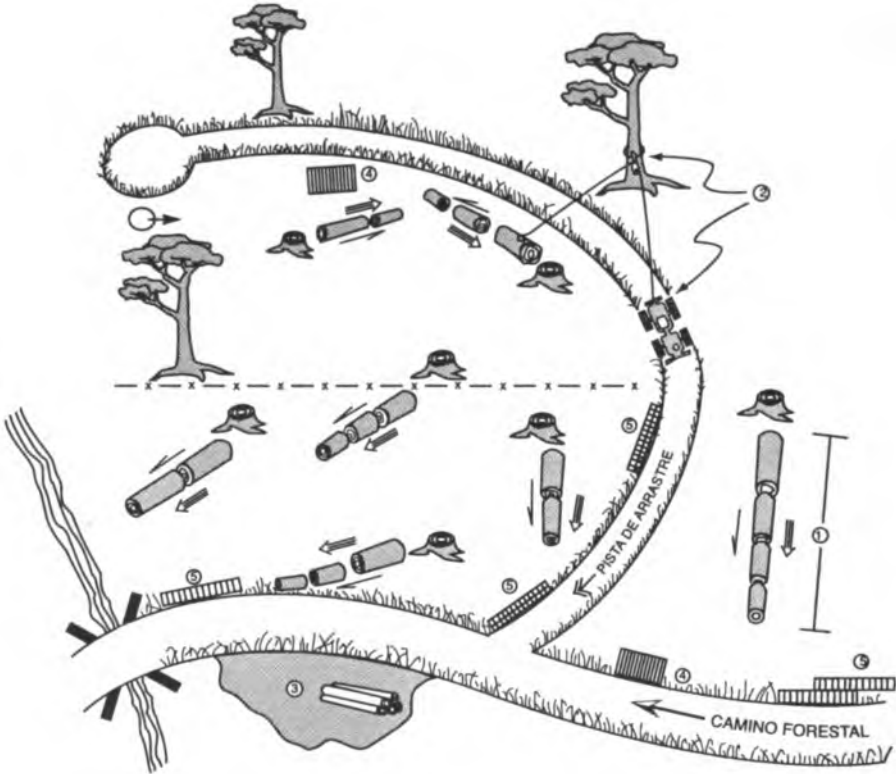
- b) Arrastre sobre las pistas hasta el camino forestal

Cuando hay suficientes tucas sobre la pista, se enganchan y fijan en la parte trasera de la maquina (*winch*), levantando un extremo, para reducir la remoción del suelo. Luego se llevan hacia los patios de maderero utilizando la dirección de salida preestablecida (Fig. 7). El uso de las pistas de arrastre evita daños al bosque residual.



c) Arrastre hasta el patio de acopio y acomodo de las trozas

Los patios de madereo se ubicaron lo más cerca posible de la unión de las pistas con el camino, para evitar el arrastre en tramos largos y el paso de la maquinaria sobre el camino forestal (Figuras 2 y 7). El apilado de las tucas lo realiza el operador del *skidder* o del tractor de oruga con el apoyo de uno o dos ayudantes.



- LEYENDA:
- Inicio de la corta y dirección del trabajo:
 - Dirección de salida en camino forestal:
 - Dirección de salida en pista de arrastre:
 - Límite de arrastre: - x - x - x - x -
 - Dirección de arrastre:
 - Dirección de caída:
 - Arbol troceado en largos variables: ①
 - Utilización del winch, cable, con sistema de cables y poleas: ②
 - Patio de madereo: ③
 - Pila de postes: ④
 - Pila de leña: m estéreos ⑤

Figura 7. Superficie de tala (Modificado de Caprez y Stephani 1984).



El levantamiento de datos

El principal objetivo de este trabajo es analizar la factibilidad financiera del aprovechamiento como tratamiento silvicultural y los efectos de la tala sobre la vegetación remanente; por eso, en el campo se tomaron dos grupos de datos: sobre productividad y costos y sobre daños a la vegetación. No se consideraron los daños ocasionados por la construcción de la red vial, porque al ser permanente, los daños no se repetirán en futuras intervenciones.

Productividad y costos

La metodología utilizada para coleccionar los datos de campo sobre la productividad y los costos de cada actividad ha sido ampliamente discutida por Reiche (1989) y Finne (1988). Para este estudio se aplicó una variante del método de tiempos y movimientos para las actividades de tala y arrastre, pues el tiempo productivo se registró en forma continua. Los costos de la construcción de los caminos se debieron recuperar de la contabilidad del área de demostración. Para la tala se tomaron los tiempos de todos los trabajos relacionados con la actividad (troceo principal, desrame), incluyendo el mantenimiento de la motosierra (mantenimiento y afilado de la cadena, limpieza y mantenimiento de la espada, llenado de tanques de gasolina y aceite) y los traslados de un árbol a otro. Para la conversión del tiempo a valores monetarios se utilizaron los tipos de cambio (US\$) correspondientes al 2000.

Para el cálculo de productividad se registraron los siguientes datos: la parcela donde se trabajó, el número de árbol (tala) y de trozas de cada árbol (arrastre), la distancia de arrastre por etapa y el número de trozas arrastradas por ciclo.

La cubicación de los árboles en pie de las especies comerciales con un dap ≥ 30 cm se realizó con base en la medición del dap, la altura comercial (parte del fuste que se consideró aprovechable) y la fórmula aplicada por la Dirección General Forestal¹ (como requisito para el pago del impuesto sobre la madera). El volumen de los árboles talados y troceados se obtuvo utilizando la fórmula de cubicación de Smalian.

Daños a la vegetación

Para cuantificar los daños ocasionados por la tala de cada uno de los árboles con respecto al área basal y el número de individuos, se registró la información sobre la especie y el diámetro de todos los árboles con dap ≥ 10 cm para cada individuo del rodal remanente. La intensidad del daño se evaluó de acuerdo con esta clasificación:

¹ $\text{Log}V = 2.03968 \log D + 0.779 \log L - 4.07682$



1. **Daños fuertes:** la copa está totalmente destruida, el fuste quebrado, el árbol está total o parcialmente desenraizado.
2. **Daños medianos:** heridas grandes al fuste o a la copa, la corteza presenta un desgarramiento de más de 2 m de largo y por lo menos 20 cm de ancho (o 1/3 de la circunferencia), más de la mitad de la copa está destruida.
3. **Daños menores:** las heridas en la copa y el fuste son mínimas, el árbol puede recuperarse en poco tiempo.



Resultados y discusión

Tiempos y costos de la planificación y construcción de caminos

En el Cuadro 6 se resumen los principales resultados sobre tiempos y costos para la construcción del camino forestal, las pistas de arrastre y el mantenimiento de la red vial durante un año. El ingeniero forestal se ocupó de la planificación y la supervisión general del trabajo; el técnico forestal fue el responsable de las actividades de campo y de la supervisión de los obreros.

Cuadro 6. Tiempos y costos invertidos en la construcción y el mantenimiento de la red vial (en US\$ del 2000).

Elemento de costo	Camino forestal		Pista de arrastre	
	Tiempos (Horas/metro)	Costos (US \$/metro)*	Tiempos (Horas/metro)	Costos (US \$/metro)*
Mano de obra:				
Ingeniero forestal	0,42	1,86	0,02	0,06
Técnico forestal	0,9	1,28	0,05	0,06
Obreros	4,35	4,08	0,24	0,25
Maquinaria: (alquiler)				
Tractor D6 (32,9 US \$/Hr)	0,24	7,90	0,01	0,31
Cargador (28,2 US \$/Hr)	0,04	1,13	--	--
Back-Hoe (21,6 US \$/Hr)	0,04	0,86	--	--
Material del camino				
Contrato pagado por viaje (incluye carga, acarreo y compactación)		14,13		
Fletes (maquinaria)		2,13		
Servicios reparación de equipo		0,05		
Materiales y otros:				
Combustibles, herramientas, papelería, repuestos		3,08	--	--
Concesión explotación del tajo		1,10	--	--
Total de costos de construcción (US\$/m)	--	37,60	--	0,68
Mantenimiento de la red vial **	0,11	1,33	0,03	0,41

* Datos actualizados de 1991 al año 2000 con base en la inflación en los EEUU según Friedman 2000.

** El cálculo de estos valores se realizó con base en los datos/año de los costos de funcionamiento de la red vial en el AID-Villa Mills, para un periodo de diez años (1991-2000), datos actualizados al año 2000 con base en la inflación en los EEUU según Friedman 2000.



Los costos de construcción presentados en el cuadro 6 pueden compensarse parcialmente con la venta de los productos forestales obtenidos a partir de los árboles que se talaron porque estaban ubicados sobre el trazado del camino, así como por el uso fijo anual debido a un servicio extra para ecoturismo (que se calculó para cuatro años). En el Cuadro 7 se presenta una estimación de esos ingresos.

Cuadro 7. Estimación de los ingresos generados por la venta de los productos maderables obtenidos por la tala de los árboles comerciales ubicados sobre el trazado del camino forestal y el uso ecoturístico del mismo (en US\$ del 2000).

Producto/servicio	Precio/unidad*	Ingreso (US\$/m de camino)*
Madera en rollo	57,18 US\$/m ³	5,97
Leña (metro estéreo)	3,05 US\$/m	1,72
Postes	0,64 US\$/poste	1,84
Total	---	8,53
Ecoturismo**	---	2,35

* Datos actualizados de 1991 al año 2000 con base en la inflación en los EEUU según Friedman 2000.

** Este ingreso (\$/m) está dado para un periodo de cuatro años de funcionamiento de este servicio, (1997-2000) en el AID-Villa Mills, datos actualizados al año 2000 con base en la inflación en los EEUU según Friedman 2000.

Aunque en Villa Mills el camino cubre un tramo relativamente corto (1.280 m) y el uso industrial es de poca intensidad, dada la multifuncionalidad del área (ecoturismo, demostración y educación), se justificaba construirlo con la calidad propia de un camino principal. Los costos de construcción (37.60 US\$/m) son similares si se comparan con los reportados en otros países para vías similares (Cuadro 8); la comparación resulta aún más favorable si se incluyen los productos forestales mencionados en el Cuadro 7, pues entonces los costos netos descienden a 29.07 US\$/m.

La construcción de las pistas no implica la tala de árboles gruesos (dap \geq 30 cm), por lo tanto, no se obtienen productos comerciables, como en el caso del camino forestal. El costo de construcción de las pistas de arrastre fue de 0,68 US\$/m, lo que resulta relativamente bajo cuando se compara con los costos mencionados en otros estudios (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de los costos de construcción de la red vial de Villa Mills con otros proyectos similares (en US\$ del 2000).

Tipo de infraestructura	Costo (\$/m)*			
	Villa Mills ¹	FAO ²	Sedlak ³	Heinrich ⁴
Camino forestal principal	37.61	15.61 - 42.30	33.7 - 50.58	38.3 - 63.83
Pista de arrastre	0,68	1.31 - 4.72	1.04 - 2.34	7.59 - 17.83

* Datos actualizados al año 2000 con base en la inflación en los EEUU según Friedman 2000.

¹ Datos de este estudio (año 1991)

² FAO (1974) datos originales del año 1972

³ Sedlak, O (1978) datos originales del año 1975

⁴ Heinrich, R (1983) datos originales del año 1979

Tiempos y costos de la tala dirigida

En el Cuadro 9 se aprecia que la mayor parte (81.3%) de los árboles con dap \geq 10 cm se talaron utilizando el método de apeo normal, en tanto que para los árboles muy inclinados se utilizó el método de corte de punta (14.7%); la inclinación fue la mayor dificultad encontrada. Sin embargo, hay una diferencia en la distribución por método de corta entre los tratamientos ($\chi^2_{(8)} = 15.62, P < 0.05$).

Cuadro 9. Número y porcentaje de árboles con dap \geq 10 cm talados, por método de apeo y por tratamiento.

Intensidad del tratamiento	Área* (ha)	Método de apeo										Con cables**	Subir y cortar ramas**	Total arb.		
		1		2		3		4		5						
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%					
20%	9.6	432	75.52	3	0.53	16	2.80	112	19.58	9	1.57	13	2.27	3	0.52	572
30%	9.2	975	86.90	4	0.36	25	2.23	112	9.89	7	0.62	6	0.53	1	0.09	1123
27%	4.5	126	65.97	--	--	10	5.24	55	28.79	--	--	8	4.19	1	0.52	191
Totales	23.3	1533	81.33	7	0.37	51	2.70	278	14.75	16	0.85	27	1.43	5	0.27	1885

Dónde:

N = número de árboles talados

% = porcentaje de árboles talados/tratamiento

Método de apeo: 1 = método normal 2 = método árbol podrido 3 = método boca ancha

4 = método corte de punta 5 = método de boca profunda. Clasificación con base en (Tanner 1996)

* incluye el área neta y el borde de cada tratamiento

** los árboles talados con cables y/o desrame en pie están incluidos en los tipos 1 a 5



La escogencia del método de apeo depende del estado del árbol. El apeo de punta se aplica sobre todo a árboles inclinados, en tanto que el apeo normal se utiliza en árboles rectos, con copas regulares, que no presentan mayores dificultades.

Los datos del Cuadro 10 indican que los árboles jóvenes (de hasta 60 cm dap) tienen formas más regulares que los árboles de entre 60 y 110 cm dap, que es el ámbito en el que más a menudo se encuentran árboles inclinados y/o con copas irregulares. La distribución de los árboles cortados sobre las diferentes clases diamétricas hasta 110 cm es diferente para los dos métodos de tala ($\chi^2_{(9)} = 226, P < 0.01$) y las diferencias (árboles talados por apeo normal menos árboles talados por apeo de punta) son positivas para las clases 1 a 5 y negativas para las clases 6 a 9.

La diferencia entre tratamientos en la aplicación de los métodos de apeo probablemente se deba a la gran cantidad de árboles pequeños cortados en el tratamiento del 30% (Cuadro 10), lo que resulta en un mayor porcentaje de árboles cortados por el método de apeo normal.

Cuadro 10. Árboles cortados en cada tratamiento por clase diamétrica y porcentaje de árboles de cada clase diamétrica cortado para los dos métodos de apeo más utilizados y para los tres tratamientos.

Intesidad de Tratamiento	Área	Clases diamétricas de 10 cm (1 = 10-19.9 cm, 2 = 20 - 29.9 cm, etc)												Total	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13
20%	9.6	209	117	74	40	50	31	19	11	12	4	3	1	1	572
30%	9.2	552	230	113	85	37	37	22	22	12	6	6	1	0	1123
27%	4.5	51	35	24	17	16	21	14	7	5	0	1	0	0	191
Total	23.3	812	382	211	142	103	89	55	40	29	10	10	2	1	
% apeo normal		97.3	90.3	77.7	65.5	48.5	41.6	38.2	37.5	20.7	55.0	NA	NA	NA	
% apeo punta		1.5	4.2	16.6	30.3	44.7	49.4	56.4	55.0	69.0	45.0	NA	NA	NA	

NA = no se analizó porque los datos eran insuficientes

En general se cortaron muy pocos árboles con otros métodos de apeo, apenas un 3.92% del total, aunque este porcentaje aumenta al 7.26% para los árboles con dap \geq 60 cm. Por lo tanto, para este estudio en particular, se puede afirmar que al aumentar la tala de árboles con diámetros mayores, disminuye el número de árboles fáciles de talar (apeo normal), se presentan mayores dificultades, como la aparición de árboles inclinados (corte de punta) y aumenta la aplicación de métodos especiales de tala (árboles podridos, boca ancha, boca profunda).



La necesidad de utilizar cables y la corta de ramas en pie también tienden a aumentar relativamente con el tamaño de los árboles, aunque la diferencia no es significativa ni para cable ($X^2_{(3)} = 16.9, P = 0.22$) ni para corta de ramas ($X^2_{(3)} = 4.18, P = 0.69$).

Los datos de productividad presentados (Cuadro 11) se refieren sólo a la tala que empleó los métodos 1 a 5. No se incluyen los árboles para los cuales se tuvo que usar cables, aunque hubo algunos casos en que se tardó hasta dos horas para preparar y talar un árbol, escalándolo para cortar ramas y colocar el cable; estas tareas sólo se realizaron en casos muy particulares, para cumplir con los objetivos de capacitación e investigación propuestos, pero se prefiere evitarlas en los aprovechamientos normales.

Cuadro 11. Comparación de tiempos y productividad de la tala durante la aplicación de los tres tratamientos.

Intensidad de tratamiento	Área (ha)	Árboles prom./ha***	Vol. ext. m ³ /ha	Horas Efect./ha	Productividad real de la tala*		Productividad teórica**	
					m ³ /hora	m ³ /día	m ³ /hora	m ³ /día
Cuant. 20%	9,6	25,7	51,2	13,1	3,9	21,6	4,7	25,2
Cuant. 30%	9,2	37,1	62,7	18,7	3,4	17,1	4,2	21,3
Cualit. 27%	4,6	23,1	50,7	15,5	3,3	17,0	3,6	17,7

* Para un equipo conformado por un operario y un ayudante

** Productividad teórica en m³ (madera en rollo dap ≥ 30 cm) por hora efectiva y por día de corte y troceo con motosierra en un bosque tropical, según Anaya y Christiansen (1986) (Anexo 2). Los valores reales promedio de dap, número de trozas por árbol y tiempo efectivo de trabajo por día para interpolar en los nomogramas se encuentran en dicho anexo.

*** Para árboles con dap ≥ 30 cm.

Los datos presentados en el Cuadro 11 indican que la productividad de la tala obtenida en Villa Mills fue hasta un 20% inferior a la productividad teórica para bosques tropicales según Anaya y Christiansen (1986). La diferencia se debe, probablemente, a que el tamaño promedio de los árboles cortados en Villa Mills era menor: alrededor de 2.3 m³/árbol, mientras que en las operaciones comerciales utilizadas como referencia para los cálculos teóricos, los árboles llegan a tener volúmenes promedios de 6 m³/árbol o más (FAO 1974, Anaya y Christiansen 1986).

La tala en el tratamiento del 20% fue más productiva que en los otros dos tratamientos; posiblemente esto también se deba al mayor tamaño promedio de los árboles talados en este tratamiento. No fue posible aplicar un análisis estadístico para confirmar esta diferencia, porque no se registraron los datos por parcela sino sólo por tratamiento.



Cuadro 12. Comparación de costos de mano de obra y motosierra durante la tala para las tres intensidades de intervención silvicultural (en US\$ de 2000).

Intensidad de tratamiento	Costo por hora* (\$)**		Horas efect./ha	Costos (\$/ha)**	Costos (\$/m ³)**
	Obrero	Motosierra			
Cuant. 20%	2.65	3.29	13.1	77.81	1.52
Cuant. 30%	2.65	3.29	18.7	111.08	1.77
Cualit. 27%	3.45	4.26	15.5	119.51	2.36

- * Los costos de mano de obra están dados para un equipo formado por un operario y un ayudante, incluyen las cargas sociales de ley.
- ** Los datos fueron actualizados al 2000 con base en la inflación en los EEUU según Friedman 2000.

Tiempos y costos del arrastre

Dependiendo del tamaño y de la cantidad de las tucas en cada lugar, se pudieron arrastrar una o más tucas por vez, obteniéndose la siguiente distribución:

Situación *skidder*

- en el 24% de los viajes se arrastró 1 tucá
- en el 35% de los viajes se arrastraron 2 tucas
- en el 24% de los viajes se arrastraron 3 tucas
- en el 11% de los viajes se arrastraron 4 tucas
- en el 3% de los viajes se arrastraron 5 tucas
- en el 3% de los viajes se arrastraron 6 tucas

Situación tractor de oruga

- en el 2.5% de los viajes se arrastró 1 tucá
- en el 12.5% de los viajes se arrastraron 2 tucas
- en el 22.5% de los viajes se arrastraron 3 tucas
- en el 32.5% de los viajes se arrastraron 4 tucas
- en el 25% de los viajes se arrastraron 5 tucas
- en el 5% de los viajes se arrastraron 6 tucas

El número relativamente bajo de las trozas arrastradas en promedio por viaje de *skidder* se debe, por un lado, al tamaño de las mismas y por otro, al peso de la madera arrastrada, dando como resultado que el 83% de los viajes se arrastraron entre una y tres tucas. Por otro lado al utilizar el tractor de oruga en el arrastre debido a su potencia se aumenta considerablemente el número de trozas arrastradas en promedio por viaje, donde en el 80% de los viajes se arrastraron entre tres y cinco tucas, lo cual representa entre un 45 y un 56% mas de carga promedio por viaje en comparación con el *skidder* Para el total del ciclo de arrastre se cuenta con datos del *skidder* y del tractor de oruga para los tres tratamientos; los resultados se presentan en el Cuadro 13.



Cuadro 13. Comparación de tiempos y productividad del arrastre para tres intensidades de intervención silvicultural en Villa Mills.

Intensidad de tratamiento	Maquinaria	Área (ha)	Dist. media (m)	Vol. extr. (m ³ /ha)	Horas efect./ha	Productividad real				Productividad teórica *	
						m ³ /viaj	m ³ /hr	min/m ³	m ³ /día	min/m ³	m ³ /día
Cuant. 20%	<i>skidder</i> **	9.6	276.7	51.15	7.2	3.13	7.1	8.45	42.60	6.40	55.57
Cuant. 30%	<i>skidder</i> **	9.2	267.04	62.74	8.4	2.5	7.47	8.03	44.82	7.00	53.33
Cualit. 27%	Tractor oruga***	4.55	547.21	50.69	8,93	5.7	5.68	10.57	34.08	8.09	42.35

* Productividad teórica en arrastre con tractor de ruedas (*skidder*) (Anexo 3) y *bulldozer* (oruga) (Anexo 4) bajo condiciones tropicales según Anaya y Chistiansen (1986). Los valores incluyen amarre, viajes de ida cargado de las trozas, desamarre, regreso vacío. Los valores reales promedio de distancia media de arrastre (m), volumen de carga promedio (m³/viaje) para interpolar en los nomogramas se encuentran en el cuadro 13. El tiempo efectivo real de arrastre para los tres tratamientos para interpolar en los nomogramas es de 6 horas/día.

** John Deer 540 A

*** CASE 1150 B

Es importante señalar que la maquinaria seleccionada no ha sido la más adecuada para las condiciones del sitio, pues normalmente se emplea el *skidder* para distancias mayores y el tractor de oruga para distancias menores (Anaya y Christiansen 1986). En Villa Mills, sin embargo, se utilizó la maquinaria que estaba disponible durante las operaciones y no la que hubiera preferido el personal técnico. Esta situación se da con frecuencia en Costa Rica, donde los operadores forestales son pequeños o medianos y disponen de un equipo limitado.

Los datos obtenidos se compararon con la productividad teórica según los nomogramas de Anaya y Christiansen (1986). La productividad teórica para el *skidder* es entre un 12.5 y un 25% superior a la obtenida; para el tractor, es aproximadamente un 20% mayor (Cuadro 13). Este resultado se debe, entre otras causas, a que el equipo no estaba en las mejores condiciones para el trabajo, lo que no sólo resultó en mucho tiempo perdido en reparaciones (no incluido en los cálculos de productividad), sino también en una velocidad de arrastre menor y una sub-carga de la maquinaria con relación a la potencia teórica de cada una: 2.5 a 3 m³/viaje vs. 6 m³/viaje para el *skidder* y 5.7 m³/viaje vs. aproximadamente 8 m³/viaje para el tractor de oruga (FAO 1974).

Por otra parte, hay que tener en cuenta que los datos de referencia se basan en experiencias realizadas en bosques tropicales húmedos y que podrían variar para el caso de los bosques montanos. Por ejemplo, la productividad teórica podría disminuir debido a una reducción en la potencia de la maquinaria causada por el descenso en la presión del aire por efecto de la altura (3000 msnm).

De acuerdo con la información presentada en el Cuadro 13, la productividad del *skidder* es superior a la del tractor. Sin embargo, hay que considerar que la distancia de



arrastre no es la misma para ambos casos, lo que podría resultar en una gran diferencia de tiempo en cada ciclo, y por lo tanto, subestimar la productividad del tractor de oruga.

Rodríguez (1996) hizo un análisis del tiempo de arrastre en el tratamiento del 27.3% y encontró que - para el tractor de oruga - este tiempo (TA) se relaciona con la distancia del arrastre (D) y el número de trozas (Nt) en la siguiente forma: $TA = 0.068511 \cdot D + 4.743135 \cdot Nt$ ($R^2 = 91\%$). Aplicando esta aproximación al caso de Villa Mills, se podría estimar la productividad del tractor con base en la distancia real de 547.21 m y en una distancia similar a la distancia promedio del arrastre de los otros dos tratamientos, que es 272 m. Con estas distancias, el tiempo de arrastre se reduciría en un 35%, pasando de 54.09 a 35.23 min/viaje y aumentando la productividad real a 9.38 m³/hora.

El mismo autor encontró que se gasta relativamente mucho tiempo en el arrastre con cable (*wincheo*) cuando se lleva la troza desde el tocón hasta la orilla de la pista de arrastre ya que se trató de causar el menor daño al rodal remanente. Esto lleva, en aprovechamientos tradicionales a que los operadores, para reducir la distancia, entren al bosque sin utilizar pistas planificadas, lo que provoca graves daños en el rodal remanente. Se puede mejorar el arrastre utilizando cables más modernos (menor peso por la misma fuerza) y capacitando adecuadamente a los operarios. Un ejemplo: a veces los cables no se enrollan correctamente y esto provoca problemas y hasta la quebra dura del cable cuando se desenrolla.

En el Cuadro 14 se presentan los costos por hora, por hectárea y por metro cúbico para todo el ciclo de arrastre. Se aprecia la importancia de la productividad y la intensidad del aprovechamiento al determinar el costo por metro cúbico. En el caso del *skidder*, el costo fue inferior para el tratamiento con un 30% de intensidad, pese a que el volumen de carga por viaje fue menor en el tratamiento más intensivo, porque el arrastre de un mayor volumen por hectárea reduce la distancia y aumenta el número de viajes por hora.

Cuadro 14. Comparación de los costos de maquinaria durante el arrastre para las tres intensidades de intervención silvicultural (en US\$ de 2000).

Intensidad de tratamiento	Costo por hora* (\$)**	Horas efect./ha	Costos (\$/ha)**	Costos (\$/m ³)**
Cuant. 20%***	35.31	7.20	254.23	4.97
Cuant. 30%***	33.31	8.40	279.80	4.46
Cualit. 27%****	32.02	8.93	285.94	5.64

* Los costos por hora se refiere al alquiler de la maquinaria incluido el jornal de los operadores

** Los datos fueron actualizados al 2000 con base en inflación en los Estados Unidos según Friedman 2000

*** *skidder* John Deer 540 A

**** Tractor de oruga CASE 1150 B



Cuadro 15. Comparación de los costos de mano de obra durante el arrastre para las tres intensidades de intervención silvicultural (en US\$ de 2000).

Intensidad de tratamiento	Costo por hora* (\$)**		Horas efect./ha	Costos (\$/ha)**	Costos (\$/m ³)**
	Técnico	Obrero			
Cuant. 20%**	3.00	1.32	7.20	31.10	0.61
Cuant. 30%**	3.00	1.32	8.40	36.29	0.58
Cualit. 27%***	5.77	1.73	8.93	66.98	1.32

* Los costos de mano de obra incluyen las cargas sociales de ley

** Los datos fueron actualizados al 2000 con base en inflación en los Estados Unidos según Friedman 2000

Aunque el alquiler del tractor de oruga es más barato, en este caso el tractor resultó más caro por m³ que el *skidder*, porque la productividad fue menor. Sin embargo, si se ajusta la productividad del tractor de oruga según la fórmula de Rodríguez (1996), el costo se reduce a US\$ 3.48/m³. Esta cifra es mucho más favorable que la obtenida en el estudio y privilegiaría el uso de este tipo de tractor antes que el *skidder*, por lo menos en distancias cortas.

Nivel del daño producido por la tala sobre la vegetación

Toda actividad de explotación maderera provoca daños en el bosque; la magnitud de esos daños depende de la intensidad de la extracción, el grado de planificación previa a las operaciones de corta, la calidad de los métodos empleados y el tiempo transcurrido desde el aprovechamiento anterior (Bruenig 1996, Sarre 1995).

Uno de los objetivos de los trabajos realizados en Villa Mills era demostrar que, planificando adecuadamente la infraestructura para el aprovechamiento y aplicando las técnicas de tala dirigida, se puede reducir considerablemente el daño al rodal remanente provocado por la intervención.

En el Cuadro 16 se presenta la información sobre los daños a los árboles remanentes en el aprovechamiento realizado en Villa Mills. En relación con los daños provocados por aprovechamientos en bosques tropicales de bajura, el porcentaje de daño en el área basal es mucho menor, con áreas basales iniciales y una intensidad de aprovechamiento por área basal mucho mayor. Estos resultados se deben, probablemente, a la aplicación de técnicas de tala dirigida (observar diferencia entre Tirimbina y Paragominas), al objetivo del aprovechamiento, que permite sacar árboles de menor tamaño, y a la estructura y composición del bosque estudiado.

La información sobre daños en Villa Mills indica una tendencia a que estos aumenten con la intensidad del tratamiento, en especial cuando se trata de daños livianos. Sin embargo, cuando se aplica un análisis de varianza, no hay suficiente eviden-



cia para confirmar esta tendencia. También se compararon los porcentajes de daños totales y daños de tipo 3 (livianos) entre pares de tratamientos aplicando una prueba de t y los datos confirman los resultados del análisis de varianza (Cuadro 17). Los valores de t calculados para las comparaciones entre pares de tratamientos (20 y 30%) y (20 y 27.3%) para daños totales y daño liviano son inferiores al valor crítico aceptable de t (2.47). Hay una tendencia a daños mayores en los tratamientos de mayor intensidad respecto a los de menor intensidad (20%), pero la diferencia no es significativa.

Cuadro 16. Daños promedio ocasionados por la tala bajo tres tipos de intensidad, en las intervenciones silviculturales en el área de estudio.

Intensidad del tratamiento	Área de aprov. (ha)	Área basal inicial (m ² /ha)	Área basal después del aprovechamiento (%) No afect.	Área basal			Suma de daños (%)	
				Talada	Daño 1	Daño 2		Daño 3
Silv. cuantit. 20%	4.0	40.4	71,9	22,1	2,0	1,5	2,5	6,0
Silv. cuantit. 30%	4.0	39.8	60,8	29,3	2,2	1,9	5,8	9,9
Silv. cualitat. 27%	2.0	44.5	62.0	27,3	2,0	1,2	7,5	10,7
(1) A prov. mej. 15%	7.2	33.1	66,9	14,9	5,9	6,7	5,6	18,2
(2) Aprov. conv. select. 16%	6.8	25.0	44.0	16.0	28.0 ⁽³⁾		s.d.	28.0

(1) Finca La Tirimbina, Sarapiquí, Costa Rica (Koppelman 1990)

(2) Paragominas, Estado de Pará, Brasil (Uhl y Guimaraes 1989)

(3) Valor dado para los daños 1 y 2.

s.d. = sin datos

La falta de diferencia en niveles de daño entre los tres tratamientos probablemente se relaciona con la mayor cantidad de árboles pequeños eliminados en los tratamientos más intensos. Rodríguez (1996) encontró que, para el tratamiento del 27.3%, la cantidad de árboles y el área basal dañada por árbol talado tienden a aumentar con el dap del árbol derribado.

Cuadro 17. Valores del resultado de la prueba de t cuando se comparan los porcentajes de daño total y daño liviano entre pares de tratamientos*.

Intensidad del tratamiento	Silvicultura cuantitativa 20%	
	Daño total	Daño 3
Silvicultura cuantitativa 30%	1.61	1.64
Silvicultura cualitativa 27%	2.21	1.74

* Se utilizaron 4 grados de libertad, P = 5%, valor crítico de t = 12.471



Aprovechamiento de los residuos forestales

Una vez cortados los fustes en trozas, queda una gran cantidad de residuos provenientes del saneo, las copas de los árboles y árboles viejos caídos. En los aprovechamientos tradicionales, estos residuos se dejan en el bosque. Por ejemplo, Gerwing *et al.* (1996) reportan que, en Brasil, el volumen de desperdicio en el bosque equivalía al 27% de la madera extraída. En el aprovechamiento realizado en Villa Mills, por el contrario, los residuos se utilizaron para producir leña y postes para diferentes usos.

Para producir derivados a partir de los residuos del aprovechamiento, no se requiere mano de obra calificada, como en el caso de la tala. Por lo tanto, se puede contratar temporalmente a campesinos locales, familiarizándolos con este tipo de trabajo y generando una fuente de empleo para ellos. En Villa Mills, el aprovechamiento de los residuos se realizó entre el troceo y el arrastre; los productos se apilaron en la orilla de las pistas de arrastre o del camino forestal (Fig. 7) y se cargaron y sacaron antes de que comenzaran las actividades del arrastre, para tener el bosque libre de ramas ("limpio") para el arrastre de las tucas.

La labor permitió generar beneficios directos tanto para el bosque como para la comunidad. La venta de los productos elaborados constituye un ingreso adicional en el contexto del manejo forestal. A continuación se presentan los datos promedio por tratamiento para esta actividad.

Cuadro 18. Productividad en la elaboración de productos secundarios del bosque en el aprovechamiento forestal de Villa Mills.

Intensidad del tratamiento	Leña (metros estéreos)	Postes (n/ha)
Silvicultura cuantitativa 20%	166.1	363
Silvicultura cuantitativa 30%	153.3	669
Silvicultura cualitativa 27%	115.6	202

Los datos de productividad para el aprovechamiento de los residuos forestales fueron analizados para el tratamiento del 30% para los indicadores financieros (tratamiento y manejo).

- Beneficios para el bosque

El aprovechamiento de los residuos previo al arrastre deja el bosque despejado de obstáculos, por lo que esta actividad se realiza con mejor visibilidad y más facilidades de desplazamiento. Por otra parte, se incrementan las condiciones favorables para el establecimiento y desarrollo de la regeneración natural y se evitan daños por efecto de la barrida de las ramas y copas de árboles que de otra forma quedan en el bosque.



- Beneficios para la comunidad

A los campesinos de las comunidades aledañas al bosque, se les dio la oportunidad de trabajar en el aprovechamiento para involucrarlos en actividades enmarcadas en el concepto de manejo forestal sostenible y diversificado; los postes se les pagaron por unidad, y la leña, por metro estéreo. Estos ingresos, más los de otras actividades relacionadas con el área de manejo, significaron una suma considerable para la comunidad de Villa Mills: alrededor de US \$8.600 (Sáenz 1996).

Desempeño financiero de las actividades en Villa Mills

El análisis financiero de las actividades descritas se hizo con base en los datos del estudio en Villa Mills y los de un estudio de rentabilidad de manejo forestal realizado en la finca Tirimbina (Quirós y Gómez 1998); los resultados se presentan en el Cuadro 19. Se propuso realizar los tratamientos sobre un área anual de 9 ha, para dejar un periodo entre tratamientos de por lo menos 30 años. Los costos de planificación, impuestos y regencia se tomaron de Quirós y Gómez (1998), aunque en Villa Mills no se hicieron esos pagos, porque la actividad estaba exonerada de impuestos y se contaba con el apoyo técnico de los ingenieros forestales del CATIE. En el cuadro 20 los indicadores financieros para las actividades de manejo para el primer periodo de 10 años son muy rentables: con base en los datos del tratamiento con una intensidad del 30%, resultan en un VAN (5%)² de 219,601 US\$ y un B/C (5%) de 3,02. Además, los ingresos netos anuales son positivos (US\$ 34,726), aunque hay que esperar hasta el segundo año, cuando ya han sido pagados todos los gastos de planificación y red vial, para disfrutar de los beneficios.

El análisis no considera la presencia casi permanente de un equipo técnico en el lugar ni los costos anuales de mantenimiento de la infraestructura para las actividades de investigación, enseñanza, capacitación y ecoturismo, así como los costos de operación de estas actividades. Estos costos se estiman en un total de US\$ 55,848 por año (Louman *et al.* 1998) más los aproximadamente US\$ 44,300 invertidos en una casa existente. Esto significa que, aunque las actividades de manejo expuestas son muy lucrativas y brindan una ayuda importante para el mantenimiento del área de investigación y demostración, no son suficientes para cubrir todos los gastos de operación y reinversión previstos para el área, para los que se requieren ingresos de otras fuentes. Sin embargo, como el objetivo de este trabajo tiene que ver con la rentabilidad del aprovechamiento como un tratamiento silvicultural en el bosque montano, no era necesario considerar las otras actividades.

También se realizó un análisis de sensibilidad con respecto a la tasa de interés empleada, el volumen de productos cosechado y el costo del arrastre, ya que este último resultó muy bajo con relación a otros estudios realizados en Costa Rica (por ejemplo, Quirós y Gómez 1998); los resultados se presentan en el Cuadro 21.

² En términos de tasa real, excluyendo los efectos de la inflación y las tasas de cambio monetario.

Los datos del Cuadro 21 indican que la producción en el punto de equilibrio puede bajarse hasta 20, 25 y 42.5% aplicando las tasas de interés de 5, 10 y 15% respectivamente. Aún si la productividad del arrastre bajaría, hasta costar 15 US\$/m³, como fue reportado por Quirós y Gómez (1998) en un bosque de bajura, el manejo sería altamente rentable.

Cuadro 19. Costos e ingresos de las operaciones silviculturales realizadas en Villa Mills sobre un área de 9 ha y con un tratamiento de 30% de intensidad¹.

ITEM	Cantidad		Area		Valor unitario		Total (US\$)	Año
	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Monto	Unidad		
COSTOS								
<i>Fijos (del manejo)</i>								
Planificación, inventario de planificación, plan de manejo			325	ha	48.86	US\$/ha ⁽²⁾	15,879	Inicio
Construcción del camino	1280	m			37.60	US\$/m ⁽³⁾	48,128	Inicio
Mantenimiento del camino	1280	m			0.13	US\$/m ⁽³⁾	166	Anual
<i>Fijos (del tratamiento)</i>								
Pistas (construcción)	116	(m/ha)	9	ha	0.68	US\$/m ⁽³⁾	708	Anual
<i>Variables de tratamiento</i>								
Pistas (mantenimiento)	116	(m/ha)	9	ha	0.04	US\$/m ⁽³⁾	43	Anual
Tala (mano de obra, motosierra)	62.7	(m ³ /ha)	9	ha	1.77	US\$/m ³ ⁽⁴⁾	999	Anual
Arrastre (maquinaria)	62.7	(m ³ /ha)	9	ha	4.46	US\$/m ³ ⁽⁵⁾	2,517	Anual
Arrastre (mano de obra)	62.7	(m ³ /ha)	9	ha	0.58	US\$/m ³ ⁽⁶⁾	327	Anual
Impuestos	62.7	(m ³ /ha)	9	ha	0.94	US\$/m ³ ⁽²⁾	531	Anual
Regencia	62.7	(m ³ /ha)	9	ha	0.88	US\$/m ³ ⁽²⁾	497	Anual
<i>Subtotal variables</i>							4,915	
INGRESOS⁽⁷⁾								
<i>Del manejo:</i>								
Productos sobre el trazado del camino	1280	m			8.53	US\$/m	10,918	Inicio
Ecoturismo	1280	m			0.59	US\$/m	755	Anual
<i>Del tratamiento⁽⁸⁾</i>								
Madera	62,7	m ³ /ha	9	ha	57.18	US\$/m ³	32,267	Anual
Leña	153.3	(m estéreo)	9	ha	3.05	US\$/m est.	4,208	Anual
Postes	669	Postes/ha	9	ha	0.64	US\$/poste	3,853	Anual
<i>Subtotal tratamiento</i>							40,328	

¹ Datos actualizados al año 2000 con base en la inflación en EE.UU según Friedman

² Fuente: Quirós y Gómez 1998, datos presentados para el año 1997.

³ Fuente: Cuadro 6

⁴ Fuente: Cuadro 12

⁵ Fuente: Cuadro 14

⁶ Fuente: Cuadro 15

⁷ Fuente: Cuadro 7

⁸ Puesto en patio o cargadero



Cuadro 20. Indicadores financieros del tratamiento (anual) y el manejo (10 años) utilizando los costos e ingresos del Cuadro 19.

Indicadores financieros		
<i>Tratamiento</i>		
Margen bruto	US\$/año	35,413
Ingreso neto	US\$/año	34,705
Relación ingreso/costo		7.2
<i>Manejo</i>		
Van (5%, 10 años)	US\$	219,601
B/C (5%, 10 años)		3,02
TIR		66%

Cuadro 21. VAN, B/C y TIR de análisis de sensibilidad para tasa de interés real, el volumen de productos aprovechados y los costos de arrastre para los datos del Cuadro 19.

Variable nueva	Indicador	Tasa de interés (%)			TIR (%)
		5	10	25	
Datos originales	VAN	219,601	163,904	73,003	66
	B/C	3.02	2.65	1.86	
Arrastre a 15 \$/m ³ *	VAN	173,645	127,335	51,753	55
	B/C	2.12	1.94	1.49	
20% producción	VAN	454	-10,482	-28,330	5
	B/C	1.01	0.86	0.60	
25% producción	VAN	14,150	417	-21,997	10
	B/C	1.18	1.01	0.69	
42.5% producción	VAN	62,089	38,564	170	25
	B/C	1.71	1.47	1.00	

* Fuente: Datos de arrastre de Quirós y Gómez (1998) y los datos del Cuadro 19.

Si se acepta un retorno mínimo a la inversión del 5% y se mantiene la estructura de costos presentada en el Cuadro 19, se necesitaría producir un mínimo de 12.5 m³/ha de madera en rollo, 31 m estéreos de leña y 134 postes (20% de la producción actual bajo el tratamiento analizado) para que la propuesta fuera rentable. Sin leña ni postes, la producción mínima aceptable sería de 16.4 m³/ha.

Los datos del Cuadro 22 indican como cambian los valores de los indicadores financieros a corto plazo. Estos cálculos son académicos, sin embargo, por que reducir la producción significa aplicar otro tratamiento. El Cuadro 23 muestra que en este caso también los costos cambian relativamente lo que afectaría todos los indicadores financieros.



Cuadro 22. Margen Bruto (MB), Ingreso Neto (IN) y relación Ingreso-Costo (I/C) de análisis de sensibilidad para el volumen de productos aprovechados y los costos de arrastre para los datos del Cuadro 19.

Variable nueva	Indicador		
	MB	IN	I/C
Datos originales	35,433	34,726	7.2
Arrastre a 15 \$/m ³ *	29,482	28,774	3.5
20% producción	7,052	6,345	4.7
25% producción	8,826	8,119	5.1
42.5% producción	15,035	14,327	6.1

* Fuente: Datos de arrastre de Quirós y Gómez (1998) y los datos del Cuadro 19.

En el Cuadro 23 se muestran los indicadores financieros VAN(5%), B/C(5%) y TIR para los tres tratamientos después de ajustar los costos de tala y arrastre según los datos de productividad encontrados durante el estudio. Se puede ver como estos costos afectan los indicadores financieros, dando como resultado una diferencia en el valor de los ingresos por la producción debido al área de aprovechamiento. Se aprecia que, desde el punto de vista financiero, el tratamiento del 30% es el mejor, aunque los otros también son muy atractivos. Los datos para el tratamiento de 27% muestran un menor desempeño, debido al área de producción mucho menor, por lo cual los costos fijos y de manejo pesan más. Además el costo de arrastre fue mayor, posiblemente debido al uso de maquinaria inadecuada (estado de la maquinaria y condiciones del terreno).

Cuadro 23. Indicadores financieros para los tres tratamientos, aplicando una tasa de actualización del 5%.

Indicador	Tratamiento		
	20%	30%	27.3%
Area actual (ha)	9.6	9.2	4.55
VAN (US\$)	183,043	225,560	47,455
B/C	2.7	3.1	1.5
TIR	57%	68%	21%
MB	30,746	36,221	12,790
IN	29,991	35,497	12,432
I/C	6.8	7.2	5.2



Discusión general

En esta sección se pretende responder algunos interrogantes acerca de si se deben aplicar tratamientos para mejorar el vigor y la sanidad en el bosque montano y qué intensidad deben tener los mismos.

El camino

Para utilizar un sistema de manejo parecido al que se aplicó en Villa Mills se debe contar con un buen acceso al bosque; por eso en el área experimental se construyó un camino principal de muy buena calidad. Por lo general, los estudiantes y técnicos forestales que visitaron la zona consideraban que construir un camino como ese implica un gasto demasiado alto para el tipo de operación propuesta. Pero este estudio demuestra que el costo de esa inversión inicial resultó justificado por la alta productividad por hectárea tanto de madera como de leña y de postes. Por lo tanto, el costo del camino se podrá recuperar en pocos años si se aplican los mismos tratamientos. La gran ventaja de un buen camino es que facilita el acceso durante todo el año, lo que favorece la realización de otras actividades, como investigación, capacitación y educación, cuyos beneficios no se pueden expresar fácilmente en términos financieros.

Por otra parte, si se cuenta con una infraestructura planificada y permanente, cuando se realicen otras intervenciones, el área impactada por los caminos y pistas de arrastre no aumentará, mientras que con las técnicas tradicionales, cada intervención exige un nuevo diseño de vías.

La tala

La productividad de la tala ($m^3/hora$) aumentó con una disminución de la intensidad del tratamiento, aunque siempre quedó por debajo de la productividad teórica para bosques tropicales (Anaya y Christiansen 1986), posiblemente debido al menor tamaño promedio de los árboles talados en Villa Mills y a un mayor cuidado en la aplicación de la tala.

En este nivel de operaciones, las variaciones en el costo de la tala tienen pocos efectos sobre la rentabilidad, pues significan sólo un 4% de los ingresos brutos anuales generados.

Se recomienda seguir los lineamientos de la tala dirigida porque:

1. Mantiene los daños a niveles muy aceptables: menos del 10% del área basal remanente, lo que es inferior al área basal removida por el tratamiento y muy inferior a los niveles de daño encontrados en bosques tropicales con aprovechamientos de menor intensidad.



2. No afecta el comportamiento del bosque en lo que tiene que ver con las funciones hidrológicas (Stadtmüller 1994).
3. Es más seguro para el personal involucrado en las operaciones.
4. Disminuye el riesgo de perder madera aprovechable por quebraduras en los fustes talados.
5. No afecta en forma significativa el desempeño financiero de las operaciones.

Los resultados mostraron mayor productividad y menor nivel de daños para el tratamiento con un 20% de intensidad, pero estas diferencias no fueron confirmadas estadísticamente.

El arrastre

La productividad del arrastre fue entre un 12.5 y un 25% inferior a la productividad teórica, a pesar de que hubo una buena planificación y una estricta supervisión de las operaciones. Por otra parte, el costo por metro cúbico fue inferior al reportado para operaciones en bosques de bajura en Costa Rica (Quirós y Gómez 1998). Posiblemente estos costos bajos se deban a una buena supervisión, la forma de pago (alquiler por hora trabajada) y las facilidades de acceso debidas a las condiciones del camino, las pistas de arrastre y la remoción de leña y postes previa al arrastre. Aunque estas condiciones permitieron obtener una productividad superior a la alcanzada por operaciones similares en Costa Rica, no se logró llegar a la productividad teórica, posiblemente debido al estado del equipo.

Los datos, una vez ajustados por distancia de arrastre, indican una mayor productividad para estas distancias, relativamente cortas (< 300 m), cuando se utiliza el tractor de oruga. Contrario a lo encontrado para la productividad de la tala, la productividad del arrastre con *skidder* fue superior para el tratamiento intensivo, probablemente debido a la mayor cantidad de productos por unidad de área disponible, lo que resultó en un menor tiempo de arrastre y menor costo por m³.

Desempeño financiero

En primera instancia, el análisis del desempeño financiero se hizo para el tratamiento del 30%, por ser el más atractivo en cuanto a los productos obtenidos. Luego se realizaron algunos ajustes para los otros tratamientos, con base en los datos de productividad de la tala y el arrastre. La proyección se hizo sólo para 10 años, porque es difícil proyectar costos e ingresos a más tiempo; por otra parte, se estima que el camino principal abastece un área de aprovechamiento como para unos 10 años.

Debe quedar claro que el análisis financiero se limita a las operaciones propias de los tratamientos y los beneficios derivados de ellas. El objetivo del área de investigación y demostración de Villa Mills, sin embargo, no es comercial, sino educativo y de investigación. Por lo tanto, las operaciones forestales no sólo pretendían mejorar la sa-



nidad y vitalidad del bosque sino que también tenían fines demostrativos, de investigación y de capacitación. El hecho de que resultaran muy rentables contribuyó a un mejor desempeño del área respecto a sus objetivos principales, pero no fue suficiente para financiar todas las actividades previstas.

Actualmente, no se permiten intervenciones que eliminen árboles del bosque, por lo tanto, la administración ha tenido que buscar financiamiento alternativo para reemplazar unos US\$ 35,000 de ingresos anuales potenciales.

Desde el punto de vista financiero, el tratamiento del 30% fue el que tuvo mejor desempeño, con un VAN_(5%,) de US\$ 219,601, un B/C_(5%,) de 3,02 y un TIR del 66%, pero los otros tratamientos también fueron muy rentables.

Las actividades en Villa Mills no solo tuvieron indicadores financieros positivos, sino que contribuyeron a mejorar los ingresos de la población local, pues se contrató personal y se facilitaron otras actividades económicas relacionadas con el manejo del bosque, como el hospedaje y alimentación de grupos de turistas y estudiantes.

Desempeño ecológico

Para poder recomendar la aplicación de los tratamientos realizados en Villa Mills también se deben considerar los efectos que puedan tener sobre los procesos ecológicos del bosque. En este estudio sólo se evaluaron los daños directos causados por la tala, los que fueron muy inferiores a los daños reportados por la literatura, sobre todo si se considera la intensidad del aprovechamiento. El descenso en el nivel de daño se explica por la aplicación de una tala cuidadosa, la forma de los árboles, que son más regulares que en los bosques tropicales de bajura y el que una gran parte de los árboles cortados eran más pequeños que los aprovechados normalmente en operaciones comerciales.

Algunos investigadores estudiaron otros aspectos ecológicos del manejo realizado en el área (Aus der Beek y Sáenz 1992, Camacho y Venegas *en prep.*, Stadtmüller 1994); los resultados se discuten a continuación.

En vista de que en el bosque no intervenido ya hay regeneración de las especies principales (*Quercus* spp.) (Aus der Beek y Sáenz 1992), la apertura del bosque superior debe orientarse, básicamente, a mejorar el vigor de los árboles establecidos. Un análisis preliminar de los crecimientos diamétricos antes y después de los tratamientos del 20% y el 30% de intensidad indicaron que, durante los primeros cinco años posteriores al tratamiento, se registró un efecto ligeramente positivo sobre el crecimiento de los árboles de especies comerciales, pero no hubo diferencias significativas en el crecimiento entre tratamientos ni entre clases diamétricas (Cuadro 24) (Camacho, com. pers.³).

³ MSc. Marlen Camacho, investigadora del CATIE, enero del 2001



Cuadro 24. Tasas de crecimiento por grupo de especies comerciales antes y después de los tratamientos*.

Grupo comercial	Crecimiento anterior (cm/año)	Crecimiento posterior (cm/año)
Roble	0,29	3,3
Encino	0,29	3,3
Otras especies comerciales	0,16	0,14

* Datos preliminares

MSc. Marlen Camacho, investigadora del CATIE, enero del 2001

Esta información, junto con la referente a mortalidad y reclutamiento, se utilizó para hacer una proyección de la distribución del número de árboles y volumen por clase diamétrica para un período de 30 años, con el fin de averiguar si el volumen comercial maderable extraído durante los tratamientos es aceptable (Cuadro 25). Según esta proyección, para la madera en rollo, el crecimiento volumétrico de las especies comerciales será superior a la cosecha (62,7 m³/ha en el tratamiento más intensivo). Como casi toda la leña y los postes se extrajeron de ramas desechadas, madera muerta y madera no aprovechable para aserrar, cabe suponer que si la madera aprovechada es reemplazada por el crecimiento, con más razón lo serán las cantidades de leña y postes.

Desde el punto de vista silvicultural, la ventaja en crecimiento debido a los tratamientos es pequeña, no importa cuál de los tratamientos evaluados se aplique.

También se debe considerar el efecto que pueden tener las aperturas grandes sobre la composición florística del sotobosque. Aus der Beek y Sáenz (1992) indican que los bambúes *Chusquea* spp. predominan en los claros, a expensas de la regeneración de otras especies. Estas consideraciones favorecen los tratamientos menos fuertes.

En cuanto al efecto de las actividades de manejo sobre las funciones hidrológicas, con base en una revisión de literatura, Stadtmüller (1994) concluye que un aprovechamiento aplicado en forma cuidadosa tiene efectos mínimos y temporales, siempre que los daños a la vegetación sean reducidos y se construyan caminos y pistas de arrastre de buena calidad, como en este caso. En un estudio sobre producción y valoración económica del componente hídrico, Turcios (1995) no encontró diferencias significativas entre los tratamientos 20%, 30% y bosque no intervenido en cuanto a las variables hídricas, agua que llega al suelo, intercepción de la lluvia y tasa de infiltración básica. Respecto a los balances hídricos en cada uno de estos tratamientos, los resultados encontrados por este autor muestran que no ocurre escorrentía superficial y que la recarga potencial del acuífero fue superior en los tratamientos con intervención en



comparación con el bosque no intervenido. Según los resultados de este estudio, se puede decir que las intervenciones realizadas incidieron positivamente sobre la producción hídrica.

Cuadro 25. Proyección a treinta años de la distribución diamétrica de volumen y el número de árboles a partir de los datos preliminares de crecimiento en los cinco años posteriores al tratamiento (1993-1998), para el 20% y el 30% del área basal*.

Tratamiento 20%	1998 Número	Volumen (m ³ /ha)	2028 Número	Volumen (m ³ /ha)	Crecimiento volumen (m ³)
10-19.9	143	17.6	171	21.6	
20-29.9	48	19.2	87	36.6	
30-39.9	24	12.0	45	23.2	
40-49.9	14	13.5	25	24.9	
50-59.9	14	24.2	10	18.7	
60-69.9	12	33.0	7	19.7	
70-79.9	6	21.1	8	30.0	
80-89.9	5	26.0	8	33.9	
90-99.9	4	17.1	4	19.2	
100+	22.0	6	52.0		
Totales	270	205.7	370	279.8 por año:	74.1 2.5
Tratamiento 30%	1998 Número	Volumen (m ³ /ha)	2028 Número	Volumen (m ³ /ha)	Crecimiento volumen (m ³)
10-19.9	118	14.5	150	18.5	
20-29.9	36	14.4	71	30.3	
30-39.9	23	11.9	34	17.6	
40-49.9	9	8.7	22	21.9	
50-59.9	9	15.6	11	17.5	
60-69.9	9	23.7	8	22.2	
70-79.9	9	31.4	7	26.8	
80-89.9	6	27.1	10	45.8	
90-99.9	3	12.3	7	37.8	
100+	19.4	7	53.6		
Totales	223	179.0	327	291.9 por año:	112.9 3.8

* MSc. Marlen Camacho, investigadora del CATIE, enero del 2001



Tomando en cuenta todo lo anterior, se puede afirmar que los tratamientos propuestos por los responsables del manejo en Villa Mills son particularmente favorables desde el punto de vista financiero y resultan necesarios para financiar otras actividades realizadas en el área. Mediante una buena planificación de las actividades de manejo, se pudo reducir el daño a la vegetación remanente, mientras que la productividad se mantuvo similar a la reportada para otros sitios en los trópicos. Además, se logró obtener un pequeño aumento en el crecimiento de los árboles comerciales durante los primeros cinco años posteriores al tratamiento.



Conclusiones

- La planificación y construcción de la red vial en Villa Mills tuvo un costo similar al que reportan otros estudios para caminos de la misma calidad en países tropicales.
- La inversión inicial en la red vial es bastante fuerte, pero aún en la pequeña escala del estudio, resulta económicamente factible, pues una producción de madera superior a los 16.4 m³/ha, o 12.5 m³/ha de madera más 31 metros estéreos de leña y 134 postes por año, en nueve hectáreas, logra amortizarla en 10 años. Y la producción puede ser muy superior, de hasta 50 m³/ha. Además, el camino brinda beneficios ecológicos importantes, porque reduce el impacto sobre el rodal remanente, y permite o facilita usos alternativos compatibles con el manejo propuesto, como producción de agua, ecoturismo, investigación, recreación, etc.
- La posibilidad de cosechar leña y postes al mismo tiempo que se extrae la madera aumenta el atractivo financiero de la operación.
- Los tratamientos y la extracción de productos forestales permitieron financiar otras actividades relacionadas con los objetivos del área experimental, aunque no fueron suficientes para pagarlo todo. Pero si hubiesen sido las únicas actividades del área, hubieran resultado muy rentables.
- Aunque la productividad de la tala y el arrastre fue "normal" y superior a la reportada por Quirós y Gómez (1998) en bosques tropicales de bajura, resultó inferior a la esperada para el equipo utilizado. Esto se debe, en parte, a las condiciones deficientes del equipo, una situación bastante común en las operaciones forestales en Costa Rica.
- Utilizar cables y desramar árboles en pie para asegurar la dirección de caída resulta muy costoso, por lo tanto, es preferible no talar los árboles que requieran estas operaciones.
- Para las distancias de arrastre inferiores a los 300 m (promedio), el tractor de oruga resultó más productivo que el *skidder*.
- La modalidad de alquiler del equipo y la calidad en la supervisión de las operaciones influyen en la productividad del mismo.
- La aplicación de técnicas adecuadas de tala dirigida como parte de la capacitación de los obreros forestales garantiza un aprovechamiento con un mínimo de daños tanto a la masa residual como a los árboles por talar. Los daños a los árboles remanentes, en términos de porcentaje del área basal, fueron muy inferiores a los reportados por otros estudios en bosques de bajura, con intensidades de aprovechamiento menores y usando tala dirigida.



-
- En Villa Mills, el aumento en la intensidad del tratamiento resultó en un aumento en los daños proporcionalmente menor, porque el aumento en intensidad significó cortar más árboles pequeños y medianos.
 - La actividad forestal puede tener un importante rol social, pues genera trabajo para las poblaciones campesinas y les permite mejorar su ingreso.
 - Las condiciones del bosque después de la intervención le permitirán recuperarse en un plazo razonable (30 años), lo que implica un manejo policíclico de buena calidad económica, ecológica y social.



Bibliografía

- Anaya, H.; P. Christiansen. 1986. Aprovechamiento forestal, análisis de apeo y transporte. IICA. 246 p.
- Aus der Beek R.; G. Sáenz. 1992. Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: Estudio de caso en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico no. 200. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales. Publicación no. 6. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 48 p.
- Barreto, P.; P. Amaral; E. Vidal; C. Uhl. 1998. Costs and benefits of forest management for timber production in eastern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 108 : 9 -26.
- Bruenig, E.F. 1996. Conservation and management of tropical rainforests. An integrated approach to sustainability. CAB International, Wallingford, Reino Unido. 339 p.
- Blaser, J.; M. Camacho. 1991. Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque de robles (*Quercus* spp.) del piso montano en Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico no. 185. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales. Publicación no. 1. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 68 p.
- Cameron, A.L.; T. Vigus. 1993. Regeneration and growth of the moist tropical forest in Papua New Guinea and the implications for future harvest. Report 2. Post harvest condition of representative forest areas in Papua New Guinea and the implication for future harvest. 15 p. CSIRO, Division of Wildlife and Ecology, Canberra, Australia.
- Caprez, G; Stephani, P. 1984. Forstwirtschaftliche zentralstelle der Schweiz. Die Holzernte. Friedrich Reinhardt Verlag, Basel, Suiza. 424 p.
- CNCF (Comisión Nacional de Certificación Forestal). 1999. Estándares y procedimientos para el manejo sostenible y la certificación forestal en Costa Rica. MINAE/CATIE, Turrialba, Costa Rica. 54 p.
- Dawkins, H.C.; M.S. Philip. 1998. Tropical moist forest silviculture and management. A history of success and failure. CAB International, Wallingford, Reino Unido. 359 p.
- D'Oliveira, M.V.N.; E.M. Braz. 1995. Reduction of damage to tropical moist forest through planned harvesting. *Commonwealth Forestry Review* 74 (3) 1995: 208-210.



-
- Dykstra, D. 1993. Enseñanza sobre métodos de explotación maderera ecológicamente aceptable en las escuelas forestales de nivel profesional y de nivel técnico de la Región Asia-Pacífico. En: Enseñanza Forestal: nuevas tendencias y perspectivas. FAO, Estudio de montes N° 123: 164-180.
- Dykstra, D.; R. Heinrich. 1992. Sostenimiento de los bosques tropicales mediante sistemas de explotación ecológicamente adecuados. UNASYLVA, 169 (43):9-15.
- Dykstra, D.; R. Heinrich. 1996. FAO model code of harvesting practice. FAO, Roma 117 p.
- FAO.1974. La explotación maderera y el transporte de trozas en el monte alto tropical. Manual sobre producción de costos. Cuadernos de fomento forestal N° 18. FAO, Roma. 99 p.
- FAO. 1997. Environmentally sound forest harvesting. Testing the applicability of the FAO Model Code in the Amazon in Brazil. FAO Forest harvesting case-study N° 8. FAO, Roma. 78 p.
- Finne, B. 1988. Introduction to time and work studies in wood harvesting. FAO, Rome.
- Friedman, S.M. 2000. The inflation calculator. www.westegg.com/inflation.
- Gerwing, J.J.; J.S.Johns; E. Vidal. 1996. Reducción de deshechos en la extracción y elaboración de la madera: la conservación del bosque en la Amazonía oriental. UNASYLVA 187 (47) 1996: 17-25.
- Gullison, R.E.; J.J. Hardner. 1993. The effects of road design and harvest intensity on forest damage caused by selective logging: empirical results and a simulation model from the Bosque Chimanes, Bolivia. Forest Ecology and Management 59: 1-14.
- Henderson, J. 1990. Damage controlled logging in managed tropical rain forest in Suriname. Wageningen Agricultural University, Wageningen, Holanda. 204 p.
- Heinrich, R. 1983. Forest road- net planning and wood harvesting. Logging and transport in steep terrain. En: FAO forestry paper N°14 rev 1. 55-66 p.
- Holdridge, L.R. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Traducción de la 1ª edición inglesa por Humberto Jiménez Saa. San José, Costa Rica. IICA 216 p.
- Johns, J.S.; P. Barreto; C. Uhl. 1996. Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon. Forest Ecology and Management 89: 59-77.
- Koppelman, R.1990. Damage caused by selective logging in a neotropical rainforest. Tesis Mag. Sc. Wageningen, The Netherlands, Wageningen Agricultural University. 58 p.



- Louman, B.; L. Quirós; G. Sáenz; G. Venegas. 1998. Plan estratégico área de investigación y demostración Villa Mills 1998-2003. CATIE-UMBN/MINAE-ACLAP, Turrialba, Costa Rica. 55 p.
- Maini, J.S. 1992. Desarrollo sostenible de los bosques. *Unasyuva* 43 (169): 3-8.
- Obando, G. 1997. Evaluación del desempeño de un diseño de vías de transporte menor asistido por computadora para el aprovechamiento selectivo de guácimo (*Goethalsia meiantha*) en un bosque húmedo tropical de tierras bajas ubicado en Sarapiquí, Costa Rica. Tesis de Maestría, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 105 p.
- Pedroni, L. 1990a. Propuesta de investigación, estudio de la reacción de un bosque de altura sometido a dos tipos de intervención silvicultural. Turrialba, Costa Rica. Informe técnico interno, Proyecto CATIE/COSUDE/PROSIBONA. 30 p.
- Pedroni, L. 1990b. Proyecto para la construcción de un camino forestal en el Area Piloto de Villa Mills-Siberia. Turrialba, Costa Rica. Informe técnico interno. Proyecto CATIE/COSUDE/PROSIBONA. 25 p.
- Poore, D. 1989. No timber without Trees. Earthscan, London. 252 p.
- Camacho, M; Aus der Beek, R; Sáenz, G. 1993. Estudio de la reacción de un bosque de altura sometido a tratamiento silvicultural. Propuesta de investigación proyecto CATIE/COSUDE/PROSIBONA. 10 p.
- Putz, F.E.; D.P. Dykstra; R. Heinrich. 2000. Why poor logging practices persist in the tropics. *Conservation Biology* 14 (4): 951-956.
- Quevedo, R.C. 1997. Evaluación financiera de la planificación para el aprovechamiento forestal en Santa Cruz, Bolivia. Tesis MSc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 81 p.
- Quirós, D.; M. Gómez. 1998. Manejo sustentable de un bosque primario intervenido en la Zona Atlántica Norte de Costa Rica. Análisis financiero. CATIE. Serie Técnica, Informe Técnico no. 303. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales. no. 13. 22 p.
- Reiche, C. (ed.). 1989. Manual para la determinación de rendimientos y costos de faenas de productos de los sistemas de árboles de uso múltiple. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 62 p.
- Rodríguez, H. 1996. Rendimiento e impactos de las intervenciones silviculturales en un bosque nuboso: Estudio caso Villa Mills, Talamanca, Costa Rica. Tesis MSc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 146 p.
- Sáenz, G. 1996. La comunidad campesina en el marco del manejo de los robledales, algunas experiencias del Proyecto PROSIBONA. Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales. CATIE. 8 p.



Sarre, A. 1995. Explotación, degradación y rehabilitación de los bosques. Actualidad forestal tropical. OIMT.Vol.3: (1). p. 3-5.

Sedlak, O. 1978. Mountain forest roads and harvesting. General principles for the planning of a forest road network. FAO forestry papers N° 14. 33- 51 p.

Sessions, J.; R. Heinrich. 1993. Chapter 20. Forest roads in the tropics. En: Pancell, L. (ed). Tropical forestry handbook, Vol II. Springer Verlag, Berlin. pp 1269-1324.

Stadtmüller, T. 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales: medidas para mitigarlo. Serie Técnica, Informe Técnico no. 246. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales. Publicación no. 10. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 62 p.

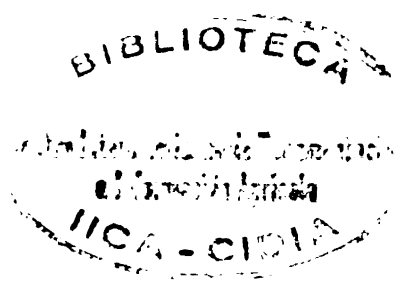
Tanner, H. 1996. Tala dirigida con motosierra en bosques tropicales. CATIE/COSUDE/PROSIBONA. 165 p.

Turcios, W.C. 1995. Producción y valoración económica del componente hídrico y forestal de los robledales de altura bajo intervenciones silviculturales. Tesis MSc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 97 p.

Uhl,C.; Gimaraes, I.C.1989. Ecological impact of selective logging in the Brazilian Amazon: A case study from the Paragominas region of the state of Pará. Biotropica 21(2): 98-106.

Venegas, G; Tanner H. 1991. Ensayo con bueyes en la extracción de diferentes tamaños de tucas en el Área Piloto Experimental de Villa Mills. Informe técnico interno, Proyecto CATIE/COSUDE/PROSIBONA. 5 p.

Veríssimo, A.; P. Barreto; R. Tarifa; C. Uhl. 1995. Extraction of a high value natural resource in Amazonia: the case of mahogany. Forest Ecology and Management 72: 39-60.





Anexo 1

Listado de especies

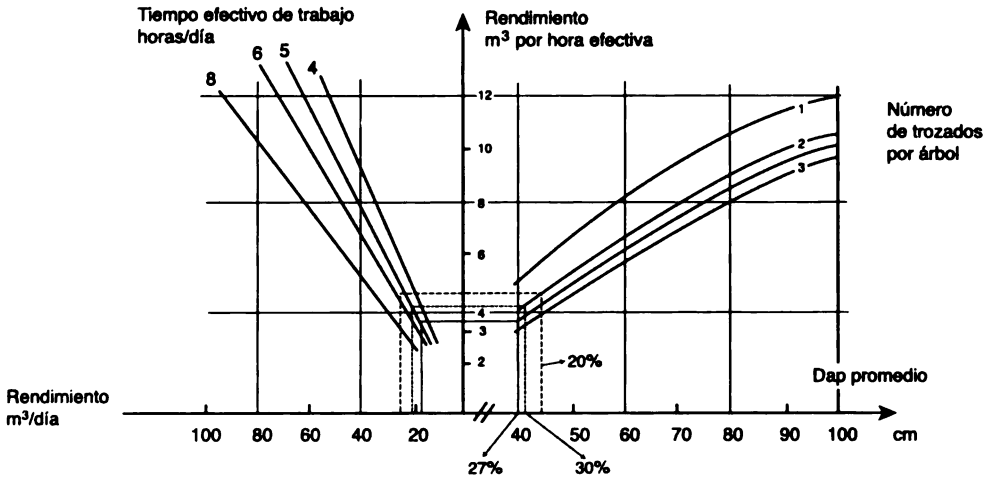
Nombre científico	Nombre común	GC*
<i>Quercus copeyensis</i> C.H.Müller	roble	1
<i>Quercus costaricensis</i> Liebm.	encino	1
<i>Weinmannia pinnata</i> L.	arrayán	1
<i>Podocarpus macrostachyus</i> Parl.	cipresillo	1
<i>Drimys granadensis</i> L.f.	chilemuela	1
<i>Ocotea austinii</i> C.K.Allen.	ira rosa	1
<i>Prunus cornifolia</i> Koehne.	limoncillo	1
<i>Prumnopitys standleyi</i> (Buchholz & N.Gray) de Laub.	lorito	1
<i>Magnolia sororum</i> Siebert.	magnolia	1
<i>Schefflera pittieri</i> Harms.	papayillo	1
<i>Styrax argenteus</i> Presl.	resina	1
<i>Cleyera theaeoides</i> (Swuartz) Choisy.	titora	1
<i>Aiouea</i> sp.	ira amarillo	1
<i>Clethra gelida</i> Standley.	nance	1
<i>Nectandra cufodontisii</i> (O.C.Schmid) C.K.Allen.	quizarrá	1
<i>Ocotea fulvescens</i> Standley	yema de huevo	1
<i>Hedyosmum bonplandianum</i> Kunt.	agüilla	2
<i>Clusia talamancana</i> Hammel.	azahar	2
<i>Ilex pallida</i> Standley.	azulillo	2
<i>Palicourea adusta</i> Standley.	cafecillo	2
<i>Monnina crepini</i> Chodat.	candelillo	2
<i>Symplocos serrulata</i> H.B.K.	cuerillo	2
<i>Viburnum costaricanum</i> (Oerst) Hemsl.	curá	2
<i>Cyathea gracilis</i> Griseb.	chumico	2
<i>Rhamnus oreodendron</i> L.O.Williams.	duraznillo	2
<i>Ardisia compressa</i> Kunt.	huesillo	2
<i>Zanthoxylum chiriquinum</i> Standley.	lagartillo	2
<i>Miconia pittieri</i> Cong.	lengua vaca	2
<i>Vaccinium consaguineum</i> Klotzsch.	madroño	2
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw) R.Br.exRoem & Schult.	ratoncillo	2
<i>Aegiphila odontophylla</i> Donn. Sm.	salvia	2
<i>Ardisia glanduloso-marginata</i> Oerst.	tucuico	2
<i>Miconia schnellii</i> Wurdack.	uña de gato	2
<i>Trichilia havanensis</i> Jacq.	uruca	2
<i>Solanum storkii</i> Morton & Standley.	zorrillo	2

* 1 Especies comerciales
2 Especies no comerciales



Anexo 2

Gráfica sobre el rendimiento de corte y troceo con motosierra en el bosque tropical (1 operador + 1 ayudante)



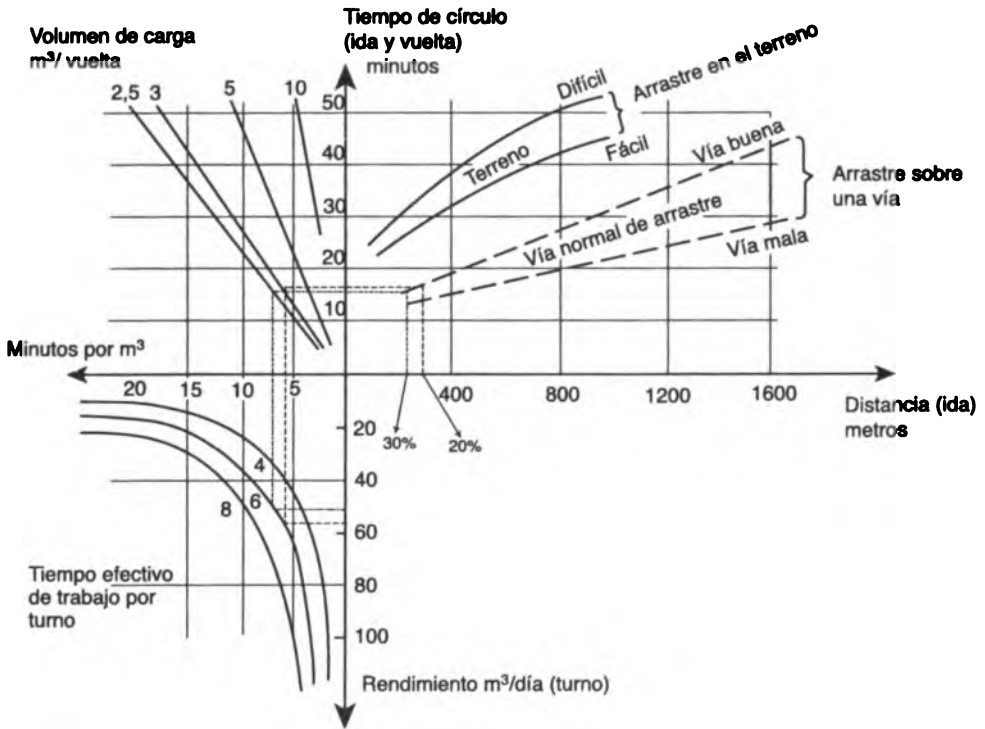
	Dap \bar{x} (cm)	Número de trozas promedio por árbol	Tiempo efectivo de trabajo/día
20%	45,3	2	5,5
30%	41,3	2	5,09
27%	39,8	2,4	4,8

Fuente: Araya y Christiansen (1986).



Anexo 3

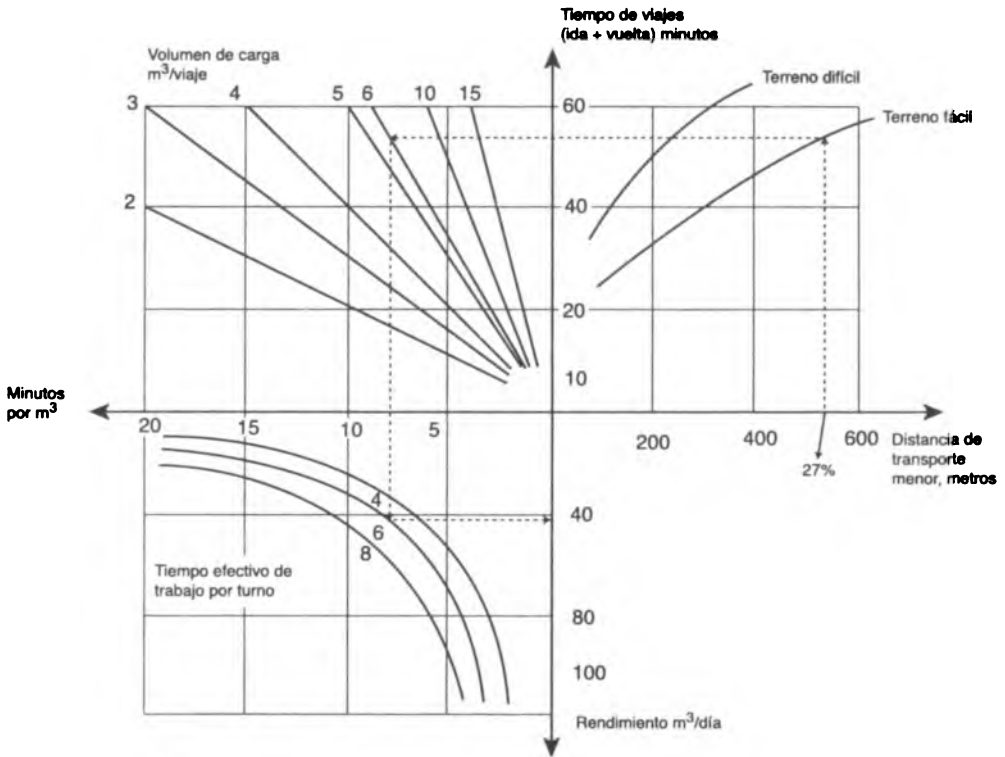
Gráfica sobre arrastre con tractor de ruedas de doble tracción y sistema articulado de dirección bajo condiciones tropicales



Fuente: Araya y Christiansen (1986).

Anexo 4

Gráfica sobre el rendimiento de arrastre con un tractor topador tipo Bulldozer bajo condiciones tropicales



Fuente: Araya y Christiansen (1986).





Títulos publicados en esta Colección

(Anteriormente llamada Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales)

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



-
- 12. Delgado, D.; Finegan, B.** Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: cambios en la riqueza y composición de la vegetación
- 13. Quirós, D.; Gómez, M.** Manejo sustentable de un bosque primario intervenido en la Zona Atlántica Norte de Costa Rica; análisis financiero
- 14. Guariguata, M.** Consideraciones ecológicas sobre la regeneración natural aplicada al manejo forestal
- 15. Segura, M.; Venegas, G.** Tablas de volumen comercial con corteza para encino, roble y otras especies del bosque pluvial montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica
- 16. Guariguata, M.** Biología de semillas y plántulas de nueve especies arbóreas comunes en bosques secundarios de bajura en Costa Rica; implicaciones para el manejo forestal basado en la regeneración natural
- 17. Romero, C.** Epífitas no vasculares comerciales de un bosque montano tropical; ecología, efectos de la tala y manejo
- 18. Campos, J.; Ortiz, R.; Smith, J.; Maldonado, T.; de Camino, T.** Almacenamiento de carbono y conservación de biodiversidad por medio de actividades forestales en el Area de Conservación Cordillera Volcánica Central, Costa Rica
- 19. Pedroni, L.; De Camino, R.** Un marco lógico para la formulación de estándares de manejo forestal sostenible
- 20. Venegas, G; Camacho M.** Efecto de un tratamiento silvicultural sobre la dinámica de un bosque secundario montano en Villa Mills, Costa Rica
- 21. Sabogal, C.; Castillo, A.; Carrera, F.; Castañeda, A.** Aprovechamiento mejorado en bosques de producción forestal; estudio de caso Los Filos, Río San Juan, Nicaragua
- 22. Sabogal, C.; Castillo, A.; Mejía, A.; Castañeda, A.** Aplicación de un tratamiento silvicultural experimental en un bosque de La Lupe, Río San Juan, Nicaragua
- 23. Venegas, G; Louman, B.** Aprovechamiento con tratamiento silvicultural de impacto reducido en un bosque montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica
-



Publicación de la Unidad de Manejo de Bosques Naturales (UMBN), editado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

Responsable técnica:	Lorena Orozco Vílchez
Edición:	Teresa Oñoro
Diagramación:	Rocío Jiménez
Fotografía de la portada:	UMBN/CATIE, Hans Tanner

Impreso en LITOCAT S.A.
Edición de 600 ejemplares.

DATE DUE

0 DEVUELTO 10.6 DIC 2006

DEVUELTO

DEVUELTO

0 2 DEVUELTO DEVUELTO

DEVUELTO



La Unidad de Manejo de Bosques Naturales (UMB) es una unidad del CATIE, organizada para promover el manejo diversificado y sostenible de los bosques naturales neotropicales.

La misión de la UMB es fomentar, promover y realizar actividades de investigación y transferencia de tecnologías apropiadas para el manejo de bosques naturales orientadas a reducir la conversión de bosques a otros usos e incrementar los sitios de bosques bajo manejo en América Tropical mediante un concepto de manejo forestal diversificado, como contribución a la conservación de la biodiversidad, y al desarrollo sostenible y equitativo en la región centroamericana

