MEMORIA DEL SIMPOSIO INTERNACIONAL

Sobre Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical

Memoria del Simposio Internacional sobre Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical

Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
15-20 de Julio de 1997

Auspiciado por:

Proyecto de Manejo Forestal Sostenible
BOLFOR
Centro para la Investigación
Forestal Internacional
CIFOR
Unión Internacional de Organizaciones de
Investigación Forestal
IUFRO

Copyright©1998 by
Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)

Las opiniones y juicios técnicos expresados en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente la opinión o políticas de la Secretaría Ejecutiva del PL480 o de USAID

Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla # 6204
Santa Cruz, Bolivia
Fax: 591-3-480854
Tel: 480766-480767
Email: bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Citación: BOLFOR; CIFOR; IUFRO. 1998. "Memorias del Simposio Internacional sobre Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical"

REVISION DE TEXTO: William Cordero, Bruno Campos, Ramiro Duchén, Daniel Nash
DISEÑO/DIAGRAMACION: Delicia Gutiérrez

Para la reproducción íntegra o en parte de esta publicación se debe solicitar autorización al Proyecto BOLFOR, IUFRO, CIFOR.

Impreso en Editora El País
Dirección: Cronembold No. 6
Teléfono 343996
Santa Cruz, Bolivia

Impreso en Bolivia - Printed in Bolivia

BOLFOR es un proyecto financiado por USAID y PL480 en convenio con MDSP y FONAMA

Presentación

John B. Nittler

BOLFOR

El Simposio Internacional sobre Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical se llevó a cabo con el propósito principal de brindar una oportunidad para que los países de la región intercambien experiencias y diseminen sus conocimientos en lo referente al manejo sostenible de los bosques naturales tropicales.

Dentro de este contexto y mediante las distintas presentaciones de los asistentes al evento, se fomentó el intercambio de instrumentos prácticos para la implementación del desarrollo forestal sostenible en los diferentes países, así como la identificación de áreas o temas que requieren mayor atención dentro de este mismo campo.

La realización y financiamiento del simposio fueron un esfuerzo conjunto del Proyecto de Manejo Forestal Sostenible - BOLFOR (financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional - USAID, en convenio con el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente del Gobierno de Bolivia), el Centro para la Investigación Forestal Internacional - CIFOR, Indonesia y la División 1: Silvicultura y División 3: Técnicas y Aprovechamiento Forestal de la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal - IUFRO.

Ciento setenta personas, provenientes de dieciocho países, asistieron al evento. Alrededor del cincuenta por ciento de éstas representando a Bolivia, cuarenta y cinco por ciento a otros países americanos y el cinco por ciento restante a otros países del mundo.

El simposio constituye, sin duda, un hito en cuanto a la investigación forestal tropical se refiere, ya que, tal como se expresa en la Declaración de Santa Cruz sobre Manejo Forestal Sostenible emitida como corolario del evento, los participantes representan, en conjunto, aproximadamente 2975 años de experiencia acumulada en materia de utilización, investigación y manejo de bosques tropicales. Sólo se puede esperar que esta experiencia compartida se traduzca en acciones concretas encaminadas al manejo forestal sostenible de los recursos forestales en el trópico americano, con los correspondientes impactos benéficos en los ámbitos ecológico, social y económico de cada país.

La variedad de temas tratados en el Simposio, desde legislación eficiente hasta la importancia de la ingeniería forestal, pasando por aspectos ecológicos y económicos, refleja lo complejo que puede ser el manejo; además de la gran cantidad de información disponible para llevar adelante el uso sostenible de los bosques tropicales.

C

Finalmente, cabe señalar que en lo que respecta a la elaboración del presente documento, el trabajo editorial se enfocó exclusivamente en la corrección de la forma de las ponencias, el estilo, redacción, tipo y calidad de la información es propio de cada uno de los autores.

Discurso de Bienvenida

Jacob L. Whitmore

IUFRO

Es un gran honor y placer estar en Santa Cruz con ustedes, y darles esta bienvenida a nombre de IUFRO. Uno de los objetivos principales de IUFRO es auspiciar conferencias como estas. Para algunos de ustedes que participan por primera vez, permítanme referirles algunos datos sobre nuestra organización.

IUFRO, es decir la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal, fue fundada en Europa en 1892. Hoy en día, tiene miembros en más de 100 países, representado a unos 15.000 investigadores forestales, algunos de los cuales están presentes. IUFRO emplea cuatro idiomas oficiales, siendo uno de ellos el Español.

IUFRO comprende ocho divisiones temáticas y dos de ellas están representadas en este simposio. La División 3 cubre el tema de Técnicas y Aprovechamiento Forestal, y su Coordinador, el Dr. Dennis Dykstra está entre nosotros. El Dr. Dykstra trabaja en Indonesia en el CIFOR, organización que es a la vez co-auspiciador de este evento. Otro representante de la División 3 es el Ing. William Cordero, quien es uno de los suplentes del Coordinador y también organizador de esta reunión. El trabaja en Santa Cruz con el auspiciador principal de este simposio, el Proyecto BOLFOR.

La otra División de IUFRO que co-auspicia este evento es la División 1, la cual se especializa en Silvicultura y me honro de ser el Coordinador de esta división. Para aquellas personas cuya especialidad no es la silvicultura, diré que este campo es la ecología forestal aplicada, con la meta de renovar el bosque con regeneración intensiva o extensiva.

El programa Especial para Países en Desarrollo es otra parte de IUFRO que está apoyando esta reunión. El Dr. Wade Bowers, quien ha viajado desde Austria para estar con nosotros, es uno de los representantes de este programa.

El tema de este simposio, "Manejo Forestal Sostenible en América Tropical", es uno de los más importantes en el campo forestal. El reto de manejar los bosques tropicales en forma sostenible es complejo y enorme. Sin embargo, hemos visto bastante avance durante los últimos treinta años y tenemos razón de sentir optimismo por el futuro forestal topical. Si bien muchos países aún cuentan con una oferta maderable significativa, existe el potencial de que los bosques productores se conviertan en desiertos biológicos por el mal manejo.

El éxito del manejo sostenible tiene que basarse tanto en el desarrollo de la tecnología como en las políticas. Los forestales muchas veces nos concentramos demasiado en la tecnología y perdemos la batalla políticamente. Esto debe cambiar para lograr la excelencia tecnológica y política, con el fin de obtener un manejo forestal exitoso.

Además, la tecnología del Siglo XX no será suficiente para el Siglo XXI. La tecnología actual va a servir de base, pero tenemos que construir sobre esa base nuevas técnicas ¿Por qué?. Porque las metas del manejo están cambiando y el bosque también está cambiando. Vemos que el bosque modificado no se comporta como el bosque primario. También veremos más sitios degradados en el futuro y es nuestra responsabilidad poder renovar y restaurar sitios alterados. Ha habido poca investigación y práctica en este campo, pero según estudios recientes, parece posible el éxito en mejorar la productividad y/o biodiversidad de sitios arruinados.

Admiro mucho el trabajo hecho aquí en Bolivia por BOLFOR y otros. Los bolivianos son líderes desde hace años en cuanto a desarrollar y aplicar métodos apropiados de manejo. También en Brasil y en otros países de la región, como en Perú, hay proyectos formidables en cuanto al manejo de recursos forestales. Forzosamente, estos países claves tienen que mostrar al mundo un manejo exitoso. Durante estos próximos días, vamos a debatir sobre las técnicas más avanzadas de manejo y el mundo tropical espera de nosotros un avance en la conservación forestal.

Por parte de IUFRO, les felicito y espero poder conversar en detalle con ustedes aquí en Santa Cruz.

Muchas gracias.

f

La Declaración de Santa Cruz

Se han reunido 170 participantes en el Simposio Internacional sobre Posibilidades para el Manejo Forestal Sostenible en América Tropical, en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia entre el 15 y el 20 de Julio de 1997. Estos participantes significan en conjunto alrededor de 2975 años de experiencia en utilización, investigación y manejo de bosques tropicales, representan a 18 países en los cuales se encuentran al menos el 75% de estos bosques y declaran:

- *Un aprovechamiento forestal planificado y con el menor impacto posible es el primer tratamiento silvicultural y la base para llevar adelante el manejo forestal.*
- *El involucramiento de las comunidades locales es tan indispensable para el manejo, como lo es la participación de los niveles gerenciales de una empresa en la decisión seria de ejecutar el manejo de bosques.*
- *Es indispensable divulgar resultados de las investigaciones disponibles a los responsables de ejecutar el manejo en los diferentes niveles y a la sociedad en general.*
- *La investigación y la ejecución del manejo forestal deben darse en el marco de interdisciplinariedad.*
- *La capacitación a los diferentes niveles, debe ser una actividad continua en las empresas, o comunidades dedicadas a las actividades de manejo.*
- *El trabajo en conjunto de los países latinoamericanos y un constante intercambio de experiencias harán mucho más fácil el manejo sostenible de los bosques y por lo tanto su conservación a futuro.*
- *En base al conocimiento y experiencia que hasta la fecha se tiene, se pueden iniciar actividades responsables de manejo de bosque en cualquier momento.*

Es dada en Santa Cruz de la Sierra, 18 de Julio de 1997

Indice de temas

Página

El Manejo de los Bosques Tropicales: Retos, Deficiencias y Oportunidades
Francis E. Putz 1

Aprovechamiento Ambientalmente Apropiado para Mantener los Bosques Tropicales
Rudolf Heinrich 5

Hacia un Marco Legal e Institucional Eficiente para Tutelar Eficazmente la Conservación y el Uso Sostenible de los Bosques y las Tierras Forestales
Antonio Andaluz 16

Caracterización del Bosque de Cativo (*Prioria copaifera*) en Dos Estados Sucesionales: Climax y 21 Años Post-aprovechamiento
Ricardo Linares 26

Estructura del Rodal y Distribución Espacial de Especies Arbóreas Comerciales después de la Explotación Selectiva de un Bosque Húmedo Deciduo en Venezuela
Ludwig Kammesheidt, Armando Torres-Lezama 34

Efectos del Manejo Maderero sobre la Biodiversidad Florística y la Estructura de Bosques Húmedos de Costa Rica
Ulrike Wagner 50

Efecto del Corte de Bejucos sobre la Estructura de un Bosque Boliviano: Recomendaciones y Evaluación de una Práctica Silvicultural
Diego R. Pérez Salicrup 59

Desarrollo de Criterios Silviculturales para el Manejo de *Quassia amara*, un Producto No Maderable del Bosque Tropical
Róger Villalobos, Yorleny Chang, Daniel Marmillod, Ricardo Bedoya, Lilibeth Leigue 64

Efecto del Aprovechamiento Maderero sobre la Población de Bayal, una Especie No Maderable del Bosque Petenero – Implicaciones para una Silvicultura con Fines de Producción Diversificada de este Bosque
Daniel Marmillod, Juventino Gálvez 71

Apuntes Metodológicos para el Estudio de Raíces en Plantaciones Forestales y Bosques Naturales
Eddy Alberto Morales Ríos 80

Página

La Fauna Silvestre y sus Recursos: ¿Qué sabemos y Cómo podemos Aplicarlo al Manejo Sostenible de Bosque en Bolivia?
Damián Rumiz, Lilian Painter, Robert Wallace, Daniel Guinart, José Carlos Herrera 92

Utilidad del Conocimiento Local para la Planificación del Manejo Forestal
Wendy Townsend 98

¿Será Sostenible la Producción Maderera en los Bosque de Guandal? Distrito Forestal Satinga, Colombia
Jorge Ignacio del Valle 107

Algunas Limitantes para el Manejo Forestal Sostenible
Héctor Vilchez B. 121

Opciónes de Manejo e Exploración Sostenible de Florestas Tropicales
Evaldo Muñoz Braz 126

Planes de Manejo Forestal y Necesidades de Información para el Manejo Operacional
César Sabogal 135

Pautas sobre una Metodología para Desarrollar Técnicas de Manejo Mediante Regeneración Natural del Bosque Tropical Mixto en Bolivia
Leónidas Vega 148

Mejora de la Regeneración de Especies Arbóreas en los Claros de Corta de una bosque Estacionalmente Seco en Bolivia
M.A. Pinard, R. Veizaga, S.A. Stanley 157

La Problemática Forestal en el Territorio Indígena – Reserva de la Biósfera de Pilón Lajas
Ludovic Frere 161

Aplicación de la Regencia Forestal al Manejo y Aprovechamiento del Bosque Natural: Caso de Costa Rica
Ronny R. Muñoz C. 166

Desarrollo Sostenible en la Industria de la Madera
José Dance Caballero 176

Aprovechamiento de Impacto Reducido: Convirtiendo los Resultados de la Investigación en Prácticas de Campo
Dennis P. Dykstra 183

La Compra de Madera por Adelantado: Una Nueva Visión Aplicada por FUNDECOR
Pedro Gonzáles Chaverri, Carlos Porras Salazar 190

Página

TREMA – Um Software para Planejamento da Exploracao Florestal
Ian S. Thompson 193

Reservas Extractivas de madera Caída en la Península de Osa, Costa Rica: Metodologías de Bajo Impacto para el Manejo Forestal Participativo
Manuel Alonso, Ricardo Bedoya 196

Regeneración Natural después de Cinco Años en Fajas Aprovechadas a Tala Rasa Valle del Palcazu-Perú
William Pariona Arias 206

Crecimiento de Cuatro Especies de Arboles de los Humedales Forestales del Litoral Pacífico Colombiano
Jorge Ignacio del Valle Arango 214

Parametrización de un Modelo de Simulación de Base Individual como Herramienta para el Manejo de un Bosque Tropical Venezolano
H. Ramírez Angulo, A. Torres Lezama 224

Predicción de la Respuesta de un Bosque Tropical Venezolano a Diferentes Estrategias de Manejo
Torres Lezama, H. Ramirez, R. Baldoceda 234

Estudio de Crecimiento y Rendimiento en un Bosque Secundario de Costa Rica
Mario Javier Sánchez Sánchez 241

Intensidad de Cosecha y Ciclos de Corta en el Manejo de Bosque Natural
Juvenal Valerio 255

Diseño y Aplicación de un Inventario Forestal Diversificado (Productos Maderables y No Maderables) en Petén, Guatemala
Pedro Pineda, Daniel Marmillod, Pedro Ferreira 264

El Inventario Forestal como Herramienta Principal para Elaborar un Plan de Manejo: Costos y Rendimientos
Fredy Ledezma V., Fernando Miranda V. 270

El Mercado de Especies Menos Conocidas como una Herramienta Básica del Manejo Forestal
Abraham Guillén, Robert Simeone 276

Importancia de la Logística en la Comercialización de Productos Forestales en Apoyo al Manejo del Bosque y las Recomendaciones y Labores de CADEX en el Tema de la Distribución Física Internacional
Dpto. Logística y Distribución Física Internacional CADEX 290

Página

Mercadeo de Especies Menos Conocidas de Bosques Húmedos Tropicales: ¿Buena Inversión o Mala Idea?
Andrew F. Howard, Abraham Guillén 301

Costos de Censo Forestal en Bolivia
Olvis Camacho Mercado 322

Análisis de Costos – Beneficios del Manejo Forestal Tropical Certificado y No Certificado
Michael Hanrahan, Alicia Grimes 332

Análisis Económico del Manejo Forestal en el Estado de Acre, Brasil
Zenobio Abel Gouvêa Perelli da Gama e Silva 344

Manejo Forestal: Planificación de Caminos Forestales, Disminución del Impacto Ambiental y Control de Costos Mediante el Manejo de Suelos y Sedimentos en Operaciones Forestales
Erick L. Kay 357

Consideraciones sobre el uso de Imágenes de Satélite en reas Tropicales: Limitaciones, Beneficios y Nuevas Tendencias
Ignacio Martínez Tudela 362

Ponencias

El Manejo de los Bosques Tropicales: Retos, Deficiencias y Oportunidades

Francis E. Putz

Center for International Forestry Research (CIFOR), PO Box 6596 JKPWB, Jakarta 10065, Indonesia

Resumen

Entre los principales desafíos que enfrenta la investigación en los bosques tropicales, cabe mencionar los siguientes: conversión de tierras forestales para usos no forestales y no adecuados; dificultades para la regeneración de las especies maderables más importantes, muchas de las cuales son heliófitas; extracción selectiva de árboles valiosos sin consideración de la producción futura; daños al bosque debidos a incendios no controlados; e infestación por malezas, particularmente trepadoras, en bosques degradados. Entre las principales deficiencias de la investigación forestal tropical, es necesario incluir: énfasis en temas de investigación que no se encuentran debidamente encaminados hacia el manejo forestal ambientalmente apropiado; falta de repetición o pseudorepetición de experimentos; escalas espaciales inadecuadas en las parcelas de investigación con los consiguientes problemas de generalización y diseminación inadecuada o mal enfocada de los resultados de la investigación. A pesar de los problemas mencionados anteriormente, la ciencia forestal tropical nunca ha tenido tanto poder como hoy en día. Existe energía, existe experiencia, existe el deseo de tratar problemas verdaderos y hasta existe cierto grado de financiamiento (nunca lo suficiente, pero sí lo suficiente como para que los resultados sean evidentes). Además, los profesionales forestales que trabajan en el trópico tienen a su disposición mecanismos nuevos, basados en el mercado para estimular el cambio en cuanto al uso de los bosques: el uso de los bosques como sumideros de carbono y la certificación de productos forestales. La nueva legislación forestal y los nuevos acuerdos internacionales sobre bosques también podrán coadyuvar, si existe voluntad política para la aplicación de las leyes y se acepta postergar la obtención inmediata de beneficios económicos. Pero, previamente a la posibilidad de cualquier cambio de una cultura de explotación del bosque a una de manejo forestal, es necesario tratar las siguientes excusas/razones: ciertos madereros, concesionarios y hasta propietarios de bosques señalan que las prácticas actuales de explotación maderera no son malas y no les preocupa la falta de manejo forestal; dadas las ganancias excesivas obtenidas mediante la explotación maderera convencional y mal planificada, efectuada por trabajadores forestales que carecen de capacitación y supervisión, muchos madereros no ven la razón para abandonar las prácticas actuales; ciertas personas dedicadas a la explotación forestal afirman que no tienen acceso al conocimiento e instrumentos necesarios para implementar el aprovechamiento de impacto reducido y otras prácticas para el manejo forestal; el manejo forestal apropiado es demasiado caro financieramente (a corto plazo para los madereros); algunos madereros plantean el interrogante: "¿por qué cambiar las prácticas? El bosque se convertirá a otros usos de todas maneras; y los gobiernos, los demás usuarios del bosque y los ambientalistas ejercen muy poca presión sobre los madereros en favor de mejores prácticas de manejo forestal. Es necesario responder a estas excusas/razones para la explotación maderera destructiva, aceptar los desafíos anteriormente listados y evitar ciertas de las deficiencias mencionadas en los programas de investigación. Esta investigación creará amistades y enemistades para sus ejecutores, pero es necesario realizar mayores esfuerzos para evitar que los bosques que nos atrajeron a esta profesión se pierdan antes de que

tengamos la oportunidad de manejarlos a largo plazo, para beneficio de nuestra especie y de otras especies.

Introducción

Un reto para la mayoría de los ingenieros forestales en la zona tropical es procurar el cambio desde la explotación destructiva de bosques para madera, hacia un verdadero sistema de manejo. Aunque hay mucho por conocer sobre el manejo sostenible de bosques, sabemos ya suficiente para comenzar con este cambio cultural. Con el fin de contribuir a aumentar el impacto de las investigaciones forestales sobre las prácticas en nuestros bosques, en las siguientes páginas voy a describir algunos nuevos incentivos para mejorar el manejo forestal. Mencionaré algunos errores en el diseño de experimentos forestales, y presentaré las más comunes excusas para el mal tratamiento de bosques.

Como es bien conocido, aquellas tierras con aptitud únicamente forestal están siendo inadecuadamente convertidas a otros usos no forestales. Las razones que explican esta situación son de varios tipos e incluyen aspectos sociológicos, económicos y políticos que están más allá de mi entendimiento. Aún así, nos enfocamos en la investigación forestal y en cómo ésta puede contribuir a reducir la incidencia de conversión inadecuada de bosques. Yo sugeriría que uno de los problemas es la falta de propaganda sobre lo que los investigadores forestales pueden ofrecer a quienes son responsables por la toma de decisiones para el manejo forestal. Lamentablemente, el manejo forestal puede no ser uno de los usos más rentables de todas las áreas: sin embargo, debemos documentar de una manera consistente que el manejo forestal puede ser una opción viable de uso de la tierra en muchas áreas. Aunque esto puede parecer obvio, el mensaje no ha sido escuchado adecuadamente por parte de varios ambientalistas, economistas y responsables de plantaciones forestales.

En muchos bosques de Latinoamérica, muchas de la especies comerciales no presentan una regeneración natural adecuada luego de la extracción. Aparentemente, esto se puede deber a la competencia por la vegetación residual. En estas condiciones la extracción puede homologarse a "minería", por cuanto luego de cada extracción el bosque se encuentra cada vez más pobre. Concebir los bosques como un recurso natural no renovable reducirá los beneficios futuros, reduciendo además las opciones silvilculturales. Es el propietario de los bosques quien asumirá este costo en el largo plazo; nuestro reto consiste en demostrar que estos costos son altos, pero a su vez evitables.

Si queremos promover el manejo de bosques naturales, que a su vez mantenga la salud del bosque, nuestra investigación debe dar elementos eficientes en términos de costos, para la regeneración de las especies de valor comercial más importantes. Este es un tema claramente de investigación y para ilustrar cómo se está abordando, detengámonos brevemente a discutir lo que está sucediendo aquí en Bolivia. En los bosques semisecos, los investigadores se encuentran trabajando sobre los efectos del aumento de los claros de extracción, la selección de grupos para la extracción, y el uso de fuego controlado para estimular la regeneración natural. Asimismo se estudia el impacto de la corta de bejucos sobre la regeneración y crecimiento de árboles, y los impactos de este tratamiento sobre la vida silvestre incluidos aves e insectos.

Uno de los problemas con el fuego es que a pesar de ser una importante herramienta silvicultural es una amenaza. Durante los últimos 6 mil años, por lo menos, el fuego fue un componente natural de la dinámica ecosistémica en la Amazonia (Sanford *et al.* 1985, Meggers 1994). A pesar de lo anterior, es alarmante que en 1987 el 5 % de la Amazonia brasileña fue quemada (Setzer y Pereira 1991). Por otro lado en Bolivia en 1994, 1 millón de hectáreas de bosque sucumbieron a un fuego natural, con la consecuencia que la mayoría de brinzales y latizales murieron, pero sólo 16% de los árboles con dap mayor a 40 cm murieron (Pinard *et al.* en prep.). El problema es que de los árboles que sobrevivieron, más del 30 % presentaban daños en la base, lo que influirá en la presencia de hongos y varios insectos que atacan el durámen y, muy seguramente, en tasas elevadas de mortalidad para las próximas décadas.

La tala incontrolada favorece el fuego, no sólo su intensidad sino su frecuencia (Holdsworth y Uhl 1997). Uno de los efectos del fuego es la proliferación de gramíneas y otras especies herbáceas que a su vez favorecen el fuego, cambiando rápidamente la vegetación de bosque a sabana. Lo más alarmante de esta situación es que parece no alarmar a nadie; ni siquiera a los concesionarios forestales. El volumen aprovechable no es inmediatamente afectado, pero en futuras cosechas se ve grandemente reducido. Se requiere más investigación sobre cómo controlar los incendios y en el uso del fuego como herramienta silvicultural, y por supuesto, se requiere una acción más decidida en la divulgación de los resultados de estos trabajos a los responsables del manejo de las áreas forestales.

Los daños a los bosques producidos por el fuego, la tala incontrolada y la frecuente combinación de estos factores, favorece la infestación por parte de malezas, especialmente bejucos (Putz 1991, Vidal *et al.* en prep.). Estos se encuentran bien adaptados a daños mecánicos, y los pocos que sufren daños se recuperan rápidamente. Por lo anterior, la mayoría de los bejucos que infestan las zonas de aprovechamiento son rebrotes de bejucos caídos con la tala de los árboles (Appanah y Putz 1984). En áreas sometidas al fuego muchos bejucos mueren pero rebrotan frecuentemente; en esta situación la invasión por especies herbáceas se ve favorecida. Estas plantas constituyen un soporte para el crecimiento de otros bejucos (Pinard y Putz 1994), así que el evitar y poder controlar estas invasiones es un tema que requiere atención por parte de los investigadores.

Algunos problemas con las investigaciones

Dado que buscamos la maximización del impacto de la investigación en materia forestal, la mayoría de nuestros proyectos de investigación deben ser seleccionados tomando como criterio la probabilidad de que impacten la forma en que los bosques se manejan. Sin dejar de lado motivaciones como la curiosidad y otros criterios de la investigación básica, la mayoría de las veces se requiere que los investigadores nos encontremos en la vía de menor resistencia al manejo forestal. ¿Y dónde está esta famosa ruta? Otros aspectos que pueden relacionarse con la ruta corresponden a la efectividad financiera de los métodos de manejo que se están evaluando; aun así, aspectos como los impactos sobre la biodiversidad, hidrología y otros servicios ambientales deben ser tenidos en cuenta. En mi concepto, una de las formas de aproximarnos a la ruta de la investigación hacia el buen manejo forestal sería el pasar más tiempo en las pistas de arrastre y llegar a entender el por qué de las actuales prácticas de manejo. Debemos comprender que estas prácticas son producto de una cultura diferente: la de los madereros. Pretender que en la actualidad las motivaciones y razonamientos de los madereros, las comunidades locales indígenas, y los científicos occidentales sean las mismas, es completamente erróneo. La participación de sociólogos y antropólogos en el proceso de descifrar las motivaciones e incentivos, puede contribuir grandemente a avanzar sobre la ruta hacia el buen manejo forestal.

Una de las mayores limitaciones de gran parte de la actual investigación para el manejo forestal se relaciona con el inadecuado diseño experimental, lo que muchas veces nos hace perder no sólo tiempo sino recursos. Dentro de los errores más comunes vale la pena detenernos sobre la pseudoreplicación (uso de estadísticas de inferencia para probar efectos de tratamiento con datos de experimentos en los cuales cualquiera de los tratamientos no ha sido replicado, o las réplicas no son estadísticamente independientes; Hurlbert 1984, Heffner *et al.* 1996). Frecuentemente, la pseudoreplicación resulta de asumir que las muestras de una unidad experimental contribuyen con más de una unidad de grados de libertad. Por ejemplo, se usa a veces una parcela grande para capturar la variación de un fenómeno -como talar-, y se cae en la tentación de considerar las submuestras como verdaderas réplicas. Es deseable, como mecanismo para evitar la frecuencia de pseudoreplicación, seleccionar el tamaño de las parcelas de muestreo de acuerdo con las hipótesis a probar, en lugar de trabajar sistemáticamente con parcelas de 1 ha. Aun así, debemos asegurarnos que la escala de nuestras parcelas sea consecuente con la escala del área que pretendemos manejar.

Con el fin de obtener potencia estadística se requiere de un alto número de réplicas, dada la variabilidad tanto en tiempo como en espacio de los bosques. Adicionalmente, las parcelas de muestreo deben ser grandes, para evitar los problemas de generalizar nuestras conclusiones a escalas más amplias. No existe, desafortunadamente una respuesta simple a las preguntas de cuántas réplicas, o qué tamaños de parcelas son los más adecuados: cada caso particular debe superar el dilema de la pseudoreplicación/tamaño de parcela. Una de las consecuencias más frustrantes para los investigadores del manejo forestal se presenta cuando no tenemos la potencia estadística suficiente para rechazar una hipótesis nula falsa, por carecer de una muestra de tamaño adecuada. Un caso claro es el estudio de la tala dirigida: si se comparan grupos de trabajadores entrenados y no en tala direccional en una muestra de 4 parcelas de 1 ha, es posible que las diferencias en el resultado del impacto de la práctica no sean estadísticamente evidentes. Nuestro impacto como investigadores en el cambio de prácticas de manejo forestal no será en este caso el que aspiramos.

El alcance de nuestros impactos se encuentra seriamente afectado por la divulgación inadecuada de los resultados de nuestras investigaciones, en especial hacia los responsables del manejo de los bosques. Mucha de la información generada es publicada como informes internos de trabajo o lo que se denomina "literatura gris", lo que se suma a la falta de una revista de calidad sobre bosques tropicales a nivel de Latinoamérica. Sin embargo, la publicación de investigaciones en revistas científicas internacionales es sólo parte de la solución al problema de la divulgación de nuestros conocimientos: debemos utilizar los medios de comunicación que llegan a un mayor número de personas, y preparar el material a divulgar en un estilo asequible.

Excusas que pretenden justificar el mal tratamiento de bosques

- "La implementación de las prácticas relacionadas con la extracción con impacto reducido y otros tratamientos silviculturales tiene un alto costo". Lo cierto en este caso es que resulta más costoso no implementar las prácticas mencionadas: tanto en el corto plazo para el maderero, como en el largo plazo para este mismo, el propietario del bosque y la sociedad. Lo anterior adquiere mayor relevancia cuando se trata de concesiones sobre tierras de la nación.

- "Algunos madereros afirman que no existe algo malo con las actuales prácticas de extracción". Si esta idea se mira desde el punto de vista del excesivo beneficio que se obtiene de las primeras cortas, por supuesto que el argumento es válido. Es obvio que los beneficios excesivos conllevan a daños ecológicos excesivos: nosotros somos los responsables de lograr una mayor consciencia por parte de la sociedad en general, del riesgo de maximización de los beneficios financieros a costa de la estabilidad ecológica.

- "No existe personal capacitado para desarrollar prácticas silviculturales adecuadas al manejo forestal". La

capacitación es algo de lo cual nunca tendremos suficiente; aun así, es más grave en este caso la falta de supervisión del personal y de incentivos que favorezcan el buen manejo forestal.

- "Los equipos no son adecuados para implementar prácticas de extracción con impacto reducido". Aunque sí existen equipos diseñados exclusivamente con el fin de minimizar los daños durante el aprovechamiento forestal, se ha demostrado en muchos casos que el buen uso del equipo disponible contribuiría grandemente hacia la reducción del impacto (p.e., Pinard *et al.* 1995).

- "Un argumento bastante común por parte de los madereros se relaciona con la incertidumbre en los futuros derechos de uso de determinado territorio". Este hecho ha sido parcialmente resuelto con la extensión del tiempo de las concesiones en algunos países latinoamericanos. De todas maneras, lo común es la falta de implementación de prácticas de impacto reducido, inclusive en aquellas tierras aprovechadas cuya propiedad es privada.

- "No existen incentivos para el buen manejo forestal". La validez de esta excusa se pone en duda si miramos la serie de mecanismos en los diferentes niveles (nacional, regional, internacional) que actualmente propenden por el buen manejo del bosque. Se debe trabajar en evaluar cómo hacer más eficientes estos mecanismos.

Oportunidades para un mejoramiento en el manejo de los bosques tropicales

A pesar que aún falta mucho por conocer con relación al manejo de los bosques, ya tenemos por lo menos una buena base de conocimiento que nos permite avanzar y tener un impacto positivo en éste. El acuerdo en las prácticas de manejo ya logrado, implica por lo pronto una mayor planificación en las actividades de aprovechamiento y mayor cuidado en su ejecución.

La necesidad de realizar prácticas de aprovechamiento más cuidadosas es un mensaje lo suficientemente claro, que no debe confundirse en el proceso de transmitirlo a la sociedad. Debemos concertar nuestra opinión para comunicar lo anterior y utilizar los medios a nuestro alcance.

Sabemos que los bosques mejor manejados retienen más carbono que aquellos cuyo aprovechamiento no es adecuado. Existen acuerdos internacionales que aspiran disminuir la contribución atmosférica de gases con efecto invernadero. En este marco, se encuentran disponibles recursos para la investigación e implementación de prácticas de buen manejo forestal, como de hecho ya está sucediendo en bosques tropicales en Malasia (Pinard y Putz 1996).

Otra de las herramientas que representa una oportunidad para enriquecer el manejo de bosques es la certificación de productos forestales. Esta consiste en la recompensa de mercado mediante el acceso a nuevos mercados, lo que puede conllevar a un aumento de precios del producto. Este incentivo positivo aún debe complementarse con el decidido apoyo de los gobiernos, quienes, con otras herramientas, tienen la obligación de promover el buen manejo forestal. Las nuevas estrategias que están utilizando los gobiernos, entre otras, incluyen la formulación de nuevas legislaciones, en el marco del desarrollo sostenible.

Lo que es admirable para mí es el aumento en la capacidad regional en el desarrollo de las investigaciones y la implementación de los resultados. Jamás habíamos estado más cerca de poder avanzar decididamente hacia el buen manejo forestal. Existe una mayor cantidad de profesionales y técnicos, más informados, más capacitados y más motivados que nunca.

Bibliografía

Appanah, S. y F.E. Putz. 1984. Climber abundance in virgin dipterocarp forest and the effect of pre-felling climber cutting on logging damage. Malaysian Forester 47: 335-342.

Heffner, R.A., M.J. Butler IV, y C. K. Reilly. 1996. Pseudoreplication revisited. Ecology 77: 2558-2562.

Holdsworth, A.R. y C. Uhl. 1997. Fire in Amazonian selectively logged rain forest and the potential for fire reduction. Ecological Applications.

Hurlbert, S.H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. Ecological Monographs 54: 187-211.

Meggers, B.J. 1994. Archeological evidence for the impact of mega-Niño events on Amazonia during the past two millenia. Climate Change 28: 321-338.

Pinard, M.A. y F.E. Putz. 1994. Vine infestation of large remnant trees in logged forest in Sabah, Malaysia: biomechanical facilitation of vine succession. Journal of Tropical Forest Science 6: 302-309.

Pinard, M.A., F.E. Putz, J. Tay, y T.E. Sullivan. 1995. Creating timber harvest guidelines for a reduced-impact logging project in Malaysia. Journal of Forestry 93: 41-45.

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

Pinard, M.A., J.C. Licona, y F.E. Putz. Tree mortality and vine proliferation following wildfire in a subhumid tropical forest in eastern Bolivia. (in Prep.)

Putz, F.E. 1991. The silvicultural effects of lianas. En, F.E. Putz y H.A. Mooney (editores), The Biology of Vines, Cam-bridge University Press, Cambridge.

Sanford, R.L. Jr., J. Saldarriaga, K.E. Clark, C. Uhl, y R. Herrera. 1985. Amazon rain forest fires. Science 227: 53-55.

Vidal, E., J. Johns, J.J. Gerwing, P. Barreto, y C. Uhl. Vine management for reduced-impact logging in Amazonia. (in Prep.).

Aprovechamiento Ambientalmente Apropiado para Mantener los Bosques Tropicales

Rudolf Heinrich

Palabras clave: aprovechamiento, bosques tropicales, desarrollo sostenible, evaluación ambiental, ingeniería forestal.

Chief, Forest Harvesting, Trade and Marketing Branch Forest Products Division
Food and Agriculture Organisation
Viale delle Terme di Caracalla, 00100
Rome, Italy
Telephone: +39.6.52254727,
Telefax: +39-6. 52255618
E-mail : Rudolf.Heinrich@FAO.ORG

Resumen

La presente ponencia se refiere a iniciativas internacionales que han incrementado la conciencia de la comunidad mundial sobre la importancia del manejo forestal y el medio ambiente global. El trabajo subraya la necesidad de manejo forestal en el trópico, introduciendo un concepto más amplio de aprovechamiento del bosque, utilizando productos forestales maderables y no maderables. Se señala la importancia del tema de evaluación de impacto ambiental relacionado con el aprovechamiento, con el fin de lograr un mejor monitoreo del manejo y la utilización forestal en el trópico.

Se analizan dos temas en el contexto de la reducción de la utilización de madera en los bosques naturales, éstos son el incremento de los rendimientos del bosque mediante el establecimiento de plantaciones y la reducción de madera desechada proveniente de bosques naturales.

Se hace referencia a la necesidad de planificación global y control de operaciones para introducir prácticas forestales benéficas para el medio ambiente y sostenibles, con el fin de reducir los costos de aprovechamiento y el daño al bosque remanente, el suelo y el terreno.

Se destacan ejemplos de sistemas y técnicas para el aprovechamiento forestal introducidos recientemente en el trópico. Se discuten ciertos resultados de investigación sobre corta dirigida, introducción de equipo de arrastre de baja presión sobre el suelo, sistemas de cables y helicópteros, y sobre la importancia de caminos forestales adecuadamente planificados y diseñados.

El trabajo concluye con una presentación del Programa de la FAO para el Aprovechamiento y la Ingeniería Forestal Ambientalmente Apropiados.

Introducción

En años recientes, varios eventos importantes han atraído la atención del público hacia la importancia del manejo forestal y el medio ambiente global. La conferencia más importante en este sentido fue quizás la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED) realizada en Río de Janeiro, Brasil, en junio de 1992.

Debido a que varios países han emprendido una serie de iniciativas internacionales de seguimiento a la UNCED. En la XII Sesión del Comité de la FAO para el Manejo Forestal (COFO) y la Reunión de Ministros realizada en marzo de 1995 en Roma, se revisó el avance de la Agenda 21 y se discutieron asuntos relacionados con el manejo forestal, los cuales fueron considerados por la Comisión sobre Desarrollo Sostenible en su tercera sesión de abril de 1995.

En la UNCED, el manejo forestal recibió gran atención bajo el Capítulo 11 de la Agenda 21, titulado "Combate de la Deforestación". Se ha expresado gran preocupación sobre las amenazas que encaran los bosques a nivel mundial y las consecuencias de la pérdida y degradación de éstos.

El programa de acción desarrollado para el año 2000 y años posteriores, a pesar del aparente énfasis en la defores-

tación que su título sugiere, cubre cuatro áreas, que son las siguientes:

- Mantener el papel y las funciones múltiples de todos los tipos de tierras forestales y boscosas.

- Aumentar la protección, el manejo sostenible y la conservación de los bosques y la recuperación de áreas degradadas, mediante rehabilitación, aforestación y otras medidas de rehabilitación.

- Promocionar la utilización eficiente y la evaluación para recuperar el valor total de los bienes y servicios proporcionados por los bosques, las tierras forestales y las zonas arboladas; y

- Establecer y/o fortalecer la capacidad necesaria para la planificación, evaluación y observación sistemática de bosques y programas, proyectos y actividades relacionados, incluyendo la producción comercial y el comercio (UNCED 1992).

Los costos para la implementación de programas bajo el Capítulo 11 de la Agenda 21, se estimaron en alrededor de US$ 31 billones por año.

De acuerdo con la información proporcionada por la reciente publicación de la FAO titulada: *Estado de los Bosques del Mundo* (FAO 1995a), se estima que el área cubierta por bosques a nivel mundial es de 3442 millones de ha o un 27% de la superficie del planeta.

Durante el período 1989-90, la pérdida anual estimada de bosques en la región tropical alcanzó a unos 15.4 millones de ha (FAO 1995a).

Estimaciones recientes indican que alrededor de dos tercios de la deforestación tropical a nivel mundial son el resultado del desmonte de tierras para la agricultura, las cuales son desboscadas con el fin de cubrir la necesidad de más tierra para el cultivo de alimentos (R. Rowe, N.P. Sharma y D. Browder 1992). La degradación y destrucción de bosques generalmente son causadas por el aprovechamiento mal planificado y sin control de productos forestales, excediendo su capacidad de regeneración. Este es el caso en particular de la extracción de madera en los bosques húmedos tropicales y de la recolección excesiva de leña en los bosques secos.

Si bien el trabajo de plantaciones se ha incrementado en años recientes, éste aún no compensa la tasa de deforestación. Se estima que la tasa anual promedio de aforestación en el trópico es de 2.6 millones de ha.

Actualmente existen unos 30 millones de ha de plantaciones forestales en el trópico y unos 100 millones de ha a nivel mundial (FAO 1994).

Debido al crecimiento constante de la demanda de productos forestales, se prevé que el consumo global de madera, el cual en 1992 se estimó en 3470 millones de m^3, incluyendo 1870 millones de m^3 utilizados como leña y 1600 millones de m^3 como troncas para la industria forestal, alcanzará los 5100 millones de m^3 en el año 2010 (FAO 1995a).

La creciente necesidad de productos forestales requerirá de mayores esfuerzos para la promoción del establecimiento de plantaciones forestales, la regeneración forestal y las operaciones de mejora intensiva de rodales maderables tales como enriquecimiento, etc. El principal objetivo de las plantaciones es, generalmente, la producción de madera para proveer a la industria forestal de la materia prima necesaria. Estas son, en general, altamente productivas y por lo tanto pueden ayudar a reducir la presión de extracción en los bosques tropicales naturales. Aparte del incremento de actividades en plantaciones forestales, es pertinente aumentar la introducción de sistemas de aprovechamiento ambientalmente benéficos y de bajo impacto, para mejorar la recuperación de productos forestales y reducir el desperdicio tanto en el bosque como en los aserraderos.

Aprovechamiento forestal sostenible en el trópico

El concepto de sostenibilidad en el manejo forestal ha evolucionado desde un simple enfoque en el rendimiento sostenible de madera, hacia la utilización de una variedad más amplia de productos forestales maderables y no maderables. Muchos expertos están conscientes de que la presión sobre los bosques tropicales continuará debido al desmonte de tierras con fines agropecuarios y de desarrollo, así como a la degradación de bosques originada por prácticas forestales no sostenibles.

Las autoridades tales como la Comisión Brundtland (WCED 1987; FAO 1989b; Poore 1989 y FAO 1989) sugieren el desarrollo de políticas para asegurar la planificación global de uso de suelos, mejorar los acuerdos para las concesiones forestales, proporcionar incentivos para las prácticas sostenibles mediante impuestos y otros controles fiscales.

Es importante comprender que el éxito del aprovechamiento forestal sostenible está estrechamente ligado a la promoción de los sectores relevantes que tienen influencia sobre el manejo forestal. Entre éstos, es necesario dar importancia a la participación de las poblaciones locales en los proyectos de desarrollo rural integral, a la tenencia de la tierra, a las políticas enfocadas en el aumento de la productividad agrícola y a las políticas que afectan los precios de los productos agropecuarios a nivel del productor y los mercados. Sin embargo, aún si estos problemas pueden ser solucionados, es esencial crear condiciones que permitan la diseminación de información para la introducción de prácticas de aprovechamiento forestal que sean ambientalmente benéficas y socialmente aceptables.

Existen numerosas definiciones de sostenibilidad. Por ejemplo, ya en 1804, G.L. Hartig, Director de la Administración Forestal Prusiana en Berlín definía la sostenibilidad de la siguiente manera:

Cuadro 1: Intensidades y superficies estimadas de aprovechamiento de bosques latifoliados aprovechados anualmente en las tres principales regiones tropicales

Período	Africa			Asia y el Pacífico			América Latina y el Caribe			Todos los países tropicales		
	Intensidad promedio de aprovechamiento (m^3/ha)	Area de bosque aprovechada anualmente (miles de ha)		Intensidad promedio de aprovecha-miento (m^3/ha)	Area de bosque aprovechada anualmente (miles de ha)		Intensidad promedio de aprovecha-miento (m^3/ha)	Area de bosque aprovechada anualmente (miles de ha)		Intensidad promedio de aprovecha-miento (m^3/ha)	Area de bosque aprovechada anualmente (miles de ha)	
		Bosque primario	Bosque secundario		Bosque primario	Bosque secundario		Bosque primario	Bosque secundario		Bosque primario	Bosque secundario
61-65	14	394	91	42	510	78	7	1247	57	17	2152	226
66-70	14	506	137	43	750	135	8	1260	76	20	2516	348
71-75	14	593	166	35	1343	221	8	1485	119	20	3422	505
76-80	14	612	215	33	1732	319	8	2011	183	19	4356	717
81-85	14	634	239	32	1718	369	8	2297	251	18	4648	859
86-90	13	723	248	33	1861	453	8	2287	320	19	4871	1020

"Todo director forestal inteligente tiene que haber evaluado el bosque para utilizarlo en el mayor grado posible, pero de forma que las futuras generaciones tengan por lo menos tanto beneficio como la generación actual".

Sobre el tema de desarrollo sostenible, en 1988, el Consejo de la FAO adoptó la siguiente definición:

"El manejo y la conservación de la base del recurso natural y la orientación del cambio tecnológico e institucional de modo que garanticen el logro y la continua satisfacción de las necesidades humanas de las generaciones presentes y futuras. Dicho desarrollo sostenible conserva la tierra, el agua, los recursos genéticos vegetales y animales, y es ambientalmente no degradante, técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable".

Quizás la definición más citada de desarrollo sostenible es la de la Comisión Brundtland (WCED 1987):

"Desarrollo que cubre las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para cubrir sus propias necesidades".

Un aspecto importante de la utilización forestal, es que las actividades relacionadas con su uso no deben comprometer la capacidad regenerativa de los bosques y deben mantener su biodiversidad y continuar proporcionando productos forestales maderables y no maderables, servicios ambientales y beneficios sociales para las poblaciones presentes y futuras.

Se reconoce que debido a la complejidad y diversidad de la cobertura vegetal, así como de la fauna de los bosques, no es siempre fácil introducir las mejores prácticas de manejo. Si esto fuera fácil, la mayoría de las operaciones seguiría los principios del manejo forestal sostenible; lamentablemente, generalmente no es así.

Sin embargo, desde un punto de vista realista, se debe notar que en varios casos, el mejor uso de productos forestales maderables y no maderables podrá no ser factible debido a factores que incluyen entre otros, accesibilidad, disponibilidad de tecnología para el aprovechamiento, recursos, leyes y reglamentaciones.

Aprovechamiento forestal y sostenibilidad

La percepción de la FAO sobre el aprovechamiento forestal en relación con el desarrollo socio-económico ha pasado por una evolución substancial. En el manejo forestal, un concepto que debe introducirse con mayor frecuencia es el uso de una mayor variedad de productos forestales y que esté basado en el manejo sostenible de recursos. Además de la madera, en los bosques se dispone de una gran cantidad de productos no maderables, los cuales pueden ser muy benéficos en términos de empleo y generación de ingresos, particularmente para la población local. En muchos casos, el aprovechamiento no es por consiguiente sinónimo de la actividad maderera, ya que se relaciona con una amplia serie de productos no maderables (de la Cruz 1989). Una lista de dichos productos podría incluir plantas ornamentales y medicinales, miel, resinas, tanino, frutos, hongos, nueces y fauna para la alimentación y trofeos de caza.

El aprovechamiento, considerado en el contexto del manejo forestal sostenible, debe basarse en principios científicos de ingeniería forestal, incluyendo actividades tales como la planificación apropiada previa al aprovechamiento, la supervisión técnica y la evaluación posterior al aprovechamiento, así como el fomento de la mejora constante tanto del uso de maquinaria como de los métodos de operación. Un prerequisito clave para lograr esto, es la mejora de las instalaciones para la capacitación y extensión en los países tropicales a todo nivel; particularmente de trabajadores, supervisores y técnicos. Es necesario estimular la realización de proyectos de investigación aplicada, que promuevan prácticas forestales que mejoren los estándares de utilización y reduzcan los impactos ambientales, con lo cual se contribuirá a la conservación de los bosques mediante el uso racional.

El tema más importante para la promoción de tecnología y sistemas de aprovechamiento ambientalmente benéficos, es ciertamente demostrar que dichas operaciones son también económica y socialmente ventajosas y que estarán encaminadas al aumento de la productividad y la reducción de residuos forestales. Estudios recientemente realizados en bosques tropicales (Marn y Jonkers 1982; Hendrison 1989 y Schmitt 1989) han indicado claramente que las operaciones de aprovechamiento diseñadas para satisfacer los requerimientos de sostenibilidad, también pueden ser rentables cuando se dedican esfuerzos importantes a la planificación apropiada y el control de operaciones. Existe mayor necesidad de continuar realizando actividades orientadas hacia la investigación, mejorar la diseminación de resultados investigativos y convencer a los ejecutantes para que adopten prácticas científicamente aceptadas de aprovechamiento e ingeniería de bajo impacto.

Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto de las operaciones de aprovechamiento hasta ahora se ha restringido a estudios de caso de operaciones individuales. Estas proveen un mosaico de información sobre temas tales como compactación de suelos, daños a los rodales residuales, etc. bajo condiciones específicas. Los resultados de los estudios generalmente son difíciles de comparar, ya que frecuentemente se usan metodologías, clasificaciones y definiciones distintas.

Es conveniente contar con una visión general más amplia del grado de las operaciones forestales, la intensidad de aprovechamiento, la mejora de rodales y el impacto del aprovechamiento forestal en cuanto a destrucción, degradación y pérdida del bosque. La información y los datos deberán recolectarse sistemáticamente, lo cual proporcionaría información muy útil para que los formuladores de políticas y planificadores monitoreen con mayor exactitud la utilización y el aprovechamiento a nivel de países, de región o mundial.

La FAO, como parte de la evaluación de recursos forestales de 1990 ha intentado proporcionar información sobre tendencias en la intensidad y superficie de bosque aprovechado anualmente en el trópico (Dykstra 1993).

Como se puede observar en el Cuadro 1 (FAO 1995a), durante el período comprendido entre 1960 y 1990, existe un incremento continuo en las operaciones de aprovechamiento en los bosques tropicales, el cual es particularmente significativo en lo que respecta a bosques tropicales secundarios.

Esto indica que cada año existen menos bosques primarios y que se efectúan operaciones de reaprovechamiento y que quizás éstas aprovechan las condiciones de mercado en las que se aceptan especies menos conocidas. Se pueden notar grandes diferencias entre las tres regiones en cuanto a la densidad de existencias de árboles comerciales aprovechados y las áreas aprovechadas anualmente. Si bien el volumen anual aprovechado en la región de Asia y el Pacífico durante el período 1986-1990 fue 3.7 veces mayor que el aprovechado en la región de América Latina y el Caribe, la estimación del área total aprovechada en el Asia tropical es de alrededor del 90 por ciento de la estimación de América tropical.

Necesidad de incremento de los rendimientos forestales y reducción de residuos de madera

Dado el hecho de que la población mundial continuará incrementándose, existe la necesidad de un uso de suelos intensificado y racional. Esto se aplica también a las tierras forestales. La presión poblacional sobre la tierra es particularmente alta en el trópico donde vive más de un 43% de la población mundial, en menos de una tercera parte del total de la superficie terrestre del planeta. Con el aumento continuo de la población, las proyecciones sugieren que para el año 2010 más de la mitad de los habitantes de la tierra vivirán en las regiones tropicales.

Se han hecho esfuerzos considerables en varios países para incrementar los rendimientos forestales mediante la introducción de programas silviculturales de mejora de rodales y el refinamiento de métodos y técnicas de aprovechamiento para reducir el desperdicio de madera y los daños al bosque. A nivel global, sin embargo, es necesario hacer aún más.

En las regiones tropicales se han logrado resultados remarcables en cuanto a rendimientos madereros, mediante la introducción de especies de alta calidad y crecimiento rápido en plantaciones forestales. Los incrementos madereros en las plantaciones forestales tropicales pueden alcanzar hasta 30 m^3 por ha, en comparación con 2-8 m^3 por ha en bosques naturales manejados. Se han reportado rendimientos anuales de hasta 70 m^3 por ha en el Brasil, a partir de clones de híbridos de especies de eucaliptos. Por supuesto que estas cifras excepcionales deben tratarse con cautela. La experiencia ha demostrado que los rendimientos asumidos en la etapa de planificación de las plantaciones generalmente no se logran. En todo caso, las plantaciones pueden ser una de las soluciones para reducir la presión de la utilización de madera de los bosques tropicales naturales. Las plantaciones pueden proporcionar una oferta significativa de madera y fibra de madera para las industrias forestales.

Un aspecto del aprovechamiento forestal que generalmente no se reconoce por completo es el aumento de la recuperación de madera mediante la reducción de los residuos producidos por el aprovechamiento forestal. Sin embargo, esto no sólo depende de la mejora de los métodos de aprovechamiento, sino que también es un asunto de economía y aceptación de ciertos productos maderables y calidades por parte de la industria y el mercado.

En base a 10 estudios de países tropicales y a otra información, un reciente análisis preparado por la FAO sugiere que los residuos producidos por las operaciones de aprovechamiento en los bosques naturales del trópico se podrían reducir entre 10 y 30%, sin un aumento significativo de los costos de aprovechamiento (Dykstra 1992).

Uno de los principales resultados del Cuadro 2 (Dykstra 1992) sugiere que alrededor de 1986 el volumen total de madera extraída para la producción forestal en los países tropicales alcanzó los 466 millones de m^3 anualmente, una mitad de los cuales permaneció en el bosque en forma de residuos no utilizados. Con la mejora de la utilización, el volumen de madera cortada podría reducirse, produciendo el mismo volumen de troncas para la industria. De esta manera, el área afectada por las operaciones de aprovechamiento también sería menor, contribuyendo así a la conservación de los bosques naturales. Sin embargo, debe reconocerse que se requiere una cierta cantidad de residuos para mantener la productividad forestal.

Tecnología para el aprovechamiento de impacto reducido

En general, se pueden identificar cuatro elementos clave, los cuales son esenciales en relación con las operaciones forestales si se espera manejar los bosques de forma sostenible:

- planificación del aprovechamiento
- implementación y control
- evaluación del aprovechamiento
- formación de una fuerza de trabajo forestal debidamente capacitada y motivada

Planificación del Aprovechamiento

La planificación apropiada de las operaciones de aprovechamiento es un elemento clave para la introducción exitosa de la utilización ambientalmente benéfica y sostenible, encaminada a reducir costos generales y daños a los

Cuadro 2: Volumen estimado de árboles en pie, residuos y tasas de recuperación en el trópico alrededor de 1996

Región	Volumen estimado en pie en áreas aprovechadas (mill. m^3)	Volumen residual estimado en áreas aprovechadas (mill. m^3)	Volumen estimado de corta (mill. m^3)	Residuos forestales estimados (mill. m^3)	Producción de troncas para la industria (mill. m^3)	Tasa estimada de recuperación de corta (mill. m^3)
Africa	251664	179587	72077	33512	38565	54%
Asia/Pacífico	905822	669672	236150	127884	108266	46%
América Latina/ Caribe	657273	499556	157716	70014	87702	56%
Totales	1814759	1348815	465943	231410	234533	50%

rodales y el suelo, y a incrementar la productividad mediante operaciones más eficientes, logrando producir simultáneamente productos de mayor valor.

Un conocimiento completo de datos de inventarios, tales como volumen por especies, volumen por área de corte, distribución de clases diamétricas, incidencia de pudrición u otros defectos de las especies, así como datos topográficos, son pre-requisitos esenciales para el diseño de un plan óptimo de desarrollo de infraestructura y la determinación de los sistemas más apropiados de aprovechamiento.

En base a tipos de bosque, tamaños de árboles, condiciones de terreno y suelos, así como nivel de capacitación de los operadores forestales y los recursos financieros, se debe hacer una cuidadosa selección para utilizar la combinación más eficiente de maquinaria para el aprovechamiento. Los sistemas seleccionados apropiadamente deberán mejorar la eficiencia de las operaciones, reducir el desperdicio de madera en el bosque, minimizar las áreas intervenidas por el aprovechamiento y mantener en general los costos operativos a un nivel bajo. Un estudio efectuado por Marn y Jonkers (1982) determinó que las operaciones precedidas por una planificación completa se caracterizan por una mejor organización y supervisión, menos accidentes, menos árboles comercializables sin cortar y menos troncas desperdiciadas después de ser cortadas. Además, se determinó que las operaciones que utilizan una planificación completa para el aprovechamiento cuestan de 20 a 45% menos que las operaciones similares manejadas bajo condiciones virtualmente idénticas, pero para las cuales se había realizado una planificación mínima de aprovechamiento (Marn y Jonkers 1982, Hendrison 1989).

Operaciones de corta

Por razones necesarias para garantizar la conservación del bosque, la regeneración, la biodiversidad y para reconocer el valor total de los productos forestales maderables y no maderables, han surgido una serie de limitaciones en las operaciones de corta, las cuales han cambiado significativamente las áreas de corta, los claros de corta, el patrón de corta, y los hábitos y actitudes.

Particularmente en bosques tropicales naturales, se prescribe una corta selectiva que requiere que los árboles a ser aprovechados sean marcados con anticipación a las operaciones de corta. Las experiencias recientes con sistemas de aprovechamiento de impacto reducido sugieren que el daño al bosque residual se puede reducir marcando también los árboles que se consideran parte de la futura cosecha. La corta dirigida deberá aplicarse tanto como sea posible. Esto no sólo reduce la rotura de los árboles derribados y el daño al bosque residual, sino que también puede aumentar substancialmente la eficiencia, productividad y economía de la extracción maderera (FAO 1980). Algunas observaciones de la corta selectiva en bosque alto tropical indican que la corta dirigida fue factible para un 60-70% de los árboles derribados. Las operaciones de corta debidamente planificadas y ejecutadas bajo los sistemas de corta selectiva comunes a los trópicos, generalmente son indistinguibles de los claros causados por la caída natural de árboles (Jonkers 1987).

En los bosques tropicales se puede observar con frecuencia que las copas de los árboles se encuentran entrelazadas por plantas trepadoras (lianas y bejucos). Cuando se derriban árboles bajo dichas condiciones, los árboles cercanos pueden ser arrastrados por la caída de los primeros, creando un alto riesgo de accidentes para los trabajadores forestales y causando daños al bosque residual. En dichos casos, es recomendable la corta de plantas trepadoras, con suficiente anticipación a las operaciones de aprovechamiento. Por ejemplo, se reporta en un estudio

(Fox 1968) que la corta de trepadoras varios meses antes al aprovechamiento, redujo el número de árboles arrastrados por la caída o rotos en hasta un 50 por ciento. La capacitación del personal de corta es de particular importancia, ya que las operaciones de derribe se encuentran entre las ocupaciones más riesgosas (FAO 1989a). En base a estadísticas, se ha documentado que los trabajadores forestales mal capacitados sufren accidentes más graves que los debidamente capacitados.

La corta o el troceo mal realizados y la falta de conocimientos sobre clasificación de troncas también contribuyen a la baja recuperación de madera y al aumento del desperdicio. La experiencia con programas de capacitación para la mejora del troceo sugiere que se puede mejorar la recuperación de madera hasta en un 20% o más y que el valor de las troncas aumenta en 10-50%.

Sistemas de extracción

Se han desarrollado varios sistemas y máquinas para el aprovechamiento, los cuales se pueden usar en una variedad de combinaciones para cubrir las necesidades de una amplia gama de condiciones. El aprovechamiento en bosque alto tropical, con existencias bajas de especies comerciales o terrenos inclinados o pantanosos, puede ser una tarea de difícil ejecución, mientras que las operaciones de aprovechamiento en plantaciones forestales sobre suelos estables y terreno fácil pueden ser comparativamente fáciles.

Se pueden distinguir los siguientes medios de transporte de madera desde el sitio de corta a los patios de acopio o caminos: manual, animal, arrastre por tierra, cable y sistemas aéreos.

♦ *Tractores a oruga y skidders convencionales*

Si bien los sistemas de extracción manual eran comunes en el pasado en los bosques tropicales, éstos han sido reemplazados enteramente por sistemas terrestres, principalmente tractores a oruga, skidders a rueda y oruga, y en menor grado camiones. En unos cuantos países, en operaciones de pequeña escala ubicadas en áreas remotas, el uso de animales tales como elefantes, bueyes (Cordero 1988) y carabaos puede competir favorablemente con sistemas mecanizados de aprovechamiento. Esto es particularmente cierto en lugares donde el personal forestal capacitado es escaso y donde los niveles salariales son bajos.

Las operaciones convencionales de arrastre terrestre mal planificadas y ejecutadas tienden a causar grandes daños al medio ambiente. Es esencial mantener las pistas de arrastre a un mínimo, limitar la intervención y compactación de suelos, detener el daño a la regeneración y al bosque residual y restringir el movimiento de la maquinaria a las pistas pre-planificadas. Es un imperativo que los cursos de agua sean protegidos de la sedimentación y la contaminación por el derrame de combustibles y lubricantes. Estudios comparativos han demostrado que los costos de arrastre se pueden reducir en un tercio o más mediante la pre-planificación intensiva y la supervisión técnica adecuada de las operaciones (Marn y Jonkers 1982; Hendrison 1989). Al diseñar pistas de arrastre, es necesario considerar varios factores para cumplir con los objetivos de manejo forestal de forma práctica. Se deben tomar en cuenta nuevas soluciones para las operaciones. Por ejemplo, actualmente se usan puentes portátiles en las pistas de arrastre, mientras que hace unos años esta solución nunca se hubiese tomado en cuenta. En general, el ancho de las pistas de arrastre debe restringirse al mínimo (el ancho de la pala de la máquina), se debe minimizar la construcción de pistas de arrastre usando las palas de la maquinaria; en ciertos países este procedimiento se ha prohibido, limitándose la construcción de pistas de arrastre a la corta de arbustos y tocones al nivel del suelo. En los bosques altos tropicales, generalmente se emplea una combinación de skidders pesados y tractores a oruga, 1:3 ó 1:2, extrayendo unos 100-120 m^3 de madera al día (FAO 1974).

♦ *Skidders de baja presión sobre el suelo*

El uso de skidders con ruedas de alta flotación se puede aplicar favorablemente en suelos húmedos o blandos, en comparación con skidders convencionales, y ejercer una menor presión sobre los suelos, reduciendo también el problema causado por las huellas profundas.

En bosques altos tropicales, es preferible usar skidders a oruga de baja presión sobre el suelo en terrenos inclinados o condiciones de humedad extrema del suelo, ya que éstos ejercen la mitad de la presión que ejerce un tractor convencional y pueden alcanzar el doble de la velocidad de éstos (Buenaflor y Heinrich 1980). Esta maquinaria extiende las oportunidades de aprovechamiento a pendientes de hasta 40-50%. Si bien la disponibilidad de maquinaria es menor que para los tractores a oruga convencionales, debido al mantenimiento que requieren las orugas flexibles, en general el desempeño y la productividad del skidder a oruga flexible es mayor que la del tractor convencional.

Otro rasgo de esta maquinaria es que parte de la tronca descansa sobre la plataforma del skidder a oruga y por consiguiente, se reducen los daños al suelo causados por el arrastre de la tronca.

♦ *Sistemas de extracción por cable*

La introducción en los bosques tropicales de los sistemas tradicionales de cable de larga distancia ofrece el prospecto promisorio de mantener el daño ambiental a un mínimo absoluto. Estos sistemas pueden ser un medio ideal, complementado con una red caminera de baja densidad, para promover prácticas forestales ambientalmente correctas. Los resultados preliminares de un estudio de caso realizado en las Filipinas (Heinrich R., de la Cruz

1994) indican que se logró una productividad de 40-60 m^3 por día, con una instalación de cable de larga distancia, con un largo de cable de 1700 m y una carga promedio de 5 m^3. En el caso del aprovechamiento de 60 m^3 por ha, el daño al bosque residual disminuyó de un 70% a un 12%, en comparación con una operación de arrastre con tractor a oruga. El costo promedio de transporte de troncas desde el sitio de corta hasta el patio de acopio se calculó en US$ 16 por m^3. Los sistemas móviles de cable son aún demasiado avanzados para la mayoría de los países tropicales, tanto por razones socio-económicas como por insuficiencia en la infraestructura caminera. Las torres móviles generalmente tienen un alcance de 300-500 m solamente.

Uno de los últimos avances en la maquinaria de extracción por cable, ha sido la introducción de carros autopropulsados, equipados con motores a diesel y operados a control remoto. Por el momento, debido a su limitada capacidad de carga de 1.4-1.7 toneladas, sólo se pueden usar en plantaciones forestales con árboles pequeños; sin embargo, se han iniciado trabajos de desarrollo de modelos pesados (Heinrich 1994).

- ***Helicóptero***

El uso de helicópteros es una opción para el aprovechamiento en bosques con árboles muy valiosos, los cuales debido a limitaciones ambientales o a lo remoto del área, no cuentan con infraestructura tal como caminos forestales o pistas de arrastre. El uso de este sistema se ha propuesto en varias instancias, en casos en que tifones y huracanes han devastado bosques, dejando una gran cantidad de árboles dañados, rotos y derribados (Dykstra 1994). Los helicópteros se usan con mayor frecuencia en Norteamérica. En años recientes, se han extraído unos 2-5 m^3 al año usando helicópteros con capacidad de carga de hasta 10 toneladas.

- ***Globos y globos autopropulsados***

Unos cuantos sistemas equipados con globo se han estado operando en Norteamérica. Actualmente, en conocimiento del autor, un globo aún se utiliza como apoyo para una operación de extracción por cable, esencialmente para reemplazar a los árboles de soporte intermedio. Los vientos fuertes pueden causar problemas a este sistema; de hecho, se sabe que un globo fue destruido por una tormenta.

Cierta investigación continúa efectuándose sobre globos autopropulsados, los cuales constituyen una posibilidad al futuro, para el funcionamiento de operaciones de extracción por vía aérea. Un compañía investigadora de los EE.UU. estima que los costos de alquiler de globos autopropulsados serían de alrededor de US$ 2500 por hora, cantidad que es considerablemente más baja que el costo de alquiler de helicópteros.

Ingeniería forestal ambientalmente benéfica

El desarrollo apropiado de infraestructura caminera forestal es indispensable para introducir prácticas sostenibles de apoyo al aprovechamiento y el manejo forestal a largo plazo. Sin embargo, si no se planifican, construyen y mantienen cuidadosamente, los caminos forestales pueden constituir una fuente considerable de erosión del suelo. Por ejemplo, se reporta que aproximadamente un 90% más de la erosión de suelos conectada con la extracción forestal en el trópico, se puede atribuir directamente a los caminos (FAO 1977). Por consiguiente, la ubicación de los caminos debe ser planificada adecuadamente y con anticipación, con el fin de restringir el desmonte a la vera de los caminos, minimizar el movimiento de tierras requerido para preparar la superficie de tráfico y los patios de acopio y durante la excavación de taludes de corte y relleno, y para restringir el largo de los caminos por unidad de superficie a un mínimo absoluto.

Hoy en día, existen técnicas eficientes de agrimensura caminera, que mediante el uso de instrumentos manuales tales como clinómetros, brújulas, altímetros y cintas métricas, pueden proporcionar resultados suficientemente exactos, rápidos y económicos.

Las decisiones sobre la ubicación de los caminos definitivamente no deberán estar en manos de los operadores de la maquinaria, aún si éstos son experimentados. Un ingeniero forestal con experiencia puede ubicar 1 km de camino forestal en 5-12 horas de trabajo, dependiendo de las condiciones del bosque y el terreno (Sedlack 1985).

Las nuevas técnicas de construcción tales como el uso de excavadoras hidráulicas, permiten la construcción de caminos ambientalmente aceptables, aún en terrenos empinados.

Los costos de construcción, comparados con los métodos tradicionales que usan tractores a oruga o retroexcavadoras, son sólo un poco más altos.

La densidad de una red caminera se expresa en m/ha o largo de camino en m por m^3 de troncas extraídos al año (m/m^3/año). La densidad de las redes camineras en los bosques tropicales naturales generalmente tiende a ser baja, a menudo unos 7-10 m/ha, mientras que en las plantaciones de las regiones templadas bajo manejo forestal intensivo, frecuentemente existen densidades de 20-40 m/ha; sin embargo, debido a los bajos volúmenes extraídos en los bosques tropicales, la distancia de camino por m^3 tiende a ser más alta que en las plantaciones forestales.

Evaluación del aprovechamiento

La evaluación del aprovechamiento proporcionará retroalimentación sobre el grado en que la operación de aprovechamiento ha seguido el plan, cumpliendo con los requerimientos estandarizados para prácticas forestales ambientalmente benéficas. Esto se podrá realizar durante la operación o después de su finalización. Las evaluaciones de

aprovechamiento deberán evaluar esencialmente las operaciones en cuanto a la calidad lograda e identificar las deficiencias de las operaciones en cuanto al cumplimiento de los requerimientos esenciales para el manejo sostenible. Se deberán analizar las siguientes actividades:

- Revisar la efectividad de la corta dirigida y el troceo.
- Cuantificar el volumen de madera y las pérdidas de valor debidas a las prácticas deficientes de aprovechamiento.
- Comparar la ubicación real y los estándares de los caminos, los patios de acopio y las pistas de arrastre con los planes originales.
- Cuantificar las intervenciones al suelo.
- Determinar el impacto de las operaciones sobre la regeneración.
- Revisar la salud y la seguridad de los trabajadores.

Iniciativas de la FAO para el aprovechamiento forestal ambientalmente apropiado

Boletín de la FAO sobre Aprovechamiento Forestal

La FAO ha creado recientemente un boletín con el fin de crear una red mundial de aprovechamiento forestal, para facilitar la diseminación de información y experiencias encaminadas a promover prácticas forestales ambientalmente correctas a nivel mundial. Actualmente, todos los países miembros de la FAO pueden participar de la red a través de cerca de 4000 individuos y organizaciones.

Programa de aprovechamiento ambientalmente apropiado para mantener los bosques tropicales

Dentro de este programa, se ha elaborado un Código Modelo de Prácticas de Aprovechamiento Forestal, que servirá como referencia para promover prácticas de manejo con estándares mejorados de utilización e impactos ambientales reducidos, así como para incrementar los beneficios económicos de dichas operaciones.

El Código Modelo deberá asistir también a los países en la formulación de códigos nacionales o normas para el aprovechamiento y la ingeniería forestal (Dykstra, Heinrich 1995).

Además, se han iniciado varios casos de estudio para analizar los sistemas y las tecnologías de aprovechamiento que se aplican actualmente y para introducir sistemas de impacto reducido que mejoren la utilización del bosque y reduzcan el impacto ambiental.

También, se proyecta el diseño de un programa de desarrollo de metodologías para la recolección sistemática de datos e información sobre el impacto ambiental de las operaciones forestales a nivel de países, subregiones, regiones y mundial (FAO 1995b).

Base de datos de información sobre maquinaria

La División de Aprovechamiento Forestal y Transporte de la FAO ha establecido una base computarizada de datos sobre ingeniería forestal, maquinaria para el aprovechamiento y transporte, equipo y herramientas, la cual cubre actualmente más de 240 fabricantes a nivel mundial. En base a varios estudios de campo, se han recolectado datos sobre productividad y costos de una amplia variedad de sistemas de aprovechamiento, los cuales permiten una rápida evaluación de costos y producción.

Conclusiones y recomendaciones

- La dramática disminución de los bosques tropicales requiere una acción concertada para conservar los bosques y hacer un uso racional de la base de recursos, brindando productos y servicios a las generaciones presentes y futuras.
- Si bien las intensidades de aprovechamiento parecen ser bajas por unidad de superficie, es necesario un mayor esfuerzo para mejorar la planificación y ejecución del trabajo, en particular para reducir el desperdicio producido por el aprovechamiento en el trópico.
- Se debe intensificar la recolección, evaluación y diseminación de información sobre operaciones de aprovechamiento ambientalmente apropiado y sostenible, y su impacto socio-económico en los bosques tropicales naturales.
- Se requiere un incremento sistemático de la investigación para minimizar el impacto ambiental de las técnicas de aprovechamiento forestal y del trabajo de desarrollo de infraestructura. Se deben llevar a cabo estudios especiales para armonizar el uso sostenible de productos forestales maderables y no maderables, tomando en cuenta consideraciones ambientales y socio-económicas.
- Se deben incrementar las actividades de capacitación y extensión, particularmente a nivel técnico y de mano de obra calificada, mejorando la calidad de la enseñanza y revisando los planes de estudio, en respuesta a las necesidades actuales.

Bibliografía

Buenaflor, V., and Heinrich, R. 1980. FMC Tracked skidder logging study in Indonesia. Project FO: INS/78/054, Working Paper No. 7. FAO, Rome.

Cordero W. 1988. Utilización del sulky en la extracción de madera con bueyes. Serie Informativa Tecnológica Apro-piada No. 18. Cartago, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

De la Cruz, V. 1989. Small-scale harvesting operations of wood and non-wood forest products involving rural people. FAO Forestry Paper 87. FAO, Rome.

Donoso J., and Kilkki, R. 1993. Cosecha de hongos en la VII Región de Chile. FAO, Rome.

Dykstra D.P. 1992. Wood residues from timber harvesting and primary processing: A global assessment for tropical forests. Manuscript to be published as an FAO Forestry Paper. FAO, Rome.

Dykstra D.P. 1993. Estimated forest area harvested and felling intensity in tropical high forests. Report to the Forest Ressources Assessment 1990 project, FAO, Rome.

Dykstra D.P. 1994. Proposed Deed of Licence (Government Land) for low impact helicopter salvage logging in Western Samoa. Document prepared for the Government of Western Samoa. FAO, Rome.

Dykstra D.P., Heinrich R. 1995. FAO model code of forest harvesting practice, preview edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

FAO. 1974. Logging and log transport in tropical high forest. FAO, Rome.

FAO. 1977. Guidelines for watershed management. Conservation Guide 1, Rome, FAO.

FAO. 1980. Chainsaws in tropical forests. Manual prepared by FAO and ILO, FAO, Rome.

FAO. 1989a. Global summary: International survey of forest harvesting training needs in developing countries. Forest Harvesting and Transport Branch, FAO, Rome.

FAO. 1989b. Review of forest management systems of tropical Asia. J. Leslie, ed. Synthesized from contributions by C.T.S. Nair, M. Chundamannil, Thang Hooi Chiew, A. Bin Mat Amin and the Bureau of Forest Development of the Philippines. Forestry Paper No. 89 FAO, Rome.

FAO. 1989c. Management of tropical moist forests in Africa. R.l. Willan ed. Synthesized from contributions by M.S. Philip, P.K. Karani, P.R.O. Kio, S.A. Ekwebelam, A.B. Oguntala, D.O. Ladipo, F.O.C. Nwonwu and R. Catinot. Forestry Paper No. 88. Rome, FAO.

FAO. 1991. Statement on sustainable development from the FAO/Netherlands Conference on Agriculture and the Environment, Hertogenbosh, the Netherlands, 15-19 April 1991.(unpubl.).

FAO. 1992. Second interim report on the state of tropical forests. Forest Resources Assessment 1990 project, FAO, Rome.

FAO. 1993. Yearbook of Forest Products 1991. Rome.

FAO. 1994. The road from Rio: Moving forward in forestry.

FAO. 1995a. State of the World's Forests, Forestry Department, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.

FAO. 1995b. Programme implementation and evaluation reports, 12th session. Committee on Forestry, 13-16 March 1995, COFO-95/3, Food and Agriculture Orga-nisation of the United Nations, Rome.

Fox, J.E.D. 1968. Logging damage and the influence of climber cutting prior to logging in the lowland-dipterocarp forest of Sabah. Malays. For., 31(4): 326-347.

Heinrich R., De la Cruz, V. 1994. Low impact harvesting using cable cranes in tropical high forests in the Philippines. Manuscript FAO Case Study.

Heinrich R. 1994. New developments in harvesting systems for mountainous forests from an international perspective. FAO paper presented at the FAO/IUFRO/-NEFU/FEI. Seminar on forest operations under mountainous conditions with special attention to ergonomics accessibility and environmental protection, 24-27 July 1994. Harbin, P.R. of China.

Hendrison, J. 1989. Damage-controlled logging managed tropical rain forests in Suriname. Series on the ecology and management of tropical rain forests Suriname. Wageningen, The Netherlands. Agricultural University of Wageningen.

Jonkers, W.B.J. 1987, Vegetation structure, logging damage and silviculture in a tropical rain forest in Suriname. No 3, Ecology and management of tropical rain forest in Suriname(series). Wageningen, The Netherlands Agricul-tural University of Wageningen.

Marn, H.M., and Jonkers, J. 1982. Logging damage in tropical high forest. In. P.B.L. Srivastava *et al.*, editors, Tropical Forest-Source of Energy through Optimisation and Diversification. Proceedings of an international confe-rence held 11-15 November 1980 at Penerbit University, Malaysia.

Poore, D. 1989. No Timber without Trees. Earthscan, London.

Rodriguez, O.E. 1986. Wood extraction with oxen and agricultural tractors. FAO Forestry Paper No. 49, Rome.

Rowe R., Sharmaa and Bowder I. 1992. Deforestation: problems, causes and concerns. In Sharma ed. 1992. Managing the world's forests: looking for balance between conservation and development. Dubuque, Iowa.

Schmitt, L. 1989. Etude des peuplements naturels en forêt dense guyanaise: compte rendu de mise en

application des traitements sylvicoles sur le dispositif de paracou. Nogent-sur-Marne, France, Centre Technique Forestier Tropical, Departement du CIRAD.

Sedlak, O. 1985. Forest road planning, location and construction techniques on steep terrain. FAO Forestry Paper No. 14, Rev. 1, Logging and Transport in Steep Terrain, p. 37-54. FAO, Rome.

UNCED. 1992. United Nations Conference on Environment and Development, final advanced version of Agenda 21, Chapter 11, Combating Deforestation.

WCED. 1987. Our Common Future. World Commission on Environment and Development, convened by the United Nations General Assembly, New York. Oxford University Press, Oxford, UK.

Wenter, W. 1985. Basic information on work organization Data collection, ergonomics and safety at work. FAO Forestry Paper No. 14, Rev. 1. Logging and Transport in Steep Terrain, pages 303-318. FAO, Rome.

Hacia un Marco Legal e Institucional Eficiente para Tutelar Eficazmente la Conservación y el Uso Sostenible de los Bosques y las Tierras Forestales

Antonio Andaluz

Resumen

Ante todo, quisiera aclarar lo que en esta exposición vamos a entender por eficiencia y eficacia. Llamaremos eficiencia a la estructuración adecuada de la legislación y del marco institucional, para el cabal cumplimiento de los fines y objetivos que se proponen; y eficacia, al nivel de cumplimiento real y efectivo de la ley, en la práctica.

En consecuencia, lo que buscamos en nuestros países es un marco legal e institucional eficiente, para que sea eficaz.

De lo cual se sucede que el desafío actual no consiste en reiteraciones conceptuales ni proclamaciones declarativas de los altos fines y objetivos que se supone siempre persigue una ley forestal, sino en su traducción estructuralista en herramientas legales e institucionales para su aplicación efectiva en la práctica.

La estructura de la ponencia que me propongo desarrollar abarca cuatro puntos:

- *Comprobación del carácter de bien jurídicamente tutelado de los bosques y tierras, y de la finalidad de la tutela, a saber, su conservación y uso sostenible como elemento esencial del patrimonio natural de un país y que decidirá su destino a largo plazo.*
- *Comprobación del desafío actual: No la guerra conceptual, sino la guerra instrumental para implementar viejos conceptos.*
- *La propuesta teórica: Del voluntarismo normativo al estructuralismo normativo.*
- *Un ejemplo de la aplicación práctica: El caso boliviano.*

Comprobación del carácter de bien jurídicamente tutelado de los bosques y tierras, y de la finalidad de la tutela, a saber, su conservación y uso sostenible como elemeto esencial del patrimonio natural de un país, que decidirá su destino a largo plazo

Decir que un bien es o debe ser jurídicamente tutelado, es decir que debe merecer protección legal del Estado y que vale la pena protegerlo.

¿Lo valen los bosques y las tierras?

Sin lugar a dudas que sí y de hecho esto ya ha sido consagrado, en función de sus diversos bienes y servicios, por distintos instrumentos de Derecho Internacional, a los que me iré refiriendo *vis-a-vis* de mi exposición, para demostrar, de paso, que en este mundo de creciente globalización e interdependencia al que nos encaminamos - la aldea global, que muchos llaman, hay compromisos que nuestros países están en la obligación de honrar y para que de pasada ustedes se regresen a casa sabiendo a lo que nuestros Estados se han obligado ante la comunidad internacional, lo que la comunidad internacional puede

Consultor Internacional de BOLFOR,
Experto en Derecho Internacional
Cuarto anillo, Av. 2 de Agosto, Casilla 6204,
Santa Cruz, Bolivia.
Fax 591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
E-mail: bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

exigirle a nuestros Estados, nuestros Estados a la comunidad internacional y nosotros a los dos.

Bienes y servicios de los bosques y las tierras forestales

Ante todo, permítanme decirles que cuando yo era niño, no había placer más grande que meterme a jugar con mis hermanos al monterreal, que era como en mi tierra se llamaba a los bosques vírgenes. Lo mismo narra Pablo Neruda de su infancia, en sus memorias "Confieso que he vivido", respecto de los bosques de Temuco, donde él se metía de niño a descubrir sus tesoros: troncos podridos, hongos, escarabajos, un mar de hojarasca, una pajarada de pájaros, y eso que yo llamo el aliento de Dios: el olor del monte que te sacude el hipotálamo o la cosa que sea donde habite el alma humana. William Cordero me ha presentado también como poeta y como, en efecto, yo también escribo poesía y sobre todo siento como poeta, siempre me he preguntado, salvando obvias distancias, si a Neruda le fascinaban los bosques porque era poeta, o si más bien se hizo poeta porque le fascinaban los bosques.

Yo, por mi parte y -repito- salvando obvias distancias, digo en *"De profundis"* que fui traído al mundo *"colmado con tantas bendiciones / que quedé endeudado / para siempre / con la vida"*:

"en medio de los cafetales
y los árboles
a la vera de un arroyo umbrío
de gigantes mariposas azules
con los vapores elementales de la yerba
el vaho evanescente de la lluvia
y el aroma cosmogónico de salvajes podredumbres
silvestres
con sus hongos más
con sus bichos más
con sus raíces intrusas y glotonas
sus enigmas
sus misterios
los engendros húmedos y carnosos del bosque
serenísimo
residencia real de verídicas fantasías
bajo el alboroto luminoso de los pájaros
y la tierna pestilencia del pesebre
donde mamá ordeñaba
la vaca matutina".

Y, ¿quieren que les diga un par de cosas?.

Primero, que mucha gente me dice algo así como *"¡Oh, qué metáforas más poéticas!"*, y yo me quedo pensando para mis adentros algo así como *"Si supieras, pobre de tí, que es una simple descripción literal de la realidad, que tanto así desconoces, que puedo darme el lujo de meterte gato por liebre haciéndote creer que son metáforas de mi propia inspiración"*.

Y, segundo, *"a la vera de un arroyo umbrío / de gigantes mariposas azules"* dicen los versos, y eran, en efecto, dos cosas literales: arroyo umbrío y gigantes mariposas azules. Recuerdo que nos metíamos mañanas enteras con mis hermanos, por sus túneles enarbolados y sus recodos misteriosos, a cazar sartas de cangrejos y a pescar, cuando no simplemente a opear, como se dice por aquí, o en plan de puro hueveo, como se diría en el Perú, lo que yo traduzco a sus correspondientes categorías conceptuales en "El Yangunturo" como la *"Gracia de los tiempos inocentes / paréntesis de la circunstancia / hábitat de la alegría transparente / recoveco del ser elemental"*. Bueno, el hecho es que regresé a mi pueblo y ese arroyo, ya totalmente denudado de su bosque, quedó convertido en un miserable albañal y con él murió algo de mí. De manera que si alguien quiere acusar a alguien de haber institucionalizado como servidumbres ecológicas las franjas ribereñas y los cerritos, en la legislación boliviana, el culpable soy yo y mi arroyo perdido para siempre en algún rincón del Perú.

El punto es que no hay en la tierra un referente vital tan representativo de las distintas manifestaciones del milagro de la vida, como los bosques. Desde luego, también están los océanos, pero es mucho más fácil entrar a un bosque que bucear en el mar (al menos por ahora, porque es más difícil destruir el mar que los bosques). Pero la tragedia es que hoy ni en Temuco ni en mi tierra hay monterreal para meterse, como no sea en muchas leguas a la redonda; y lo mismo ha sucedido en todo el mundo, alrededor de las ciudades, pueblos, villorrios, aldeas; con el resultante que, en apenas cincuenta años, hemos generado, literalmente, algunos miles de millones de seres humanos que nacen y mueren sin haber tenido una sola vez en la vida la oportunidad de vivenciar lo que yo llamo la "experiencia del bosque"; lo que equivale a morir sin haber visto a Dios o sin haber nacido a la vida.

Y esta es la base misma de la tragedia humana: Cuando le hablamos a la gente de la necesidad de conservar y usar sosteniblemente los bosques y las tierras forestales, les estamos hablando de la belleza de los colores y la sutileza de las tonalidades, a ciegos de nacimiento, o de las Cuatro Estaciones de Vivaldi o el Preludio a la Siesta de un Fauno de Debussy, a sordos de nacimiento. Naturalmente, dentro de estos sordos y ciegos de nacimiento se encuentran los decisores políticos o cuando menos la casi totalidad de ellos, que nunca han entrado a un bosque, pero deciden todos los días sobre los bosques y sobre el destino de los bosques.

Consejo práctico para que se lleven a casa: Ya no le hablen tanto de los bosques a la gente, primero métanlos al bosque para que tengan la experiencia del bosque y les salgan ojos de ver y oídos de oír, y sólo después háblenles de lo excelso de los sonidos y los colores, vale decir, de los distintos bienes y servicios de los bosques.

De manera que, ciertamente, los bosques valen, ante todo y sobre todo, por su significación espiritual para el alma humana, en la medida que una calidad de vida genuinamente humana debe comenzar por ser genuinamente vital. Y, lo que es yo, en el bosque encuentro consuelo, paz, reordenamiento de mis ideas, reorientación de mi sentido de la vida. Lo que en "El Yangunturo" digo:

"Yo diría más bien que te serenan, te calman, te aquietan. Hacen que tu ser tome asiento y se adueñe de sí mismo".

Y eso, decididamente, no tiene valor en el mercado ni es mercancía que se pueda mercar; pero es, de hecho, lo más inapreciable, desde que no tiene precio ni hay cómo pagarlo. De manera que este es ya, digo, un servicio que nos prestan los bosques y que amerita su tutela jurídica: el ser el mayor referente vital que tenemos a nuestra disposición.

Dicho esto, entro en la materia ofrecida, a saber, comprobar el carácter de bien jurídicamente tutelado que inclusive a la luz del Derecho Internacional ya se reconoce a los bosques y tierras forestales.

- ***Madera y productos forestales secundarios / Convenio Internacional de Maderas Tropicales y Declaración de Principios sobre Bosques***

Ya en el terreno de los tratados y fuentes subsidiarias de Derecho Internacional, recordemos que los bosques ciertamente valen por la madera y los productos forestales secundarios que nos proveen (castaña, palmito, etc.), y que el imperativo de su uso sostenible es, esencialmente, todo el objeto del Convenio Internacional de Maderas Tropicales y la Declaración Autorizada sin Fuerza Jurídica Obligatoria de Principios para un Consenso Mundial Respecto de la Ordenación, la Conservación y el Desarrollo Sostenible de los Bosques de Todo Tipo, Río de Janeiro, 1992 (Principios sobre Bosques).

- ***Servicios ecológicos / La Agenda 21 y los Principios sobre Bosques, Río de Janeiro 1992***

De otro lado, los bosques prestan invalorables servicios ecológicos como el cierre del ciclo hidrológico (se ha llegado a afirmar que el 50% de la lluvia que cae en la cuenca amazónica proviene de la evapotranspiración de los bosques y el otro 50% de las nubes del Atlántico), el ciclo del carbono, la purificación del aire, regulación del agua, conservación de suelos y de la humedad del suelo, generación de microclimas, servicios de protección, etc., todo lo cual sienta base en el Derecho Internacional, fundamentalmente en dos instrumentos, a saber, la Agenda 21 y los Principios sobre Bosques, ambos de Río de Janeiro 1992.

- ***Lucha contra la desertificación y la sequía / la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía, París 1994***

Según esta fuente jurídicamente mandatoria de Derecho Internacional, esta vez los bosques valen por constituir la principal estrategia para prevenir la desertificación y la sequía, así como para corregir o mitigar sus efectos.

- ***Lucha contra el efecto de invernadero / Convención Marco sobre el Cambio Climático, Río de Janeiro 1992***

Desde la perspectiva de este instrumento, esta vez los bosques son la principal estrategia, *vis-a-vis* del recambio tecnológico, para evitar o mitigar el efecto de invernadero o fenómeno de calentamiento global del planeta, desde que los bosques precisamente se construyen con dióxido de carbono (y luz) y el dióxido de carbono es responsable en cerca del 60% del efecto de invernadero. En suma, desde esta perspectiva, los bosques son depósitos y sumideros de gases de invernadero, desde que se construyen con ellos y al destruirlos ellos se liberan (incluyendo, además del dióxido de carbono, los óxidos nitrosos en la quema y el metano en la pudrición).

No me cansaré de decir que jamás en toda la historia de la humanidad se firmó un tratado tan difícil de implementar como éste y que jamás la implementación de un tratado amenazó con cambiar más dramáticamente la historia de la humanidad, como éste, desde que estabilizar, primero, los gases de invernadero, y reducirlos, después, implica estabilizar, primero, el crecimiento económico y reducirlo, después, en circunstancias en que todo el mundo quiere crecer al 5% anual y que el recambio tecnológico para estos gases es muy difícil. Por ponerles un solo ejemplo, el Panel Internacional Sobre Cambio Climático recomienda que hay que reducir, ya mismo, en 25% las emisiones de metano. Y resulta que las dos principales fuentes antrópicas de metano son los cultivos de arroz y la crianza de ganado. El arroz, que es el primer alimento del mundo, seguido del trigo, el maíz y la papa; y el ganado, que es lo primero de lo que todo el mundo quisiera alimentarse. Para quienes tienen una sobreconfianza en las posibilidades de recambio tecnológico, habría que recordarles que aquí no estamos en el Protocolo de Montreal de 1987 sobre la Capa de Ozono, en que para implementarlo bastó con saltarle a la yugular a las dos transnacionales que fabricaban los clorofluorocarbonos (y que así y todo costó 17 mil millones de dólares al año). Aquí no se trata de un gas artificial fabricado por el hombre y producido por dos transnacionales, sino de gases enteramente naturales y producidos prácticamente por todos los hombres. Para volver al caso del metano, ciertamente por vía de recambio tecnológico podremos reducir algún día las emisiones del arroz invirtiendo miles de millones de dólares en procesos biotecnológicos que conduzcan a hallar arroces cultivables en seco -e invirtiendo el tiempo necesario para ello, como ya se está haciendo-; pero, en el caso del ganado, qué podríamos hacer, ¿poner letreritos diciendo *"Se ruega encarecidamente a las muy distinguidas vaquitas no echar por tierra sus buenos modales ni esfumarlos por el aire"*? ¿Qué posibilidad de recambio tecnológico cabe aquí, para no echar por tierra los buenos modales de las vaquitas ni esfumarlos por los aires, como, en efecto, hemos sido noticiados que lo vienen haciendo en un abrir y cerrar de piernas y muy a rabo suelto?. Cuestión que alguien les enseñe a leer y que, habiendo aprendido, puedan hacer lo

que se les pide. Mientras tanto, para hacerle caso al Panel Internacional sobre Cambio Climático habría no más que reducir en 25% nuestra población ganadera, en circunstancias que muchos cientos de millones de seres humanos se la han pasado históricamente esperando que les llegue la hora de compartir su parte del churrasco o del vaso de leche. Ni hablemos del desafío de reducir las emisiones de dióxido de carbono en un 60%, porque entonces sí que se esfuman por el aire, como los malos modales de las buenas vaquitas, todas nuestras esperanzas de desarrollo, como no sea bajo la estricta aplicación del principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas consagrado en dicho tratado.

Por eso digo que nunca un tratado fue más difícil de implementar y nunca su implementación estuvo más cargada de cambios potencialmente más dramáticos (y traumáticos) para la historia humana, desde que, en pocas palabras, significa dejar de crecer, primero, para empezar a decrecer, después. Y por eso digo que los bosques, esta vez, desde esta otra perspectiva, son la principal herramienta para evitar o mitigar el fenómeno de calentamiento global del planeta, en tanto que depósitos y sumideros de gases de invernadero.

- ***La conservación de la diversidad biológica / El Convenio sobre Diversidad Biológica, Río de Janeiro 1992***

Este tratado considera, esta vez, a los bosques, como la principal estrategia para conservar la diversidad biológica, habida cuenta que entre el 50 y el 90 % de la diversidad biológica se encuentra en los bosques, a la par que anualmente se destruyen más de 180 000 Km² de bosques.

Con todo esto, me imagino que ha quedado suficientemente demostrado el primer punto, a saber, que ya está explícita y reiterativamente reconocido por el Derecho Internacional que los bosques, efectivamente, valen y que vale la pena prestarles tutela jurídica.

Comprobación del desafío actual: no la guerra conceptual, sino la guerra instrumental para implementar viejos conceptos

Les aseguro que si cada uno de ustedes, distinguidos visitantes, hace un análisis de su propia historia jurídica nacional, va a descubrir que conceptos aparentemente tan flamantes como manejo forestal, servicios ecológicos, etc., en realidad son historia vieja en nuestras legislaciones. De hecho, les puedo asegurar que, cuando menos en lo que respecta a estudios de Derecho Comparado, en todos nuestros países la historia es la misma y lo mismo de vieja.

En el caso de Bolivia, la historia comienza con la Ordenanza del Virrey Toledo de 1574 prohibiendo que se talen los bosques de cedro que circundaban la Charcas de entonces y que en la Sucre de hoy no quedan ni las trazas de sus sombras.

El genial Bolívar, ciertamente libertador con la espada, como todos saben, pero más aún libertador con la pluma, como pocos saben, dio en 1825 un Decreto, por cierto, desde la misma casa de gobierno de Sucre, disponiendo ya no sólo que se conservasen y usasen sosteniblemente los bosques que la naturaleza nos entregó implantados, sino que se implantasen bosques hasta alcanzar un millón de árboles "prefiriendo los lugares donde haya más necesidad de ellos". Desde luego, no hicimos lo uno ni lo otro.

Y, para ir a grandes pasos y hacer corta una historia larga, la historia se siguió repitiendo con el Decreto de Germán Busch de 1939, la Ley de Reforma Agraria de 1953, la Ley Forestal de 1974, su Reglamento de 1977, la Pausa Ecológica de 1990 y su Reglamento de 1991, y la Ley del Medio Ambiente de 1992, hasta llegar a la nueva Ley Forestal y su Reglamento, ambos de 1996, de los que precisamente nos ocuparemos en el punto 4.

Todo esto nos está diciendo desde ya, que el desafío no es dar una nueva ley forestal repitiendo las mismas expresiones de deseos que hemos ido eslabonando desde hace cinco siglos, digamos que ya no en círculo sino en una cadena de círculos viciosos; sino tratar de identificar los probables factores de ineficacia de dicha legislación, para procurar responderlos en la nueva legislación. En pocas palabras, menos declaraciones solemnes sobre los altos fines y objetivos que se persiguen con la ley y menos buenas intenciones, y más instrumentos para llevarlos a la práctica.

Usualmente, los factores predominantes de ineficacia son:

- ***Falta de principio de realidad:***

Hay muchas leyes que no funcionan sencillamente porque nacieron al margen de la realidad e insistir en implementarlas es como pretender que es la realidad la que se está equivocando cuando la manzana cae de la mano de Newton al suelo y no la norma jurídica ordenó que flotase. Es lo que sucede cuando se concibe el rebrote o retoño como la estrategia central de regeneración natural de los bosques, como en el caso de la Ordenanza de Toledo, lo que ciertamente se explica porque el Virrey era tan español como los bosques españoles; o cuando se pretende la sostenibilidad del manejo forestal con plazos contractuales que no alcanzan siquiera a un ciclo de corta o no se brinda la suficiente seguridad jurídica al titular para asegurar siquiera la patrimonialidad del propio bosque, etc.

- ***Marginalidad de la temática ambiental:***

Esto sucede cuando los ambientalistas hacen leyes ambientales para resolver ambientalmente los problemas ambientales, olvidándose que el ambiente no tiene problemas, sino que es el desarrollo el que se los da, y que

la única forma de resolverlos, es resolviéndolos en su origen, vale decir, no mediante leyes típicamente ambientales hechas por ambientalistas típicos, sino incorporando la variable ambiental en las leyes del desarrollo.

- ***Distonía axiológica:***

Sencillamente, falta de sintonía axiológica entre los valores incorporados en la ley y la capacidad valorativa de sus destinatarios. En pocas palabras, mientras los destinatarios de la ley no estén habilitados para comprender y compartir la lógica valorativa incorporada en la ley -que es la lógica del legislador de valorar los bosques-, como dirían los argentinos, estamos hablándole a los buenos modales de las vaquitas que se van por los aires. Y ¿cuál es el remedio más eficaz para romper la distonía axiológica y conquistar cada día más aliados para los bosques? Decididamente, hacer que cada vez hayan más personas que tengan la "experiencia del bosque" y que cada vez más almas se germinen a la "cultura del árbol". Con lo que volvemos al drama por donde comenzamos, a saber, que ya no hay bosques cerca de ningún centro poblado y que en unas cuantas décadas hemos empezado a producir en serie cientos y cientos de millones de seres humanos que son hijos del acero y del concreto de las ciudades y quienes están del todo convencidos que ese es todo el mundo que existe y que el mundo siempre ha sido así. Una auténtica "patología de la normalidad". Y he aquí que nosotros venimos a importunarles con la quimera exótica de los bosques y el esoterismo de la "base de recursos naturales" y, para colmo, la "diversidad biológica". No digo que esto -la experiencia del bosque y la cultura del árbol- es lo que les falta a los madereros y que por eso no cumplen la ley, sino que eso hace que la temática forestal sea en nuestras sociedades, comenzando por la clase política, un tema extravagante de minorías esotéricas y no cuente con una "masa crítica" de aliados en la sociedad civil, que se constituyan en árbitros morales y en factor de presión para que la ley se cumpla. Por el contrario, no tengo duda que más bien los defensores del bosque somos percibidos, en general, como los aguafiestas impertinentes que queremos ir sistemáticamente a contrapelo de las "más sentidas necesidades populares" con nuestro "indolente discurso ambientalista".

En suma, para repetir lo que ya he dicho y escrito, sin la cultura del árbol, ni mil leyes bastarán para garantizar la conservación y el uso sostenible de los bosques y tierras forestales y, con la cultura del árbol, los bosques serían conservados y usados sosteniblemente aunque ninguna ley lo impusiera, bien que con el arbitraje moral permanente de una "masa crítica" de la sociedad.

- ***Ineficiencia normativa:***

Las leyes que se olvidan que las normas jurídicas son antecedentes de hecho proseguidos de consecuencias de derecho, que pueden ser castigos, pero también premios, y que, por consiguiente, se quedan en el mero plano declarativo. En pocas palabras, las leyes que propiamente no son leyes, porque tienen cuerpo y alma de memorándum, aunque transcrito en forma de articulado.

- ***Insuficiencia estructural:***

Una gran mentira y una de las históricamente más mentidas, es que una ley funciona. Jamás ha sido una ley la que ha funcionado en la vida real, lo que funcionan son sistemas jurídico-institucionales. Para que una ley funcione, se requiere que esté reglamentada, que tenga procedimientos eficientes y activadores procesales, así como un marco institucional idóneo, debidamente implementado y con claridad de funciones y competencias. Mientras tanto, es como si la ley no existiera y de hecho su existencia es, todavía, puramente virtual.

- ***Debilidad institucional:***

Aquí, como en fisiología, la ley es leída como un conjunto de funciones normativas en razón de las cuales debe diseñarse e implementarse el órgano capaz de desempeñarlas, ya que aquí, como en fisiología, el órgano hace a la función, pero también la función (y el funcionamiento) hace al órgano. La prueba ácida que Uds. pueden hacer volviendo a casa, es sencilla: agarren una ley y enumeren, artículo por artículo, la cantidad de funciones normativas asignadas por el legislador al órgano de aplicación y después pregúntense si el órgano de aplicación que Uds. tienen en casa y conocen, está realmente preparado para desempeñarlas. De manera que al hacer una ley también tengan en cuenta que cada artículo tendrá un costo permanente que de algún lugar tendrá que salir y no legislen por legislar, al más puro estilo voluntarista, ingenuo y decisionista que son, precisamente, los malos hábitos que el estructuralismo normativo trata de corregir. Y traten también siempre de ver lo más posible que el marco institucional tenga asignados desde antes de nacer sus propios recursos, es decir, recursos de su propia fuente (en este caso, de los derechos forestales), haciendo sumas y restas *vis-a-vis* de las propias funciones normativas que Uds. consignan en su ley, en lugar de dejar librada a vuestra criatura a los socorros presupuestarios de la nación, con lo que lo más probable será que sólo la habrán engendrado y sólo será un engendro.

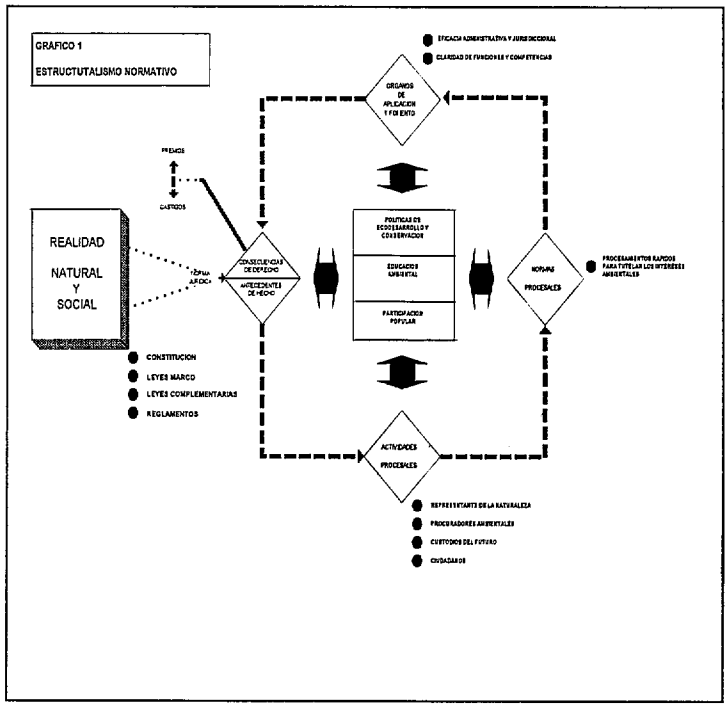
- ***Sobreestimación del sistema de comando y control del Estado o sistema de órdenes y prohibiciones (versus gobierno por incentivos y desincentivos):***

"Ordeno e mando" dijo Toledo en 1574 y desde entonces el arte de gobernar se ha reducido básicamente a ordenar y mandar, con los mismo resultados de Toledo.

Siempre digo lo mismo a mis alumnos de la universidad: El estadista del futuro será como el José Antonio del valse de Chabuca Granda, que con finas cintas de seda gobierna a su caballo, no con férreas riendas, férreas espuelas y férreas cadenas de freno. Y esto implica aguzar el sentido de las señales: tributarias, crediticias, de políticas de inversión pública. Y aquí sí que estamos en problemas porque la administración tributaria se ha convertido en caja recaudadora y no en instrumento de gobierno. Me explico: Gobernar por señales (incentivos/desincentivos) implica en el campo tributario y crediticio una política de tratamiento diferenciado en función de lo que quiero y no quiero incentivar. Y da la casualidad que a partir de los programas de reajuste estructural nuestros países han ido más bien al principio de caja única y tratamiento indiferenciado. Pero aquí lo importante es entender que hubo buenas razones para hacerlo, ya que entendiéndolo es la única forma de superarlo, a saber, que toda exención impositiva se prestó sistemáticamente a la evasión tributaria y todo subsidio al drenaje sistemático de los recursos fiscales; con lo que se dijo, muerto el perro muerta la rabia, y se acabaron los subsidios y los tratamientos tributarios diferenciados, cuya perversión, ciertamente, había llevado a nuestros países, si no técnica cuando menos prácticamente, a la quiebra. De manera que ahora el desafío es ¿cómo relanzamos una política de tratamiento tributario y crediticio diferenciado? y que son parte de esas finas cintas de seda para que el estadista del futuro gobierne a ese caballo que es el país y lo conduzca a su superior destino nacional, pero sin caer en las mismas perversiones del pasado, que más bien lo llevaron a la quiebra.

La propuesta teórica: del voluntarismo normativo al estructuralismo normativo

El gráfico N° 1 es bastante explicativo de la concepción estructuralista, lo que, por lo demás, creo que ya fue suficientemente explicado en el punto anterior, para no tratarse de una clase de Derecho ni de estudiantes de ciencias jurídicas. En pocas palabras, se trata de pasar del voluntarismo normativo que, básicamente, concibe la ley como un listado de buenas intenciones y expresiones de deseo (y que a tanto mejor intencionada y más largamente listada de buenos deseos, pasa por tanto mejor ley) y que es, por lo mismo, ingenua, voluntarista y decisionista, al estructuralismo normativo, que es realista, estructural y participatorio. Es decir, ley buena porque sea un auténtico cuerpo normativo (y no un listado declarativo de expresiones de deseos o buenos consejos del legislador) y verosímilmente viable porque la propia ley asegure las instancias, mecanismos y procedimientos para lograr los fines y objetivos que proclama; pero, además de ley buena, buenos reglamentos y normas subsidiarias de ejecución y buenos procedimientos para ejecutarlos, oportunamente aprobados e implementados, definición de activadores procesales y un marco institucional idóneo y debidamente implementado, con funciones y competencias claras y con recursos financieros, materiales y humanos suficientes, todo esto girando en torno a elementos extra-jurídicos claves, que si no existen, habrá que propiciarlos, a saber: políticas claras, mecanismos de educación ambiental y participación popular.



Ideas claves para que se lleven a casa:

- No es una ley la que funciona y nunca en toda la historia es la sola ley la que ha funcionado, sino un sistema jurídico-institucional que, en consecuencia, hay que ensamblar e implementar paso a paso después de promulgada una ley (ley, reglamentos, normas subsidiarias, activadores procesales, marco institucional, elementos extrajurídicos).

- La debilidad de cualquier elemento de la estructura implica automáticamente el debilitamiento correlativo de los demás (p.e., una buena ley sin reglamento, es como si la ley no existiera y una buena ley mal reglamentada se vuelve una mala ley, en tanto que una buena ley y un buen reglamento, con un marco

institucional débil, se vuelven una ley y un reglamento débiles, etc.).

- Invertir más tiempo y esfuerzo, antes que en la redacción propiamente dicha de la ley y antes de comenzar a redactar, en identificar los posibles factores históricos de ineficacia de los marcos legales e institucionales del pasado para, sobre dicha base, evaluar y diseñar los probables mecanismos de respuesta, como hipótesis de trabajo; ya que en la fase de redacción propiamente dicha, se supone que la pluma debería resbalar con relativa facilidad sobre los carriles de las hipótesis de trabajo establecidas. Grábenselo si quieren como la "ley de los tiempos y esfuerzos inversos" en la formulación de un cuerpo normativo (inversos a lo que siempre se ha hecho y se suele hacer) y como la primera regla de oro de una visión estructuralista del legislador (estudiar primero y establecer las hipótesis de trabajo, y redactar después). Y asuman, por tanto, que cualquier formulación que no responda a una previa y específica hipótesis de trabajo, es todavía un acto de improvisación, que implica ineficiencia normativa y, por consiguiente, un factor potencial de ineficacia ulterior. En pocas palabras, el acto de legislar ya no más debería ser un acto de inspiración ni un proceso apriorístico de toma de decisiones, sino, acorde con la modernidad de los tiempos, decisiones de estado, que hacen al estado y causan estado, sobre la base de hipótesis de trabajo solventes. Lo que implica necesariamente aplicar la ley de los tiempos y esfuerzos inversos. La segunda regla de oro es, precisamente, que, ya promulgada la ley, todavía no se tiene nada, si no se desarrolla e implementa eficiente y oportunamente, los demás elementos que echan a andar la estructura jurídico-institucional y que es lo único que realmente anda. La tercera que, con buena que sea la ley, cualquier debilitamiento de los demás elementos estructurales, implica automáticamente un debilitamiento correlativo en la ley. Y, por último, la cuarta, los mecanismos de monitoreo y retroalimentación, para no esperar que las cosas se estanquen y las disfunciones se vayan embalsando históricamente hasta que finalmente todo el sistema colapse y obligue a reformular nuevamente todo de cero, con los altos costos para la base de recursos y los propios actores y agentes económicos que supone un estado de vacío legal e institucional y todo nuevo estado de transición. Anótenlo si quieren como la "ley de la plasticidad suficiente en la estructura jurídico-institucional" y cuya herramienta consiste en prever siempre, a lo largo de toda la cadena legal derivativa, que una norma superior pueda ser complementada por una inferior, siempre, claro está, en la perspectiva de facilitar el mejor cumplimiento de los fines esenciales de la ley y, desde luego, sin desnaturalizarla.

La fórmula legal usada en el caso boliviano es *"Mediante norma de rango inmediato inferior se podrán dictar las disposiciones que se requieran para la correcta interpretación y aplicación del presente cuerpo normativo"*, lo cual Uds. podrán observar que se repite desde la Ley y el Reglamento, hasta las Normas Técnicas, Directrices y, a futuro, Protocolos. Esto, en virtud de un hecho: es imposible que el mejor legislador pueda prever absolutamente todas las hipótesis de la vida real, por lo que es sabio dotar a toda la cadena normativa de este mecanismo de plasticidad.

Un ejemplo de la aplicación práctica: el caso boliviano

Dicho esto, voy a exponer ahora el caso boliviano, que es su nueva Ley Forestal (Ley N° 1700 del 12 de julio de 1996), su Reglamento (D.S. N° 24453 del 21 de diciembre de 1996) y sus normas subsidiarias (6 cuerpos de Normas Técnicas, una Directriz y un Reglamento Especial, además de las resoluciones normativas, directrices y protocolos de la Superintendencia Forestal). Todo este paquete conforma lo que en la Ley se llama el Régimen Forestal de la Nación.

Debo aclarar ante todo que lo interesante o representativo del caso, no es que dicha estructura vaya a resultar necesariamente eficaz en la práctica o tan eficaz como se esperaba, sino que cada herramienta responde a una hipótesis de trabajo específica, para responder a un factor también específico de ineficacia legal o institucional identificado.

En este sentido, se partió por evaluar 422 años (desde la Ordenanza de Toledo de 1574) de fracasos de los marcos legales e institucionales respecto de los fines proclamados en los respectivos cuerpos normativos y por identificar los ocho factores de ineficacia arriba resumidos.

Y, sin más, les hago un breve resumen del carácter instrumental de la nueva Ley Forestal *vis-a vis* de la progresión de su articulado.

- Definición del carácter de limitación legal a los derechos de propiedad, uso y aprovechamiento, de las condicionalidades de sostenibilidad, y facultamiento al Poder Ejecutivo para imponerlas (Art. 5°): Instrumento.

- Posibilidad de revocación forzosa de un derecho forestal por causa de utilidad y necesidad pública sobreviviente (Art. 6°), y no sólo a título de sanción: Instrumento

- Participación ciudadana y garantía de transparencia (Art. 8°) como vía de lograr la creciente eficacia de la ley como consecuencia del creciente acatamiento voluntario y del arbitraje moral de una "masa crítica" de jueces de la sociedad civil y de los propios actores (hipótesis de trabajo), mecanismos: programa permanente de difusión para romper la distonía axiológica (hipótesis de trabajo), peticiones, denuncias o iniciativas, acceso público a la información, audiencias públicas, derecho de obtener libramientos de visita a

las operaciones forestales (Art. 88° del Reglamento): Instrumentos (que, por lo demás, implican que potencialmente cada boliviano es un Superintendente Forestal o un potencial agente auxiliar del mismo).

- Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, pero de cumplimiento imperativo (Arts. 12° al 18°), como el eje central de toda la estructura normativa si se quiere lograr que todos hagan las cosas en el lugar correcto y en la forma debida como estrategia para evitar más del 50% de los grandes problemas ambientales que hoy nos agobian -erosión de suelos, depredación de bosques, colmatación de cauces, desbordes e inundaciones, degradación de cuerpos de agua, pérdida de la diversidad biológica, etc.- (hipótesis de trabajo), instrumentos: protección jurídica eficaz contra el avasallamiento de tierras de protección o forestales (lanzamiento en 72 horas con el auxilio de la fuerza pública o la guarnición más cercana de las Fuerzas Armadas); creación de las Reservas Privadas del Patrimonio Natural (exoneradas de impuesto predial, como todas las tierras de protección o forestales) como medio para, entre los demás fines connaturales a toda área protegida, propiciar la "experiencia del bosque" y la "cultura del árbol" como presupuestos necesarios para provocar una corriente creciente de acatamiento voluntario de la ley (hipótesis de trabajo); institucionalización jurídica de las franjas ribereñas, laderas, cortinas rompevientos, etc. como servidumbres ecológicas forzosas inscribibles en la partida registral del predio (instrumento); institución del Plan de Ordenamiento Predial (instrumento), es decir, la clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor llevada a nivel de la auténtica unidad de análisis y gestión del ordenamiento territorial, que es la unidad operativa (predio o concesión forestal), para evitar los daños ambientales ahí donde está el operador ambiental que es quien los genera, siendo los daños ambientales del país no otra cosa que la sumatoria y el efecto multiplicador de estos daños particulares (hipótesis de trabajo).

- Marco institucional: creación de una Superintendencia Forestal (instrumento) con estatus jurídico privilegiado que la dote de estabilidad (período transgubernamental de ejercicio 6 años), profesionalidad, irremovilidad por decisión política sin expresión de causa, beneficio de caso de corte (sólo cuando la Corte Suprema lo encuentre culpable el Superintendente puede ser removido) e inmunidad institucional a las presiones políticas y los factores de poder, precisamente porque no pueda ser removido políticamente, todo ello como medio para asegurar un auténtico arbitraje del Régimen Forestal de la Nación (hipótesis de trabajo). El Superintendente es propuesto por ternas por el Senado y designado por el Presidente de la República. Por otro lado, se hace participar a las municipalidades (instrumento), que son las instancias más próximas a los bosques y a los operadores forestales y pueden resultar en el mejor instrumento de sitio para garantizar el cumplimiento del Régimen Forestal de la Nación (hipótesis de trabajo), y para que puedan implementar sus respectivas Unidades Forestales Municipales (instrumento), se les da el 25% de la patente de aprovechamiento y el 25% de la patente de desmonte (Art. 38°).

- El plazo de la concesión forestal es de 40 años (instrumento), por considerarse que cualquier plazo menor es una señal perversa que induce inevitablemente a la sobreexplotación de los recursos concedidos, dado el ciclo mínimo legal de corta (20 años) y la ley económica de recuperar lo invertido y obtener utilidades superiores a la tasa de descuento (hipótesis de trabajo); dicho plazo es susceptible de reconducción sucesiva mediante prórrogas quinquenales (instrumento), a condición de que el titular obtenga dictamen favorable de la correspondiente auditoría forestal igualmente quinquenal, de manera que, en última instancia, dependa del propio titular si lleva el plazo virtualmente a perpetuidad -si maneja el bosque sosteniblemente-, o si el bosque revierte al dominio del Estado en la primera auditoría quinquenal, con lo que así queda lanzado al aire el incentivo a la sostenibilidad y el desincentivo a la insostenibilidad (hipótesis de trabajo). En caso de salir bien librado de la auditoría forestal, la ley no quiere que se someta al titular a ningún regateo o extorsión administrativa para la formalización contractual de la prórroga (hipótesis de trabajo) y, en consecuencia, ordena que el Superintendente Forestal debe otorgar de oficio lo que la ley al efecto instituye como los "libramientos de prórroga" (instrumento).

- La Ley asume que históricamente se lanzó, a través de la legislación agraria, el incentivo perverso a la deforestación como manera de acreditar la función social de la propiedad, de retenerla y formalizarla, así como de impedir su reversión por abandono, y que tal incentivo debería más bien redirigirse a la conservación y uso sostenible de los bosques en tierras de propiedad privada, mediante el otorgamiento de incentivos y la estimulación del manejo forestal sostenible (hipótesis de trabajo), para eso, la Ley cobra a los propietarios privados patente forestal tan sólo sobre el área efectivamente aprovechada cada año (instrumento), en tanto que a los concesionarios se les cobra sobre el total del área concedida, y declara exentos del impuesto a la propiedad inmobiliaria rural las áreas de protección y forestales en tierras de propiedad privada (instrumento), a la par que otorga a las Reservas Privadas del Patrimonio Natural las

mismas seguridades jurídicas de las áreas protegidas públicas (instrumento).

La herramienta central de gestión forestal es el plan de manejo y sus respectivos planes operativos anuales (instrumentos). Históricamente, muchos planes de manejo tenían inventarios inventados y planes que eran un prodigio de invenciones, por lo que era indispensable asegurar esta vez una alianza estratégica con los profesionales y técnicos forestales a través de mecanismos concretos y eficaces (hipótesis de trabajo). Para esto, se instituye una ficción jurídica (Art. 27°): Los profesionales y técnicos forestales son agentes auxiliares de la Superintendencia Forestal (instrumento) y los documentos que otorguen confieren fe pública sobre la información que contienen (instrumento), pero, correlativamente, cualquier falseamiento constituye figura agravada de falsedad ideológica, Art. 42° (instrumento).

- Mientras existan los piratas, motosierristas y cuartoneros que avasallan cualquier bosque, la posibilidad del manejo forestal sostenible está inviabilizada de antemano. La única forma es acabar con la informalidad, pero no acabando con los informales, sino formalizándolos. Para esto, debe crearse una herramienta que estrangule el producto de la informalidad (la madera cuartoneada) a nivel de la demanda (centros de aserrío y reaserrío urbanos), para matar la oferta matando la demanda; pero, a la vez, debe prever se un mecanismo de formalización de los informales si no queremos que una cuasi guerra civil nos reviente en la cara (hipótesis de trabajo). Para ello, la Ley establece los Certificados de Origen (instrumento) y los Programas de Abastecimiento y Procesamiento de Materia Prima (instrumento) cuya única finalidad es garantizar que la madera provenga exclusivamente de bosques manejados o desmontes autorizados y que el procesamiento primario se haga mediante tecnologías ambientalmente adecuadas, a la par que establece que el 20% de las tierras forestales fiscales de cada jurisdicción municipal estarán destinadas a reservas municipales (instrumento) para el otorgamiento de concesiones a agrupaciones sociales del lugar (instrumento), entre ellas, los motosierristas debidamente organizados.

En suma, si retomamos el diagrama del punto 3 de esta exposición, veremos que tenemos la Ley N° 1700 del 12 de julio de 1996 (punto 1 del diagrama), como un auténtico cuerpo normativo, basado en la realidad natural y social del país y provista de antecedentes de hecho y consecuencias de derecho que, como hemos visto, consisten en premios y castigos. Asimismo, tenemos el Reglamento General, promulgado tan pronto como el 21 de diciembre del mismo año, a la par que al 9 de junio de 1997 ya estaban en vigencia ocho cuerpos normativos subsidiarios, que operativizan y complementan todos los aspectos sustantivos de la Ley y el Reglamento y establecen los respectivos mecanismos, instancias y procedimientos (Normas Procesales del diagrama), a saber:

- Normas Técnicas Sobre Planes de Manejo En Superficies Mayores a 200 ha (R.M. N° 62/97 del 21 de marzo de 1997).
- Normas Técnicas Sobre Planes de Ordenamiento Predial (R.M. N° 130/97 del 9 de junio de 1997).
- Reglamento Especial de Desmontes y Quemas Controladas (R.M. N° 131/97 del 9 de junio de 1997).
- Normas Técnicas Sobre Planes de Manejo en Superficies Menores a 200 ha (R.M. N° 132/97 del 9 de junio de 1997)
- Directriz Sobre Concesiones a Agrupaciones Sociales del Lugar (R.M. N° 133/97 del 9 de junio de 1997).
- Normas Técnicas Sobre Programas de Abastecimiento y Procesamiento de Materia Prima (R.M. N° 134/97 del 9 de junio de 1997).
- Normas Técnicas Sobre Planes de Manejo en Bosques Andinos y Chaqueños (R.M. N° 135/97 del 9 de junio de 1997).
- Normas Técnicas sobre Planes de Manejo en Tierras Comunitarias de Origen (R.M. N° 136/97 del 9 de junio de 1997).

A la par, el proceso de implementación de la Superintendencia Forestal se llevó a cabo a toda marcha (Organos de Aplicación y Fomento del diagrama), estando pendiente por el momento acabar de activar la implementación de las Unidades Forestales Municipales, que algunas ya de hecho, mal que bien, han empezado a dar sus primeros pasos; habiéndose ya aprobado, asimismo, el Estatuto Orgánico del Fondo Nacional de Desarrollo Forestal -FONABOSQUE-. De otro lado, se ha promovido la constitución de la Sociedad Boliviana de Derecho Ambiental -SBDA- (Activadores Procesales del diagrama), con el fin de crear capacidades en la sociedad civil para activar los mecanismos de control social previstos en la legislación forestal.

Ojo, no estoy diciendo que cada una de estas cosas sea necesariamente la divina maravilla ni que necesariamente vayan a funcionar divinamente, ni mucho menos sugiero que se las copien. Lo que digo es que cada una de ellas obedece a una específica hipótesis de trabajo y pretende responder a factores de ineficacia específicamente identifica dos y que eso sí es lo que Uds. deben copiarse, aunque se equivoquen en las hipótesis y en la identificación de los factores, como probablemente nos hayamos equivocado nosotros.

Para acabar, distinguidos visitantes, hablando de leyes como comencé, dicen que es ley del cruceño la

hospitalidad, de manera que yo, acruceñado en toda ley, les reitero mi más cálida bienvenida a esta hermosa tierra, cuyo bello himno dice en una de sus más bellas estrofas: "bajo el cielo más puro de América". Al menos mientras no comiencen las quemas, pero veo que los organizadores han tenido la prudencia de invitarlos antes que las quemas comiencen. Muchas gracias.

Bibliografía

Andaluz, Antonio. Derecho Ambiental, Materiales de Enseñanza, "Nociones Generales". UPSA. Santa Cruz de la Sierra, 1995. 63 pp.

Andaluz, Antonio. Derecho Ambiental, Materiales de Enseñanza, "Suelos - Agua - Bosques - Ordenamiento Territorial". UPSA. Santa Cruz de la Sierra, 1995. 64 pp.

Andaluz, Antonio. Derecho Ambiental.- Propuestas y Ensayos. PROTERRA. Lima, 1990. 217pp.

Anónimo. Caring for the Earth.- A Strategy for Survival. (Chapter: Providing a National Framework). IUCN-UNEP-WWF. Great Britain. 1993.

Anónimo. Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro, 1992.

Bárcena, Alicia. Políticas y Evolución Institucional del Medio Ambiente en los Países Miembros Prestatarios del BID. BID. Washington, 1988.

Bárcena, Alicia. Reflexiones sobre la Incorporación de la Dimensión Ambiental en el Marco Institucional y Operativo del Sector Público en América Latina y El Caribe. BID. Washington, 1987.

Brañes, Raúl. Aspectos Institucionales y Jurídicos del Medio Ambiente, incluida la Partipación de las Organizaciones no Gubernamentales en la Gestión Ambiental. BID. Washington. 1991.

Brañes, Raúl. La Legislación Ambiental en América Latina: Visión Comparativa. UAM. México, 1981.

Cano, Guillermo. Derecho, Política y Administración Ambientales. Depalma. Buenos Aires, 1979.

Cerqueira, Flora. Incorporación de la Dimensión Ambiental en una Administración Pública Sectorializada y Centralizada.- Aspectos Legales, Institucionales y Técnicos. Ponencia, I Seminario Latinoamericano de Sistemas Ambientales para la Planificación. México 1985.

Chávez, Juan Carlos. Análisis de las Fuerzas Socioeconómicas Subyacentes tras la Gestión Ambiental.- La Experiencia Boliviana. CEPAL, 1995.

Constitución Política del Estado (Bolivia) del 2 de febrero de 1967, reformada por Ley No. 1585 del 12 de agosto de 1994.

De Miguel, Pedro. El Medio Ambiente y la Administración del Estado: Aspectos Estructurales. GEOTMA. Madrid, 1981.

Decreto Supremo No. 22884 del 3 de agosto 1991. Reglamento de la Pausa Ecológica Histórica.

Flores, Ximena. Bolivia: Diagnóstico y Uso Potencial de Instrumentos de Regulación y Económicos para la Gestión de los Recursos Naturales Renovables. CEPAL, 1995.

Fuentes Bodelón, F. La Organización Administrativa del Estado para el Medio Ambiente. CIFCA. Venezuela, 1982.

Heinrich, Freddy *et al.* El Medio Ambiente en la Legilación Boliviana. La Paz, 1991. 575 pp.

Ley de Reforma Agraria (Bolivia). D.L. No. 3464 del 02 de agosto de 1953.

Ley del Medio Ambiente No. 1333 del 27 de abril de 1992.

Ley General Forestal de la Nación D.L. No. 11686 del 13 de agosto de 1974.

Mancilla, Richard. Diagnóstico Forestal del Departamento de Santa Cruz. PAFB/FAO, Santa Cruz de la Sierra, 1994.

Pérez, Efraín. Enfoques Legales e Institucionales de la Conservación de la Diversidad Biológica. En Taller Sudamericano sobre la Conservación de Biodiversidad. IUCN-SUR. Quito. 1993.

Ramírez Rebolledo, Guillermo. Legislación Ambiental en los Países del Convenio Andrés Bello. SECAB. Bogotá, 1990.

Reglamento de la Ley General Forestal, D.S. No. 14459 del 25 de marzo de 1977.

Sunkel, Osvaldo *et al.* La Dimensión Ambiental de la Planificación del Desarrollo. CEPAL-ILPES-PNUMA, Vols. I y II, Grupo Editor Latinoamericano, 1988.

Caracterización del Bosque de Cativo (*Prioria copaifera*) en Dos Estados Sucesionales: Clímax y 21 años Post-aprovechamiento

Ricardo Linares

Corporación Nacional de Investigación
y Fomento Forestal (CONIF),
Carrera 50 No. 27-70 Bloque C
Módulo 1 Oficina 1-701,
Santafé de Bogotá, Colombia.
E-mail: conif trauco.colomsat.net.co

Resumen

El aprovechamiento y el manejo racional de un bosque natural debe realizarse con base en el conocimiento de la organización social y geométrica del conjunto de sus poblaciones y de las leyes que lo gobiernan. Esta organización se estudia y describe bajo dos conceptos: la composición florística y la estructura; de hecho sin identificar, describir y explicar las características de dicha organización, sería difícil, e incluso utópico, planificar el manejo del bosque de Cativo. La composición florística y la estructura son elementos álgidos de tratar en las áreas del aprovechamiento y el manejo de los bosques naturales tropicales, debido a que tradicionalmente se ha cometido el error de incluir sólo el componente arbóreo y dejando de lado a los arbustos, hierbas, epífitas, plantas inferiores, hongos, líquenes, musgos, hepáticas y demás formas vegetales, situación que en la medida de lo posible debería corregirse en la futura utilización de los cativales de Colombia.

Dos ejemplos ilustran la importancia de la riqueza florística en los bosque húmedos tropicales: El primero (Hammell, 1990) en la Reserva Biológica La Selva, Costa Rica, en cuyas 1.000 ha. de bosque húmedo tropical primario se han encontrado 1.450 especies vegetales vasculares, de las cuales las epífitas son las más numerosas mientras que los árboles más los arbustos constituyen menos del 50%. Igualmente, los helechos son el conjunto más numeroso, seguido por las monocotiledóneas Orchidaceae y Araceae *(familias de mayoría de especies epífitas); y de los 16 géneros más abundantes sólo dos contienen especies de árboles grandes:* Inga y Ocotea. *El segundo (Hubbell, 1990), es el de la Reserva de Isla de Barro Colorado, Panamá, donde el número de especies herbáceas (incluidas las epífitas) es aproximadamente igual al de especies arbóreas y los grupos más importantes son* Pteridofita, Orchidiaceae *y* Araceae. *También de los 16 géneros con más especies, sólo dos son de árboles:* Inga *y* Ficus.

Lo anterior lleva a la conclusión que una intervención silvicultural o de aprovechamiento del Catival debe estar antecedida del conocimiento de todas sus especies, arbóreas o no, es decir su Riqueza y la abundancia de individuos por especie, su Diversidad.

Finegan (1993), expresa que la "gente siempre ha deseado ver en el bosque húmedo tropical una disposición de las masas foliares en capas que llamamos estratos y, para distinguir y descubrir estos estratos, se han (sic.) hecho uso de los perfiles". Diversos investigadores, como Rollet (1980), expresan acerca del uso de los perfiles de vegetación que "es un proceso completamente arbitrario y que la estratificación no existe, salvo en algunos bosques de composición florística simple". Por lo tanto en este estudio los perfiles no serán tenidos en cuenta como un resultado representativo para la toma de decisiones de manejo y el aprovechamiento. El uso de éstos para el estudio del bosque tiene poco valor y sus resultados son relativos. Es mucho más útil y válida la utilización del concepto de bioarquitectura.

Para los efectos prácticos, se abordará la organización del bosque de Cativo tanto en estado Clímax como Intervenido, pues así se obtienen criterios comparativos con fines prácticos del manejo del bosque antes y después del aprovechamiento. Los resultados se basan en un trabajo de campo realizado por investigadores de la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal, CONIF, de Colombia, en 1994 y 1995. Y ha

sido complementado con el conocimiento adquirido por la entidad durante los 16 años continuos de investigaciones silviculturales que la entidad, desde 1981, desarrolla en el marco del Convenio CONIF y PIZANO S.A. en la región del Urabá Chocoano, noroccidente del país, en la región del Darién, provincia biogeográfica del Chocó.

A continuación se presentan de manera resumida los resultados de caracterización en las dos etapas sucesionales mencionadas, aunque también se tiene información para las etapas 1, 5, 10, 16 años postaprovechamiento. Información adicional puede ser solicitada al autor, en la siguiente dirección: Carrera 50 No. 27-70 Bloque C Módulo 1 Oficina 1-701, Santafé de Bogotá, Colombia. E Mail: conif trauco.colomsat.net.co

El bosque de Cativo es sometido a aprovechamiento industrial debido a sus notables existencias de volúmenes aprovechables (150 m³ por hectárea), su facilidad de regeneración natural, su relativamente fácil accesibilidad y su tendencia monoespecífica, en Cativo, en cuanto a su composición florística. El aprovechamiento lo han realizado empresas productoras de "plywood"; realizan inventarios 100% preaprovechamiento, cortan las especies Cativo, Güino (Carapa guianensis), *Sande* (Brosimum utile) *y Virola* (Mirysticaceae); *el diámetro mínimo de corta es de 60 cm., el desembosque es mecanizado, empleando arrastre con tractores de oruga, y el transporte a los sitios de embarque se hace por medio acuático, para lo cual se construyen canales dentro de la zona para la navegación de remolcadores que halan las trozas. Por otra parte, el Catival (Prioretum) es un ecosistema estratégico y su biodiversidad es muy importante debido a que se halla en uno de los más importantes "hot spots" del planeta. Además, el recurso está sometido a una grave problemática a causa de la ampliación de la frontera agrícola por parte de los colonos provenientes de otras regiones de Colombia, que se estima ha causado la desaparición de alrededor del 40% del recurso.*

Organización del Prioretum Clímax

La información que a continuación se ofrece se basa principalmente en un estudio de CONIF (1995), que es la investigación más válida, rigurosa y actualizada existente para éste ecosistema en el objetivo de evaluar qué sucede con el Catival después del aprovechamiento industrial; sin embargo, tiene el inconveniente de abarcar solamente el llamado Catival A_2, por lo cual haría falta una información del mismo nivel para los Cativales Tipo A_1 y Tipo A_3, especialmente en el estado clímax.

Organización por tamaños de población

Se describe y analiza la organización separando tres grupos de población vegetal, lo que permite una mayor comprensión y un mejor tratamiento de la mayor parte de las formas vegetales del bosque y su sociología, a saber: Vegetación con D.A.P. (Diámetro a la Altura del Pecho, aprox. 1.30 m.) > 10 cm., Vegetación con D.A.P. > 1 cm. y < 10 cm. y Vegetación con D.A.P. < 1cm.

- ***Vegetación con D.A.P. > 10 cm.***

Los levantamientos de vegetación muestran una apreciable riqueza florística de especies arbóreas, que podría contradecirse con la característica monotípica de este bosque en torno al Cativo (*Prioria copaifera*). Se registran 235 árboles, pertenecientes a 25 familias y 42 especies. Las familias mejor representadas son Lecythidaceae (con *Eschweilera garagarae; Gustavia nana; Gustavia superba; Lecythis turiana y Lecythis sp.*) seguida de Meliaceae (*Carapa guianensis; Trichilia martiana* y *Cedrela sp*).; a éstas les precede un grupo conformado por Anacardiaceae; Apocynaceae; Arecaceae; Moraceae y Caesalpinaceae; y por último Annonaceae; Boraginaceae; Bombacaceae; Combretaceae; Mimosaceae y Lauraceae, cada una con una sola especie.

Composición florística y estructura

En esta categoría de tamaño el Catival Clímax presenta pocas especies pero cada una con un número elevado de individuos; se destacan: *Prioria copaifera* Grisebach que tiene la mayor abundancia (100 individuos por hectárea), seguida de *Tabebuia rosea* (Roble) y *Carapa guianensis* Aubl. (Guino) con 13 cada una, continúan *Cocoloba miliansii.* Stand. (Guaragauo) con 10, *Castilloa elástica* Cerv. con 8, *Gustavia nana* y *Pterocarpus officinalis* Jacq. con 7 cada una y *Tabernaemontana chocoensis* (Gentry), *Brosimun alicastrum* y *Trichilia martiana* D.C. con 5 cada una. Estas especies agrupan el 71.5% del total de individuos encontrados. Las demás especies, con 4 o menos individuos, participan con el restante 28.5% de individuos.

La dominancia (%), respecto al área basal en m².ha., indica el siguiente orden descendente: *P. copaifera* -76.97% y 31.384-, *L. turiana* -5.94% y 2.423, *Castilloa elástica* -2.76% y 1.12, *Anacardium excelsum* -0.782-, *Terminalia lucida* -0.717-, *Carapa guianensis* -0.646- y *Pterocarpus officinalis* -0.688. Estas siete especies agrupan el 90.7% de la dominancia, mientras que otras 35 especies cubren tan sólo el 9.29% de la misma.

Importancia ecológica

Según el Índice de Valor de Importancia Simplificado (IVIS/300), *P. copaifera* es la de mayor importancia ecológica pues tiene un IVIS de 119.52 (tanto por su número de individuos o abundancia relativa como -Ar- como por su dominancia relativa -Dr-; le siguen cuatro especies más, *L. turiana* (7.64), *C. guianensis* (7.1); *T. rosea* (6.91) y *C. elástica* (6.16); estas cinco especies representan el 78.28% del IVIS total, o sea que dominan la mayor parte del catival intervenido. Otro grupo de seis especies constituyen el 7,21% del IVIS, es decir tienen una baja importancia, como: *Coccoloba williamsii* (3.4599); *Gustavia nana* (3.2405); *Tabernaemontana chocoensis* (2.9918); *Brosimun alicastrum* (2.4758); *Thrichilia martiana* (2.3965) y *Anacardium excelsum* (2.344). Las restantes especies tienen muy baja importancia ecológica, debido a su bajo número de individuos y a la

poca área basal, tales como: *Posoqueria latifolia; Hirtella racemosa; Aspidosperma sp; Pouteria caimito; Herrania pulcherrima; Cespedecia macrophylla;* y las Arecaceae *Geonoma oxicarpa* y *Astrocaryum Standleyanum*, entre otras.

♦ ***Vegetación D.A.P >1 cm. y < 10 cm.***

Este grupo de tamaño está representado por 32 familias botánicas con 57 especies, lo que se estima una alta biodiversidad.

Composición florística y estructura

Las familias de mayor presencia en este estrato son la **Rubiaceae** con géneros como: *Condominea; Gonzalogumia* y *Pentagonia*; la familia **Anonaceae** cuyos géneros y especies más destacadas son: *Guatteria sp.; Guatteria tanduzii* Diels; *Malmea anomala; Oxandra sp. y Rollinia mucosa.* seguidas por **Mimosaceae** con el género *Inga* y sus especies *semialata; sapindoides; edulis y psittacorum*; un poco menos importante pero bien representada se halla la **Piperaceae** con el género *Piper* y sus especies *novogranatense; multiplinervium; reticulatum y umbraculum.* Otras familias de menor representación en cuanto al número de especies, pero de importante significancia por su presencia son **Moraceae** con el género *Castilloa* y sus especies *elástica* y *tunu* más *Maquira costarricana.* Por último, la familia **Lecythidaceae** con las especies *Eschweilera garagarae; Gustavia superba* y *L. turiana.* Respecto al grupo D.A.P.> 10 cm., en éste existe mayor cantidad de familias con mayor número de especies, destacándose el conjunto de las familias **Rubiaceae; Annonaceae; Piperaceae; Mimosaceae; Moraceae; Lecythidaceae; Urticaceae; Solanaceae; Polygonaceae; Meliaceae; Euphorbiaceae; Mecaceae y Apocynaceae.**

Importancia ecológica

Se reportan 494 individuos para las 57 especies identificadas. Por su abundancia se destacan *Tabernaemonta chocoensis* (con 48 individuos/ha); le siguen *Piper reticulatum* (46), *C. elastica* (42), *Coccoloba williamsii; Camaedorea tepejilote* y *Urea sp.* En esta categoría de tamaño la denominancia está definida por la abundancia de cada especie, mas no por su área basal, ya que se trata de una comunidad de gran cantidad de arbolitos y arbustos de baja altura y fustes delgados. Se destacan la *Urea sp.; Piper reticulatum, C. williamsii; Guatteria tanduzii; Gustavia superba; Schweilera garagarae* y *C. elastica* entre otras. De ellas, cuatro constituyen casi el 35% del total : *Piper reticulatum* (21.3690 de IVIS), *T. chocoensis* (18.3175), *C. williamsii Stand.* (17.5604); *C. elástica* (12.8285). El restante 65% aproximado lo agrupan 53 especies cuyo IVI es bajo o muy bajo, por lo que se considera que un gran número de especies tiene una importancia ecológica relativamente baja. Se halló que la regeneración natural de las especies típicas del Prioretum Clímax, con D.A.P.> 1 cm., es escasa.

♦ ***Vegetación D.A.P < 1 cm.***

Es la categoría de tamaño con más alta diversidad, compuesta por gran cantidad de taxas y variedad de formas botánicas, como lianas, hierbas, bejucos, plantas del piso, arbolitos, arbustos y palmas, excluyendo los briófitos y la vegetación denominada inferior, que será descrita posteriormente. La integran 80 especies representadas por 19.914 individuos/ha.; las de mayor presencia son: "Baba de zaino" *ongispatha* (9.212 individuos) que se distribuye extensamente en el piso del bosque formando grupos dominantes y es muy agresiva; el "Platanillo" *Heliconia brachiantha* (3.134) que ocupa grandes áreas del piso del Catival y presenta amplia distribución con hábito gregario; *Aechmea magdalenense* "Pita" (1.952) de comportamiento similar a *Dieffenbachia* y excluye el desarrollo de otro tipo de vegetación. También se destacan los helechos, como el "helecho hurtado" *Tectaria incisa*, familia **Dryopteridoidea** (128 individuos/ha); el "Helecho Arroyo" *Pteris propingua* Agardn., **Polipidiaceae** (50) y "Helecho Mena" *Tectaria draconoptera* Copel, **Dryopteridoidea**, (124) También son abundantes las Selaginellas con un total de 550 individuos/ha., destacándose la "Oreja de mula" *Philodendron podophyllum.*

A nivel de la regeneración de especies arbóreas se hallan arbolitos de *P. copaifera* con 2.028 brinzales/ha., muy localizados en sitios con significativa apertura de claros (en forma agrupada o gregaria, *C. elástica* (548) y *Bactris paula* Bailey (88).

Organización general del prioretum clímax

♦ ***Organización horizontal***

Diversidad florística

En la vegetación mayor de 1 cm de diámetro se reportan 80 especies de 37 familias representadas por 729 individuos. En esta diversidad dominan 11 familias **Rubiaceae; Annonaceae; Monaceae; Lecythidaceae; Piperaceae; Mimosaceae; Arecaceae; Apocynaceae; Chrysobalanaceae; Meliaceae** y **Papilionaceae.** Otras familias importantes pero menos representadas son: **Lauraceae; Combretaceae; Sapindaceae; Tiliaceae** y **Clusiaceae**, entre otras.

En el sitio del estudio se halló que los pies de masa de *P. copaifera* abarcan un área basal de 41.5563 m²/ha., que equivalen al 75.55% del total, así como una abundancia relativa del 14.26%. Igualmente se comprobó que esta especie es la de mayor peso ecológico con un 44.90% del IVI Total, lo cual ratifica lo expuesto por Linares (1988) sobre la tendencia del ecosistema a la homogeneidad y la monoespecificidad del bosque. Al Cativo le siguen, con mediana a baja importancia, *C. elástica* (4.82% del IVI) que presenta un relativo alto número de individuos pero poca área basal; *Tabernaemontana chocoensis* (4.1415%). Posteriormente se ubican, con dominancia baja a muy baja, *Piper reticulatum* (3.46%) de alta abundancia relativa pero

poca área basal; *C. williansii* (3.39%); *L. turiana* (3.32%) cuyo peso ecológico se debe al grosor del fuste, además que alcanza los niveles altos del estrato, quedando en muy buena posición de competencia con los dominantes de la asociación y *C. guianensis*, de característica similar a la anterior. Otras especies, de bajo peso ecológico; son: *Tetrathylacium jonansemi, Quararibe asterolepsis, Trema micrantha* y *Urera sp.*

El cociente de mezcla en la vegetación mayor de 1 cm. de diámetro del Catival Clímax estudiado es de 1:9; es decir, que cada especie vegetal está representada por un promedio de 9 individuos, que es una forma de expresar su diversidad florística (CONIF, 1995).

Indice de diversidad de Shannon - Weaver

El índice de Shannon - Weaver (H) para este estado del Catival es de 5.243, equivalente a que el ecosistema posee alta diversidad (729 individuos y 80 especies) en el grupo de plantas con DAP > 1 cm. (ibid.)

Riqueza florística

Los resultados de CONIF (1995), reportan 85 especies sobre un área muestreada de 2.500 m², incluyendo la vegetación baja; igualmente que a partir de 1.700 m². la curva AREA-ESPECIE incluye a casi el 92% de las especies, indicativo de una notable riqueza florística.

♦ *Organización vertical*

Estratificación

Se aprecia marcadamente que el Prioretum Clímax posee un nivel superior en el que se agrupan las especies dominantes, de grandes árboles de hasta 40 m. de altura copas de más de 15 m.; en el piso inferior subsiguiente están los escasos árboles intermedios que no sobrepasan los 30 m de altura, sin formar una gruesa faja. En el gradiante vertical sigue un sotobosque de aproximadamente 15 m. de altura, dominado por **Arecaceae** y vegetación propia de etapas inferiores. Es decir, se tiene la presencia de 3 estratos, dos superiores continuos y uno inferior separado de los dos primeros por una discontinuidad.

♦ *Organización arquitectural*

Se levantó un perfil de la vegetación superior (DAP > = 10 cm.), el cual mostró árboles de hasta 40 m de altura con proyección de copas de más de 15 m de diámetro y fuertemente condensadas, con alta dominancia de *P. copaifera* y *L. turiana*, con D.A.P. mayor a 100 cm., fustes en su mayoría rectos y con buenas características morfológicas, esporádicamente cubiertos por lianas de hasta de 35 cm. de diámetro, como el "Bejuco Chocho" *(Entada sp.)* y el "Bejuco Don Guandú" (*Uncaria racemosa*). Estos árboles dominantes presentan vegetación asociada hasta los 20 m. de altura; igualmente tienen pocas raíces fúlcreas o contrafuertes, hecho curioso, que en cambio son una característica común de la vegetación cliófila intermedia y baja. Entre las palmas, *Geonoma oxicarpa* es esporádica y alcanza hasta 10 m. de altura.

El sotobosque está copiosamente poblado, principalmente por *Aechmea magdalenae; Dieffenbachia longispatha* y *Heliconia brachiantha.* Su caracterización aproximada indica que hay abundante regeneración natural de *C. elástica; Tabernaemontana chocoensis* y *P. copaifera*, entre las arbóreas más comunes, más algunos ejemplares de la vegetación baja como *Selaginella arthritica; Anthurium anorianun, Ischnosiphon sp.* y *Piper reticulatum*, junto con helechos como *Pteris propingua; Tectaria draconoptera y Polybotrya sp.* La vegetación conformada por hierbas y bejucos presenta un considerable número de especies, 73 en total, lo que incrementa la ya notable biodiversidad del Prioretum.

En la arquitectura del bosque clímax sobresalen claros formados por la caída de grandes troncos y ramas, originándose espacios de apertura de la sucesión natural de gran tamaño, los cuales son esporádicos y muy localizados. En el piso del bosque hay gran acumulación de detritos que forman una capa de descomposición y transformación de la materia orgánica, mezclada con la red radicular (notoriamente pivotante). Los árboles muertos en pie son escasos pero corpulentos y conforman verdaderos enclaves de hojarasca y detritos.

Organización del Prioretum intervenido

Los estudios en Catival Intervenido han sido realizados ininterrumpidamente por CONIF, desde 1982, a través de 8 ensayos de campo, orientados especialmente a bosques disturbados por la explotación o el aprovechamiento forestal mas no a los disturbados por el cambio de uso de la tierra en la colonización espontánea.

Como el objetivo de este trabajo consiste en tener herramientas ecológicas para planificar y ejecutar el manejo y la utilización sostenible de los Cativales, es importante analizar la organización de varios de sus estados sucesionales, según varias edades de aprovechamiento y, supuestamente, representativas de varias edades sucesionales. Para este caso ha sido posible recopilar y analizar estudios referentes a la organización de la comunidad vegetal en edades sucesionales de 0 (cero), 5 (cinco), 16 (dieciséis) y 21 (veintiún) años. Este enfoque es fundamental pues se considera que el futuro de la conservación, la utilización y el manejo del *Prioretum* recae en los llamados Cativales Secundarios y Cativales Primarios Intervenidos, aún más que en los Cativales Clímax.

Prioretum intervenido - 21 años

- ***Vegetación D.A.P. > = 10 cm.***

Composición florística y estructura

Se registran 382 individuos pertenecientes a 86 especies de 39 familias. La familia mejor representada es **Annonaceae**, con *Guatteria sp.; Guatteria tanduzii; Oxandra panamensis; Oxandra sp; Rollinia mucosa* y *Unonopsis sp.*, precedida de las familias ***Moraceae***, con *Brosimun alicastrum.; C. elástica .; C. tunu; Clarisia racemosa; Pseudolmedia laevigata.* y *Sorocea aff. Hensi.*; **Meliaceae** con *C. guianensis.; Cedrela sp.; Trichilia martiana; T. poeppizii.* y *T. quadrijuga.*; **Mimosaceae**, con *Inga psittacorum; I. edulis, I. sapindoides, I. semialata; C. martius* y *Pentaclethra macroloba.* Por último, con gran importancia, **Papilionaceae** con *Dipteryx panamensis; Dussia sp.; Myroxylum balsamum; Pterocarpus officinalis* y *Uribea tamarindoides.*

De las 39 familias reportadas en esta categoría de tamaño, 32 presentan cada una menos de 3 especies, muchas incluso una sola especie. También el número de individuos por especie es bajo y sólo 9 especies tienen más de 10 individuos/ha. Las 10 especies más abundantes son *P. copaifera* (con 18 individuos), "Vela" (*Rubiaceae N:N:*) con 18, *Swartzia pinnata* y *Pouteria caimito*, con 15 cada una, *C. guianensis*, con 13, y *C. elástica* con 12, *Pentaclethra macroloba* con 11, y *Aspidosperma sp., B. alicastrum.* y *Triplaris americana*, cada una con 10. Estas 10 especies representan el 34.55% de la abundancia, mientras que, en contraste, las otras 76 componen el 65.45%, incluso una buena parte con menos de 10 individuos por hectárea.

La dominancia señala que *Anacardium excelsum*, especie relictual del aprovechamiento, tiene la mayor área basal por hectárea (7.716 m^2. de sólo 3 árboles, en el estudio), la cual no fue extraída en la intervención del sitio; esto concuerda con lo hallado en otros tipos y estados sucesionales de catival por Linares (1988), Linares y Martínez (1991) y Ríos (1996). Con esta excepción, las especies de mayor dominancia en el Catival Intervenido son: *P. copaifera* (2.77 m^2/ha.) y *Dipteryx panamensis* (2.321 m^2/ha). Las siguientes especies tienen menor área basal, pero también son importantes: *L. turiana* (1.586 m^2); *Hirtella racemosa* (1.526 m^2); *C. guianensis* (1.369 m^2); *C. elástica* (1.234 m^2) y *Neea delicatula* (1.313 m^2); esta categoría de tamaño posee 34.911 m^2/ha de área basal.

Importancia ecológica

Con base en el **IVIS**, hay dos especies del mayor peso ecológico: *Anacardium excelsum* (22,88% del IVIS), de alta abundancia y baja abundancia, y *P. copaifera* (12.667% del IVIS), con equilibrio entre abundancia y dominancia. Siguen 4 especies de alto a mediano valor ecológico: *D. panamensis* (7.43%) que presenta árboles de gran porte y baja densidad/ha., *C. guianensis* (7.3237%), *C. elástica.* (6.6748%) y *Neea delicatula* (6.1156%). En tercer lugar hay 6 especies, de valor ecológico medio: *P. macroloba; P. caimito; Aspidosperma sp; Chrysophyllum sp;* una *Rubiaceae* (*N.N.*) y *L. turiana*; con IVIS de 5.0 a 6.0%. Las anteriores 12 especies suman el 47.61% del IVIS, de modo que su conjunto es el mayor peso ecológico. Las otras 74 especies suman el 52.38% y se les asigna una importancia ecológica de media a baja.

La descrita estructura del Catival Intervenido indica que, a los 21 años, las especies más importantes del ecosistema en biostasis ocupan dentro de la organización del intervenido posiciones estratégicas, a la vez que otras están en el proceso de ganar espacios típicos para el establecimiento.

- ***Vegetación D.A.P. > 1 cm. y < 10 cm.***

Composición Florística y Estructura

Esta vegetación está compuesta principalmente por especímenes de **Arecaceae** más árboles juveniles y arbustos. La componen 93 especies de 39 familias y se le considera como altamente diversa; constituye un estrato intermedio, muy significativo en la organización horizontal y vertical del bosque. Se destacan las familias **Annonaceae**, con *Guatteria chocoensis; G. tanduzii; Malmea anómala; Oxandra panamensis; Oxandra sp; Rollinia mucosa* y *Unonopsis gracilis*; **Mimosaceae** con predominio del género *Inga*, especies *I. psittacorum; I. edulis; I. saffordiana; I. sapindoides* e *I. semialata*; además de *P. macroloba;* y **Moraceae**; con *B. alicastrum; B. guianense; C. elástica; C. tunu; P. laevigata* y *Sorocea affinis.* Las **Palmae** participan en proporción importante y se destacan *Bactris maraja; B. paula; Crysophila kalbreyeri; Geonoma oxicarpa* y *Socratea exorrhiza*, al igual que **Lecythidaceae**, representado por *Eschweilera garagarae; Grias cauliflora; Gustavia nana; G. superba* y *L. turiana.* Las **Meliaceae** también tiene notable participación en la estructura y la fisionomía de este gradiante vertical, con *C. guianensis; Cedrela sp; Trichillia martiana; T. poeppigii* y *T. quadrijuga.*

Importancia ecológica

Fueron hallados 1.726 individuos/ha., pertenecientes a 93 especies y 39 familias. Según la abundancia se destacan: *Sloanea sp.* (136 individuos/ha. -7.88% de la abundancia relativa total), seguida de *Bactris maraja* (108 y 6.26%), *Clavija mezzii* (92 y 5.33%), *Castilloa tunu* (80 y 4.63%), *Gustavia superba* (72 y 4.17%) y *P. copaifera* (62 y 3.58%). De todas las especies solamente 28 tienen más de 20 individuos/ha. y conforman el 72.54% del total de la población sumando 1.252 ind./ha.; mientras que las 65 especies restantes hacen el 27.46% del total de abundancia, sumando en conjunto 474 ind./ha. La dominancia en este grupo la comandan *Gustavia superba* (7.38% del área basal total) y *Sloanea sp.* (7.05%), seguidas por *C. tunu* (5.50%).

Según el valor ecológico, se destacan 6 especies: *Sloanea sp.* (7.46% del IVIS Total), con alto peso ecológico por su densa población; *Gustavia superba* (5.77%), que presenta equilibrio entre abundancia relativa y dominancia; *Bactris maraja* (5.13%) con alta abundancia relativa ser una especie gregaria; *Castilloa tunu* (5.07%); *Clavija Mezzii* (4.16%) cuya importancia ecológica se debe a la abundante población/ha.; y, por último, *P. copaifera* (3.60%). Les siguen 6 especies de mediana importancia ecológica: "Amarillo" (*N.N.*); *Trichillia*

poeppigii; "Vela" (Rubiaceae *N.N.*); *P. caimito*; *P. laevigata*; *G. nana*; *E. garagarae*; que suman el 17.54% del IVIS total. Estas doce especies participan del 48.76% del IVIS total y representando el mayor peso ecológico del estrato. Las 80 especies restantes tienen importancia ecológica de baja a muy baja y suman el 51.242% del total de IVIS.

Todo este comportamiento señala que en la vegetación del Catival Intervenido (21 años), con diámetro entre 1 y 10 cm., el 86% de las especies están representadas por pocos individuos de baja área basal, además.

♦ *Vegetación D.A.P. < 1 cm.*

Como en el Catival Clímax, este grupo presenta alta biodiversidad, comparada con los otros grupos descritos. La constituyen bejucos, hierbas, herbáceas, rastreras, brinzales, arbustos, Aráceas y vegetación inferior, incluyendo líquenes, musgos, o sea Briófitos en general; aunque a estos últimos se les excluyó del análisis cuantitativo, y solamente se les relaciona en el inventario de biodiversidad. En el estudio de CONIF (1995) fueron registrados 15.924 ind./ha. de 118 especies botánicas; según su abundancia se destacan: *C. elástica* (hábito arbóreo) con 4.906 individuos/ha. y "Selaginella" *Selaginella arthritica Aiston* con 2.214 que, aunque de población localizada, es muy abundante. Entre la regeneración natural temprana de especies arbóreas sobresalen: *Quararibea asterolepsis* (574 ind./ha.), *D. panamensis* (274), *G. superba* (168), *Inga semialata* (180), *Oxandra sp.* (306), *P. caimito* (192), *Hirtella racemosa* (200) y *Posoqueria latifolia* (288). De menor abundancia relativa son: *P. copaifera* (60 ind/ha.), *Rheedia madruno* (74), *Trichilia poeppigii* (138).

En el estrato bajo se destacan las **Arecaceae**: *Astrocaryum malibo*, especie acaule (con 374 palmas/ha.), *Geonoma oxicarpa* (326) y *Chamaedorea sp.* (250), que se distribuyen uniformemente y son frecuentes en el piso del Catival. En segundo lugar son reportadas, con menor presencia, *Socratea exorrhiza* (62), *Crysophila kalbreyeri* (20) y *Bactris maraja* (56), entre otras. También son importantes los bejucos, entre los que se reportan: "Bejuco tortugo" *Hippocratea sp.* (586 ind./ha.), "B. hombresolo" *Paullinia sp.* (106) y *Cortada sp.*, que presenta poco número de individuos pero estructuras que, una vez desarrolladas, alcanzan hasta 35 cm. de diámetro. Junto con ellos cohabitan los helechos, de gran presencia dentro de las denominadas Hierbas, como *Tectaria incisa* "Helecho hurtado" 400 ind/ha., *Asplenium delitescens* "Helecho clavellino" (346), *Diplazium gradifolum* "H. moreno" (466); *Tectaria draconoptera* "H. mena" (132), *Pteris propingua* "Helecho arroyo" (42) y *Adiantum tetraphyllum* "Helecho porrancho" (44). Algunas otras especies que compiten en este estrato, pero con menor abundancia, son: *Diettenbachia oerstedii* y *D. longispatha*, *Heliconia brachianta* y *H. imbricata* "Platanillo Cansamuchacho"; *H. atratensis* "Platanillo Lengüevaca", *Crinum enebescens* "Lirio"; *Calathea insigne* "Hoja taza" y *Campelia zanonia* "Chicoria".

♦ *Organización general del Prioretum a los 21 años de intervenido*

Organización horizontal

- **Diversidad florística**

Son relacionadas las 118 especies, excluyendo hierbas, bejucos y vegetación inferior, que pertenecen a 48 familias representadas por 2.108 individuos. Se destacan dos familias por reunir un número notable de especies: **Annonaceae** con *Guatteria chocoensis*; *G. tanduzii*; *Malmea anómala*; *Oxandra panamensis*; *Oxandra sp*; *R. mucosa*; *U. gracilis*; **Moraceae** con *Brosimun alicastrum*; *B. guianense*; *C. elástica*; *C. tunu*; *Clarisia racemosa*; *P. laevigata* y *Sorocea affinis*. Con menos especies, pero igualmente importantes, aparecen **Mimosaceae** con *Inga psittacorum*; *I. edulis*; *I. saffordiana*, *I. sapindoides*, *I. semialata* y *P. macroloba*; **Rubiaceae** con *Condaminea sp.*; *Gonzalagunia sp.*; *Macaonia acuminata*; *Pentagonia brachyotis* y *Posoqueia latifolia*. Las **Arecaceae** tienen muchísima importancia por su distribución y cobertura, con *Astrocaryum standleyanum*, *Bactris maraja* y *B. paula*, *Crysophila kalbryeri*; *Geonoma oxicarpa* y *Socratea exorrhiza*.

La mayoría de familias (37) poseen sólo de una a tres especies, indicativo de una alta heterogeneidad, como lo confirma el análisis del IVIS en el que se muestra que la mayor abundancia relativa la poseen *Bactris maraja*, con sólo el 5.12% del IVIS total, y *Clavija mezzii* (4.36%). En segundo lugar, con mediana abundancia, están *Castilloa tunu* (4.17%) y *P. copaifera* (3.795%). Otras especies, de abundancia menor, son: *Vela* (*Rubiaceae N.N.*), *Oxandra sp.*; *Pouteria caimito*; *Pseudolmedia laevigata*, *Trichilia poeppigii* y *Rinorea viridifolia*. Por último, aparecen otras especies con representación muy baja en cuanto a número de individuos, como *Bursera simarouba*, *Cordia panamensis*, *Posoqueria latifolia*, *Parmentiera stenocarpa* y *Luehea seenmanii*, entre otras.

Según la dominancia, sobresale *A. excelsum* (20.845% del total de Area Basal), con individuos remanentes de la explotación; seguido por *D. panamensis* (6.277%), *C. guianensis* (3.736%) e *Hirtella racemosa* (4.16%). Respecto IVIS, las especies de alto peso ecológico son: *A. excelsum* que sustenta el 10.54% del total del IVIS, *P. copaifera*, tanto por su abundancia como por su área basal, el 5.75%, *Sloanea sp* el 3.56%, *D. panamensis* el 3.4% y *Bactris maraja* el 2.68%. De importancia ecológica media a baja son reportadas *H. racemosa*; *C. guianensis*, *Clavija mezii*; *Quararibea astevoleis*; *Gustavia superba*; *Aspidosperma sp.* y *Pouteria caimito.*, y como especies del menor peso ecológico a *P. latifolia*; *Urea sp*; *C. pentandra*; *Dilodendron costaricensis*; *Condaminea sp*; *Piper umbraculum* y *Hernandia didymantha*. Es decir, que 15 especies son las de mayor importancia ecológica y representan el 48.74% del total del IVIS, mientras que el 51.26% restante lo aportan 103 especies.

En resumen, florísticamente la vegetación de diámetro mayor a 1 cm. está conformada por 2.108

individuos/ha. correspondientes a 118 especies de 48 familias y que suman un área basal media de 37.073 m². El cociente de mezcla indica una relación 1:17; es decir, que cada especie registrada presenta una población promedio de 17 árboles por hectárea, o sea que, a pesar de la alta diversidad antes definida, el *Prioretum* se encuentra en proceso evolutivo a la heterogeneidad, a la vez que se caracteriza como un ecosistema secundario tardío, lo que confirma lo previamente expuesto por Linares (1988).

- **Índice de diversidad de Shannon - Weaver**

Al igual que para la vegetación de diámetro mayor a 1 cm. (a 1.30 m. de altura del tallo), el índice de Shannon-Weaver (H) es de 5.707, lo que representa un comportamiento de alta diversidad florística (1.208 individuos que corresponden 118 especies).

- **Riqueza florística**

El estudio de CONIF (1995), analizó la riqueza florística del Catival Intervenido-21 años mediante la curva especie-área de 2.500 m²., con áreas de adición de 100 m² en forma de transecta, incluyendo a la vegetación mayor de 1 cm de DAP, a la vegetación inferior, a la del sotobosque y a las hierbas. Se halló que la curva tiende a estabilizarse a partir de los 1.700 m², punto en el cual se reúne el 92.97% del total de las especies muestreadas; lo que la señala como el área mínima de la expresión biológica de dicho ecosistema.

Las especies dominantes son *Quararibea asterolepsis; Pouteria caimito; Triplaris americana; C. elástica; P. copaifera* y *Terminalia lucida*, con árboles de hasta 30 m. de altura que entremezclan sus copas y conforman un dosel completo; con escasa vegetación asociada, como algunos líquenes, bejucos, aráceas, epífitas, orquídeas y ariófitos. Como en el bosque clímax, los grandes árboles conservan fustes rectos y ramas bien desarrolladas, con proyección lateral. Los grupos subyacentes, de la estructura inferior del bosque son: árboles de porte medio como *Pentaclethra macroloba; Inga edulis e I. semialata; Chrysophyllum sp; Pleuranthondendron sp.; Sterculia apetala; Grias cauliflora; Licania sp; Parmentiera stenocarpa;* y la palma *Astrocaryum standleyanum*. En el estrato inferior, formando parte importante de sotobosque, participan y definen la arquitectura *Astrocaryum malibo; Geonoma oxicarpa y Bactris maraja.*

Es importante la cantidad de pequeños claros en evolución, como producto de la caída, por causas naturales o antrópicas, de plantas de grandes dimensiones, proceso del cual quedan los vestigios, como son los troncos y ramas en dinámica de descomposición. Igualmente hay gran cantidad de hojarasca en descomposición, concentrada sobre todo en las cepas de las palmas de bajo porte, debido a que la disposición de sus frondas les permite actuar como canales recolectores de los detritos. La totalidad de los árboles presentan bambas o raíces fúlcreas y, a veces, contrafuertes. Las lianas proliferan sobre el piso del bosque y es típica la presencia de aguijones bien desarrollados, como característica defensiva de las plantas.

Proliferan las **Arecaceae** *Astrocaryum malibo* y *Chamaedorea sp.*, los Pteridofitos (helechos) como *Displazium grandifolium; Cycloptesis semicordata; Pteris propingua y Asplenium delitescens*, así como las herbáceas *Philodendron venezuelense; Anthunum panduriforme; A anorianum; A. clavigerum* y los bejucos *Monstera acuminata y Habenuna bractescens*. También prolifera la regeneración natural de especies arbóreas, como *C. elástica; P. copaifera; Pouteria caimito* e *Inga semialata*. Son reportadas especies herbáceas tenidas como indicadoras de ambientes húmedos, tipo *Seloginelba onceps* y *Piper multiplinervium.*

Organización vertical

Los patrones estructurales en el plano vertical indican que el Catival Intervenido-21 años posee las siguientes características:

- **Estratificación**

Las grandes alturas corresponden a algunos árboles del pasado que no sufrieron impactos en la intervención del aprovechamiento, los cuales son esporádicos y dominan con alturas mayores a 30 m. de altura; luego del anterior grupo se halla uno conformado por especímenes que ocupan el nivel entre 15 y 30 m., la mayoría con copas iniciando contacto y formando un tipo de dosel intermedio. Por debajo de este grupo codominante se ubica otro, pequeño pero biológicamente significativo, constituido por algunas palmas, árboles bajos y árboles en etapas intermedias de desarrollo, en la franja entre 6 y 15 m. de altura. Por último, cerca al piso, hay una población caracterizada por la presencia de palmas, arbustos y árboles pequeños (posiblemente latizos de los árboles dominantes y codominantes). Ecológicamente se destaca la competencia de las palmas sobre el resto de la comunidad vegetal, debido a que, en la parte media y baja, prácticamente sus frondas se cierran sobre el pequeño dosel inferior. En resumen, existen cuatro estratos en el plano vertical, con los siguientes gradientes: ESTRATO UNO de 0 a 8 m.; ESTRATO DOS de 8 a 15 m.; ESTRATO TRES de 15 a 30 m.; ESTRATO CUATRO mayores de 30 m..

Organización arquitectural

Arquitecturalmente la población del Catival Intervenido hace 21 años muestra una organización estructural con especies e individuos que constituyen un mosaico en el que se encuentran algunos escasos árboles con alturas mayores de 30 m., como las especies *Dipteryx panamensis* (Choibá) y *Anacardium excelsum*(Caracolí) cuyos árboles cubren una gran área de proyección de copas, albergando algunos bejucos y epífitas.

Conclusiones

El ecosistema Catival a los 21 años postaprovechamiento tiene una estructura y composición diferentes a las del Catival Clímax, como resulta obvio de dicho tipo de intervención. El estado de su biodiversidad para formas vegetales mayores a 1 cm. de diámetro es sensiblemente diferente especialmente en cuanto a la diversidad pero la riqueza de especies es relativamente similar. Las especies de mayor importancia ecológica en el clímax se hallan ocupando posiciones intermedias a los 21 años postaprovechamiento. Sin embargo, los cambios hallados no son drásticos, que amenacen la supervivencia del ecosistema, la integridad de sus poblaciones o la supervivencia de la mayor parte de las especies vegetales. El estado de la biodiversidad se puede calificar de aceptable y el estado ecológico y silvicultural del bosque para el manejo es bueno.

Debe sentarse la premisa de que no se debe esperar tener bosques resultantes del aprovechamiento forestal que tengan las mismas características fitosociológicas del ecosistema clímax sin intervención; por el contrario, asumir que la explotación maderera necesariamente induce un daño que demorará muchos años (mucho más de 21 para el Catival) para alcanzar la reconstrucción del ecosistema. De todas maneras, la cíclicas intervenciones a un bosque bajo manejo no permitirán una recuperación total; sería más saludable enfocar los esfuerzos hacia tres estrategias:

- En bosques orientados a la producción, buscar minimizar los impactos del aprovechamiento sobre la biocenosis y sobre el biotopo, con prácticas racionales y mejoradas, de modo que se conserve al ecosistema en su nivel crítico de funcionamiento para garantizar la productividad biológica y económica.

- En bosques para la preservación, como los de áreas protegidas, esforzarse por tener reservado una cantidad representativa de los ecosistemas boscosos que, en otra parte, estén siendo dedicados al manejo y la producción.

- En el caso del Prioretum, como en el de otros bosques tropicales, implementar estrategias y medidas para evitar que la presión antrópica induzca al cambio de la tierra, que produce la desaparición total del recurso y su biodiversidad.

Estructura del Rodal y Distribución Espacial de Especies Arbóreas Comerciales después de la Explotación Selectiva de un Bosque Húmedo Deciduo en Venezuela

Ludwig Kammesheidt[1]
Armando Torres-Lezama[2]

Resumen

Se estudió el impacto de la explotación selectiva sobre la estructura del bosque y el patrón espacial de especies comerciales a lo largo de una cronosecuencia de rodales explotados hace 5 - 19 años en la Reserva Forestal de Caparo, Venezuela. También se levantó un rodal de bosque maduro con fines comparativos. Se utilizó un levantamiento sistemático. En promedio, se removieron 10,2 árboles/ha y un volumen de fuste de 75,4 m^3/ha. Hasta la mitad de la década de los 80, cubierta por este estudio, sólo se aprovechó Bombacopsis quinata, Swietenia macrophylla, Cedrela odorata y Cordia apurensis. *El área basal promedio de los rodales explotados hace 5, 8 y 19 años fue de 17,8; 21,3 y 22,2 m^2/ha, respectivamente; mientras que en el bosque maduro fue de 33,2 m^2/ha. La proporción de árboles no dañados, en términos de área basal, se incrementó de 30,8% en el rodal explotado hace cinco años a 43,9% en el rodal explotado más viejo. Las especies de palmas representaron 42,9 y 43,2% del área basal en los rodales explotados hace 5 y 8 años, respectivamente; valor que declinó a 33,3% y 28,0% en el rodal explotado hace 19 años y el bosque maduro, respectivamente. El número de árboles emergentes (altura total >30 m) se redujo considerablemente por la explotación; incluso 19 años después del aprovechamiento sólo 6 tallos/ha se encontraron en esta clase de altura, comparado con 51 tallos/ha en el bosque maduro. Los juveniles de B.* quinata, *la especie maderable más importante en el área de estudio, fueron muy raros (<10 ind./ha), tanto en rodales explotados como no explotados. Una situación similar se encontró en C.* odorata *y S.* macrophylla. *En contraste, C.* apurensis *estuvo bien representada en las clases de tamaño más pequeñas en las áreas explotadas. Un segundo ciclo de corta se basaría en especies demandantes de luz y tolerantes a la sombra de tamaño pequeño, regularmente distribuidas tanto en el área explotada como no explotada. Diecinueve años después de la explotación, sólo se había alcanzado un tercio (61,3 m^3/ha) del volumen de fuste comercial correspondiente al bosque maduro.*

Introducción

La explotación selectiva es la manera más común de extracción de madera en el neotrópico. Aunque grandes extensiones de bosques naturales ya han sido explotadas, el efecto de las operaciones de explotación sobre la estructura y la composición de las especies de los rodales remanentes han sido escasamente documentados hasta ahora.

Datos relativamente comprensivos existen para la Amazonía brasileña (e.g. Silva, 1989; Uhl y Vieira, 1989; Verissimo *et al.*, 1992, Macedo y Anderson, 1993), mientras que mucho menos se conoce acerca de este tópico en otros países de Latinoamérica. En Venezuela, donde cerca de 3.600.000 ha de bosque natural son actualmente explotadas por concesionarios privados (Centeno, 1995), sólo un estudio ha considerado la viabilidad a largo plazo de la extracción de madera selectiva a través de la estructura y composición de rodales explotados de diferentes edades (Plonczak, 1993).

Palabras claves: *Bombacopsis quinata*, bosque tropical, explotación selectiva, estructura del rodal, manejo sustentable, patrón espacial

[1]Instituto de Silvicultura Tropical, Universidad de Goettingen,Alemania; E.mail: lkammes@ufobi6.uni-forst.gwdg.de
[2]Grupo de Biodiversidad y Desarrollo Sustentable de Ecosistemas Forestales, Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal, Universidad de Los Andes, Merida, Venezuela; E.mail:torres@ing.ula.ve

Como en otras partes del trópico, los métodos de explotación han cambiado a lo largo de las dos últimas décadas hacia una mayor mecanización, resultando en un rodal remanente perturbado en parches. No obstante, los patrones de distribución espacial recibieron poca atención en los trabajos previos. Hasta donde conocemos, sólo Cannon *et al.* (1994), quienes condujeron su investigación en un bosque de Dipterocarpáceas en Kalimantan Occidental, consideraron la heterogeneidad de la estructura del bosque y su composición después de la explotación. Empero, los autores sólo registraron los árboles con un diámetro ≥ 30 cm.

El presente estudio examina, sobre la base de un diseño de muestreo sistemático, (1) el impacto de la explotación selectiva sobre el área basal, el volumen de fuste y la estructura vertical y (2) el patrón de distribución espacial de especies comerciales, considerando todas las clases de tamaño en áreas explotadas y no explotadas. De los resultados se extraen algunas conclusiones sobre las perspectivas a largo plazo del manejo del bosque natural en los llanos occidentales de Venezuela.

Materiales y Métodos

Sitio de estudio e historia de la explotación

La investigación se realizó en la parte más occidental de la Reserva Forestal de Caparo (7°30'N, 70°45'W) situada en los llanos occidentales de Venezuela a aproximadamente 100 m.s.n.m. La precipitación anual promedio es de 1750 mm, con una estación seca generalmente de diciembre a marzo. La temperatura media anual es de 24,6 °C. Los bosques de Caparo son clasificados como "bosques húmedos deciduos de tierras bajas" (ver Lamprecht, 1989).

El bosque está ubicado en una llanura aluvial. La sedimentación intensa por las inundaciones del río ha resultado en sitios de diques arenosos ("bancos") y depresiones ricas en arcillas ("bajíos"). Los sitios de dique se mantienen bien drenados a lo largo del año. En contraste, las depresiones permanecen anegadas durante la estación lluviosa. La duración y profundidad de la inundación dependen de la textura del suelo, la estratificación, el relieve y el nivel de la capa freática; en la estación seca los suelos se desecan (Franco, 1979). Por lo tanto, el suministro de agua es el factor limitante más importante en el sitio. Debido al material aluvial, el contenido de nutrientes de los suelos es alto en comparación con otros bosques de la zona neotropical (cf. Hase, 1981).

A pesar de las limitaciones hidrológicas de las depresiones periódicamente inundadas, la mayoría de las especies mostraron una amplia distribución de sitios (Kammesheidt, datos no publicados). En ambos tipos de suelos, la especie de palma *Attalea maracaibensis* (palma de agua) es un componente importante de la estructura del bosque.

En 1970, el gobierno venezolano otorgó en Comodato la parte más occidental de la reserva (actualmente 7.000 ha) de la Reserva Forestal (170.000 ha) a la Universidad de Los Andes (ULA). La madera en pie es vendida por la ULA a un aserradero local, el cual es responsable de la infraestructura y las operaciones de explotación. Las actividades de investigación y docencia desarrolladas por personal de la ULA en Caparo son parcialmente financiadas por los beneficios obtenidos de la venta de la madera.

Hasta la mitad de la década de los ochenta, sólo cuatro especies, i.e. *Bombacopsis quinata* (saqui-saqui), *Cordia apurensis* (pardillo negro), *Swietenia macrophylla* (caoba) y *Cedrela odorata* (cedro) eran explotadas. En los años recientes, algunas especies maderables de valor inicialmente potencial han sustituido parcialmente a las especies mencionadas. Durante las últimas dos décadas, las operaciones de explotación se han tornado más mecanizadas. En los setenta, las rolas eran transportadas a través de una vía de saca con camiones pequeños hasta los límites del rodal. A partir de 1984, se introdujeron tractores para crear patios en áreas con una distribución agregada de árboles aprovechables. En consecuencia, los métodos de explotación utilizados actualmente dejan un rodal perturbado en parches, variando de áreas afectadas por las copas de los árboles tumbados y zonas de patios a áreas no perturbadas.

Selección del sitio y diseño de muestreo

Tres rodales explotados hace 5, 8 y 19 años (RE5, RE8, RE19) fueron seleccionados previo al muestreo y comparados con un bosque maduro. Los datos de campo fueron colectados de noviembre 1991 - enero 1992. En cada rodal (100 ha), el área afectada por la explotación fue delimitada (27 - 37 ha). Posteriormente se abrieron varias transectas a una distancia sistemática con ayuda de una cinta métrica y una brújula. A lo largo de estas líneas se ubicaron parcelas de muestreo a distancias sistemáticas. En cada rodal explotado se estableció un promedio de 30 parcelas circulares (400 m^2) para registrar todos los fustes ≥ 10 cm a la altura de pecho (d). Dentro de esta unidad de muestreo, en una parcela circular de 100 m^2, se midieron los latizales entre 130 cm de altura y 9,9 cm d; los brinzales en el rango de altura de 30 - 130 cm se registraron en ocho parcelas de 2 x 2 m (32 m^2). En el rodal maduro, se levantaron 25 parcelas. El área total muestreada fue de 4,6 ha. El diámetro de las especies de palma se midió en la base del tallo. También se midió la altura total y la altura de fuste limpio de todos los árboles con un d > 10 cm. Igualmente se midió el diámetro de los tocones, los cuales pudieron ser identificados en todos los casos al nivel de especie.

Parámetros adicionales considerados

El daño de la explotación sobre los árboles remanentes fue evaluado según los criterios del "Handbook on Selective Logging" (Bureau of Forestry, 1970) de una manera modificada: (1) "remanente no dañado"; (2) "remanente ligeramente dañado" en el cual no más de 1/6 de la copa está deteriorada, no más de 1/3 del número de aletones está severamente afectado, no más de 1/6 del sistema radical es perturbado, y cualquier herida de la corteza alcanzando la madera no fue mayor de 10 cm de ancho y 100 cm de largo; y (3) "remanente severamente dañado", i.e. cualquier árbol deteriorado por encima de los criterios mencionados. La posición de la copa (emergente, luz total por lo alto, luz parcial por lo alto, alguna luz lateral, no luz directa) y la forma de la copa (perfecta, buena, tolerable, pobre y muy pobre) fueron clasificadas según el baremo de Dawkins (1963). La calidad del fuste de los árboles con un d $\geq$ 30 cm fue clasificada como "aprovechable" variando de rolas rectas y sección circular a buenas rolas de aserrío razonablemente rectas y con una sección aceptable, o "no aprovechable" para todas las rolas por debajo de estos criterios. La invasión de lianas se dividió en dos grupos: (1) árboles libres de trepadoras hasta trepadoras en la copa, pero sin crecimiento terminal afectado, y (2) toda la copa asfixiada por lianas, y pérdida del crecimiento terminal (cf. Synnott, 1979).

Clasificación en parcelas explotadas y no explotadas y especies pioneras y no-pioneras

Las parcelas que exhibieron señales obvias de explotación, i.e. senderos de arrastre, patios, tocones y residuos de copas cortadas, se clasificaron como "explotadas". En el rodal explotado hace 19 años, 22 parcelas fueron "explotadas", mientras que en los rodales recientemente explotados 28 y 25 parcelas, respectivamente, fueron "explotadas". Este hecho, no obstante, refleja en alguna extensión el nivel más mecanizado de las prácticas de explotación desde los primeros años de la década de los ochenta.

El porcentaje del área de claro (def. sensu Brokaw, 1982) en cada parcela se determinó a partir de un mapa a escala dibujado en el sitio. El área de claro en parcelas explotadas (PE) varió de 5 - 80% ($x = 36,4\%$; $s = 16,7$) y en parcelas no explotadas (PNE) de 0 - 20% ($x = 5,6\%$; $s = 4,1$). Las parcelas explotadas se clasificaron como bosque en claro o fase de construcción (cf. Whitmore, 1975), mientras que las parcelas no explotadas representan la fase del bosque maduro.

Por conveniencia de análisis, las especies que mostraron un papel predominante en claros grandes y no presentes en el bosque maduro -i.e. *Ochroma lagopus*, *Cecropia peltata* y *Heliocarpus popayanensis*- fueron clasificadas como "pioneras", mientras que todas las otras especies fueron asignadas al grupo de las "no-pioneras".

Resultados

Area basal de los rodales

El levantamiento sistemático reveló una gran variación espacial del área basal tanto en rodales explotados como no explotados (Cuadro 1). Sin embargo, en general la operación de explotación redujo la variación del área basal, lo que se atribuye, en parte, a la desaparición de los árboles de tamaño grande. El bajo error estándar del área basal promedio indica que este parámetro ha sido determinado con precisión. El área basal se recuperó lentamente hacia el bosque maduro. Por lo tanto, incluso después de 19 años de la explotación, este valor fue considerablemente reducido comparado con el bosque maduro.

El área basal de no pioneras no dañadas -incluyendo algunas especies secundarias de rápido crecimiento que podrían establecerse después de la explotación- se incrementó durante la sucesión (Cuadro 2). Los individuos remanentes dañados representaron cerca del 20% y 17%, respectivamente, del área basal total en los rodales explotados hace 5 y 19 años. Los valores más bajos de los remanentes dañados en el rodal explotado hace ocho años pueden explicarse por la distribución agregada de los árboles aprovechables resultando en una caída múltiple de árboles donde el rodal original fue casi totalmente destruido. En comparación con esto, los claros conservaron un tamaño relativamente pequeño en los otros rodales, particularmente en el rodal explotado hace 19 años, lo que por otra parte incrementó el riesgo de daños en los árboles remanentes a lo largo de los senderos de arrastre. La pequeña proporción de especies pioneras, tanto en el rodal explotado más joven como en el más viejo, reflejó la menor escala del patrón de perturbación comparado con el rodal explotado hace ocho años. El porcentaje de especies de palma tendió a decrecer con el tiempo después de la explotación. Las especies de palma, debido a su forma, parecieron estar menos sujetas al daño de la explotación. No obstante, durante la sucesión un creciente número de árboles se estableció en los sitios perturbados, recuperando parcialmente su proporción de área basal del bosque maduro. Es notorio el que la proporción de individuos muertos en pie se haya incrementado sólo ligeramente en los rodales explotados. La etapa de senescencia de las especies pioneras de corta vida, que puede resultar en un pronunciado incremento de la mortalidad, no fue muestreada en este estudio.

Estructura vertical de los rodales

Las especies de palma -sobre todo *Attalea maracaibensis*- fueron el componente florístico dominante en el sotobosque de todos los rodales (Fig. 1). Sin embargo, a medida que aumentaba la altura de los individuos, el porcentaje de palmas declinó continuamente. Las condiciones de dosel abierto después de la explotación favoreció un considerable reclutamiento de árboles en las

clases de altura menores (≤ 20 m). En el rodal explotado hace ocho años, este reclutamiento se debió principalmente a las especies pioneras de rápido crecimiento, que representaron más del 60% del número total de fustes entre 10 - 20 m de altura. En contraste, en los otros rodales explotados, las especies pioneras jugaron solamente un papel menor en la recuperación del estrato inferior. La máxima altura alcanzada por las pioneras, 18 - 24 m en *Ochroma lagopus* y *Cecropia peltata*, y entre 12 - 16 m en *Heliocarpus popayanensis*, ya se había logrado en el rodal explotado hace cinco años.

La destrucción parcial de la estructura vertical es ante todo indicada por la baja densidad de tallos en la clase de altura superior ≥25 m de los rodales explotados jóvenes. No obstante, en el rodal explotado hace 19 años la densidad de tallos en la clase de altura entre 25 - 30 m ya era similar a la del bosque maduro, mientras todavía se registró un número considerable de árboles emergentes (≥ 30 m). Así, la recuperación general de la estructura vertical fue lenta, y podría incluso ser más retardada en los rodales explotados más jóvenes, debido al relativamente bajo reservorio de no pioneras en el estrato medio que podría potencialmente alcanzar las capas superiores del dosel.

Distribución de clases de tamaño de especies comerciales en el bosque maduro

En el lapso de 1973 -1987 cubierto por este estudio, solamente *Bombacopsis quinata, Cordia apurensis, Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata* fueron explotadas. La distribución por clases de tamaño de estas especies en el bosque maduro es ilustrada en la Fig. 2.

B. quinata tiene una posición predominante en el volumen de madera en pie de los bosques húmedos deciduos en los llanos occidentales de Venezuela. Esta especie exhibió una distribución de clases de tamaño errática, sugiriendo esto que la misma requiere mejores condiciones de luz en las etapas juveniles. Sin embargo, condiciones de claros aceptables son raras a través del espacio y el tiempo en el bosque no perturbado. Por lo tanto, *B. quinata* estuvo principalmente representada por individuos de gran tamaño. *S. macrophylla* y *C. odorata*, que también son especies demandantes de luz, son incluso mucho más raras en el bosque maduro. No se encontraron individuos juveniles de *C. odorata*. Los pocos individuos de *S. macrophylla* que se encontraron estaban todos atacados por la larva de *Hypsipylla* (obs. personal). En contraste, *C. apurensis* mostró una alta densidad de latizales y una distribución más homogénea de las clases de tamaño post-latizal, indicando esto que esta especie es más tolerante a la sombra que las otras especies comerciales.

Intensidad de explotación y espectro de las especies aprovechadas

El diámetro mínimo de corta (dmc) de *B. quinata* es 50 cm, para todas las otras especies el tamaño legal es 35 cm. Un número promedio de 15 individuos por encima del dmc se registraron en el bosque maduro. Tomando en cuenta que dos individuos de gran tamaño de *B. quinata* mostraron una forma de fuste extremadamente pobre, se supone que 13 árboles serían cosechados. Este valor corresponde aproximadamente con el número de tocones encontrados en los rodales explotados (11,7; 10,8 y 8,3 tocones por hectárea, respectivamente; Cuadro 3). De hecho, todos los árboles aprovechables en los rodales explotados fueron removidos, excluyendo dos individuos fuertemente deformados de *B. quinata*.

La distribución de tocones entre las especies comerciales reflejó en alguna medida la distribución de clases de tamaño en el bosque maduro (cf. Fig. 2). El rango de los tocones de *B. quinata* fue de 50 - 150 cm en diámetro, mientras que los tocones de *C. apurensis* y *S. macrophylla* fueron más pequeños en tamaño, variando de 40 - 80 cm. No se encontraron tocones de *C. odorata*.

Aunque la operación de explotación fue más destructiva en el rodal explotado hace ocho años, el estimado de volumen de fuste removido es considerablemente inferior que en el rodal explotado más joven donde la extracción de cuatro individuos de gran tamaño de *B. quinata* (≥ 120 cm) resultó en un volumen de total de fuste removido de 89,9 m^3/ha (Cuadro 3).

Patrón espacial de especies comerciales en diferentes estadios de vida en área explotada vs. área no explotada

A excepción de los dos individuos de gran tamaño deformados y un individuo en la categoría de fustal, *B. quinata* desapareció en el área explotada (3 ha). Además, simplemente cuatro latizales de esta especie se encontraron en la misma. *C. odorata* no ocurrió en toda el área explotada, y *S. macrophylla* estuvo solamente representada por tres individuos en la etapa de latizal. En contraste, *C. apurensis* estuvo bien distribuida en esta área. Como potenciales sustitutos para el segundo ciclo de corta, se estudiaron en diferentes estadios del ciclo de vida nueve especies de árboles de tamaño mediano y grande ocurriendo con más de 15 individuos (d≥ 10 cm) en el área explotada.

Brosimum alicastrum, Pouteria anibaefolia y *Spondias mombin* que pertenecen al dosel del bosque maduro estuvieron bien distribuidos tanto en el área explotada como no explotada (Cuadro 4). No obstante, el área basal muy inferior en el área explotada indica que estas especies perdieron su dominancia. *Luehea cymulosa, Trichilia palmerorum, Pleurothryrium aff. reflexum* y *Fissicalyx fendleri* son especies arbóreas del estrato medio que también se consiguen comúnmente en ambos sitios, pero la densidad y

el área basal fueron considerablemente inferiores a las especies discutidas con anterioridad. La especie de árboles grandes *Terminalia guianensis* exhibió una frecuencia y densidad más altas en las áreas explotadas, mientras que *Sapium stylare* estuvo igualmente representada en ambos sitios. *S. stylare* fue la única especie estudiada que mostró una distribución agregada en el área explotada, mientras que las otras especies estuvieron regularmente distribuidas en ambos sitios. Este patrón espacial distinto obedece al hecho que *S. stylare* fue casi exclusivamente encontrado en el tipo de sitio pobremente drenado, mientras que todas las otras especies mostraron una distribución muy amplia de sitios (Kammesheidt, datos no publicados). La densidad promedio de tallos en las parcelas explotadas se incrementó para todas las especies. Ninguna especie se encontró particularmente frecuente en el área explotada. En contraste, en el área no explotada *P. anibaefolia* y *S. mombin* fueron registradas en más de un tercio de todas las parcelas.

B. alicastrum mostró la más alta densidad de brinzales y latizales en el área no explotada y ocurrió en dos tercios de todas las parcelas (Cuadros 5 y 6). En el área explotada, por el contrario, la frecuencia y densidad de *B. alicastrum* declinó considerablemente, sugiriendo que esta especie está más adaptada a las condiciones de luz del sotobosque en el bosque maduro. En relación a ambas etapas juveniles, *C. apurensis, P. anibaefolia* y *T. guianensis* mostraron una ligera preferencia por el área no explotada. El patrón espacial de esta especie no mostró una tendencia clara.

En contraste, *S. mombin, L. cymulosa, T. palmerorum, P. aff. reflexum* y *F. fendleri* se beneficiaron claramente de la apertura del dosel por la explotación, indicando su carácter de demandante de luz. De manera similar a las especies tolerantes de más sombra, el patrón espacial no mostró una tendencia consistente.

En las etapas de brinzal y latizal, ninguna especie fue particularmente común en el área explotada. En promedio, más del 90% de los latizales muestreados en el área no explotada fueron pequeños latizales (130 cm h - 4,9 cm d), indicando que sólo una diminuta fracción del reclutamiento total crecerá hasta las clases de tamaño más grandes. En el área explotada, sin embargo, latizales pequeños y grandes (5,0 - 9,9 cm d) fueron casi igualmente abundantes. Esto sugiere que quizás más individuos pasarán a las clases de tamaño superiores en el mediano plazo.

Distribución de clases de tamaño de especies comerciales en el área explotada vs. no explotada

El número de árboles de tamaño grande ($d \geq 60$ cm) declinó considerablemente en las áreas explotadas (Fig. 3). *S. mombin, T. guianensis* y *S. stylare* fueron las únicas especies presentes con un pequeño número de árboles de gran tamaño en este tipo de sitio. La falta de árboles de tamaño grande de otras especies estudiadas en el área explotada puede deberse a los efectos aleatorios de la operación de explotación.

Considerando la densidad de tallos de las clases de tamaño más pequeñas, se pudo observar tres patrones. *B. alicastrum, P. anibaefolia* y *C.apurensis,* como especie tolerantes a la sombra del bosque maduro no se beneficiaron de la apertura del dosel por la explotación. Por el contrario, *T. guianensis, S. stylare, S. mombin* y *T. palmerorum* mostraron un incremento en el pase a las categorías de tamaño más pequeñas en el área explotada; particularmente las últimas tres especies como oportunistas de claros, indicado por la distribución errática de clases de tamaño en el área no explotada, cambiaron a un patrón de clases de tamaño de forma de J invertida en el área explotada. En contraste, *P. aff. reflexum, F. fendleri y L. cymulosa* no mostraron una tendencia clara. No obstante, con base en la densidad de latizales y brinzales en los diferentes tipos de sitios (cf. Cuadro 5 y 6) puede asumirse que estas especies llegarán a ser eventualmente más comunes en las clases de tamaño más pequeñas en el área explotada.

En promedio, 30% de todos los árboles se encontraron dañados en el área explotada. Los árboles dañados se distribuyeron aleatoriamente en las clases de tamaño.

Volumen del fuste en los rodales explotados y el bosque maduro

El cálculo del volumen de fuste comercial se basó -además de las especies discutidas anteriormente- en *Clarisia biflora* (charo negro), *Guarea kunthiana* (trompillo), *Lonchocarpus pictus* (cuero de sapo) y *Albizia caribaea* (carabalí) que ya fueron explotadas en tiempos recientes.

Se consideraron los árboles con un $d > 30$ cm, asumiendo que los individuos más pequeños alcanzarán el tamaño aprovechable de 35 cm d dentro de los próximos 10 años (se estimó un incremento diametral de 5 mm/año). Adicionalmente, sólo se consideraron los individuos remanentes no dañados o ligeramente dañados clasificados como "troza aprovechable" (ver Métodos), con una buena posición de copa (al menos algo de luz por encima), forma de la copa (al menos "tolerable"), y un crecimiento terminal no afectado.

El volumen de fuste total declinó claramente en los rodales explotados (Cuadro 7). Sin embargo, durante la sucesión se encontró un ligero incremento del volumen total de fuste. No obstante, incluso 19 años después de la explotación sólo se obtuvo 50% del volumen total de fuste del bosque maduro. Además, el volumen de fuste en el rodal explotado hace más tiempo mostró una distribución errática entre las clases de tamaño más grandes ($d \geq 60$ cm).

De manera similar, el volumen de fuste comercial fue escasa e irregularmente distribuido entre las clases de tamaño más grandes en los rodales explotados. En el rodal explotado hace cinco años no se encontraron árboles aprovechables por encima de 80 cm d. Diecinueve años después, solamente un tercio del volumen de fuste comercial del área de referencia se había obtenido. En el

bosque maduro, *B. quinata, C. apurensis, S. macrophylla y C. odorata* representaron más del 50% del volumen de fuste comercial. *C. apurensis,* como la única especie comercial dejada parcialmente en el área explotada, ocurrió en los rodales explotados más viejos con un volumen de fuste comercial de 1,07 m^3/ha y 1,68 m^3/ha, respectivamente.

Discusión

La explotación, en la manera como fue realizada en la Reserva Forestal de Caparo, resultó en la completa desaparición (referencia a *Cedrela odorata*) o la casi desaparición (referencia a *Bombacopsis quinata* y *Swietenia macrophylla*) de las especies forestales más valiosas. Plonczak (1993) encontró una situación similar en los rodales explotados hace 1 - 13 años en la adyacente Reserva Forestal de Ticoporo.

No obstante, bastante antes de que *B. quinata* se convirtiera en la especie comercial más importante en los bosques de los llanos occidentales venezolanos, ya se había reconocido que las semillas pequeñas dispersadas por el viento de esta especie requieren condiciones de claro y un suelo mineral libre de hojarasca para establecerse exitosamente. *S. macrophylla* y *C. odorata* mostraron un nicho de regeneración comparable. Para desarrollar condiciones de establecimiento adecuadas para estas especies se desarrolló el "Sistema Caimital" (Finol, 1974) como un "Shelterwood System" modificado. Previo a la época de fructificación, se abrió el dosel por una operación de corta selectiva. Posteriormente se removió la hojarasca a través de la quema controlada. Aunque la densidad de brinzales de las especies comerciales pudo ser incrementada considerablemente, este sistema silvicultural nunca ha sido implementado a gran escala debido a los altos costos implícitos.

Aparte de la falta de tratamiento silvicultural, el bajo dmc de 35 cm para *S. macrophylla* y *C. odorata* amenaza su viabilidad a largo plazo, debido a que ambas especies ocurren comúnmente con sólo pocos individuos de los tamaños más grandes (cf. Finol, 1963). En *B. quinata* se encontraron algunos árboles grandes, pero estos individuos fuertemente deformados probablemente producirán fenotipos no comerciales. Otra manera potencial de mantener el tamaño de la población está en la capacidad de rebrote. Martini *et al.* (1994), por ejemplo, encontraron que 87% de 305 especies maderables en la cuenca amazónica brotan fácilmente. Sin embargo, las cuatro especies maderables más importantes en Caparo no mostraron capacidad de propagación vegetativa, ni en los tocones ni en las raíces (obs. pers.).

Un segundo ciclo de corta, 30 años después de la primera extracción de madera, estará basado -además de *C. apurensis*- en una gran variedad de especies maderables potenciales que exhibieron diferentes requerimientos de luz. El incremento diametral de estas especies al parecer no ha sido estudiado sobre un período más largo. Fuchs (1992) midió en el bosque maduro de Caparo un incremento diamétrico anual de 2,7 mm en *Terminalia guianensis*, 4,9 mm en *Bombacopsis quinata*, y 6,9 mm en *Sapium stylare*. Muchas especies presumiblemente mostrarán un incrementado crecimiento diametral después de la explotación debido a la apertura del dosel, pero el crecimiento estimulado puede declinar después de algunos años como ha sido reportado por Primack *et al.* (1985) y Silva *et al.* (1995). En parcelas permanentes en la Amazonía brasileña se midió un incremento volumétrico anual de 3,18 y 4,84 m^3/ha en rodales explotados hace 7 y 13 años, respectivamente; sin embargo, el incremento en volumen de las especies comerciales fue justo sobre 1 m^3/ha (Silva *et al.*, 1996). Un incremento en diámetro y volumen constantemente alto parece ser sólo posible por la liberación de árboles de la cosecha potencial (cf. Weidelt y Banaag, 1982) o por la reducción general del área basal en cortos intervalos como se sugiere en el sistema CELOS (cf. de Graaf, 1986). Además del comportamiento en crecimiento de los árboles de gran tamaño, el reclutamiento del reservorio de regeneración jugará un papel importante en la viabilidad a largo plazo del ecosistema forestal. Los datos presentados aquí, indicando una alta mortalidad de brinzales y latizales, sugieren que el proceso de recuperación global -incluso para las especies moderadamente abundantes, e.g. *Brosimum alicastrum*- será lento. Appanah *et al.* (1990) llegaron a una conclusión similar y, por lo tanto, recomiendan una rotación larga de cerca de 100 años para el bosque de Dipterocarpáceas en Malasia.

Otro punto crítico será el destino de los remanentes dañados. Nuestro conocimiento acerca del comportamiento a largo plazo de este grupo de especies es magro. No obstante, Silva (1989), hizo el seguimiento a la tasa de sobrevivencia de los remanentes dañados por un período de seis años y encontró que la mayoría de los individuos se recuperaron del daño.

Finalmente, la estructura vertical perturbada después de la explotación (cf. Fig. 1) deja los rodales remanentes en un estado listo para el fuego, como ha sido estudiado por Uhl y Kauffman (1990) en el bosque siempreverde brasileño. Esto es incluso más pertinente para el bosque tropical estacional, e.g. el bosque de Caparo. De hecho el rodal explotado en diciembre de 1991 fue parcialmente quemado unos pocos meses más tarde (obs. pers.).

Un segundo ciclo de corta después de 30 años dejará el rodal remanente incluso más susceptible al fuego. Además, puede asumirse que la próxima operación de explotación se concentrará en áreas previamente no explotadas. Esto resultará en un bosque secundario en general dominado por especies demandantes de luz y de pequeño tamaño regularmente distribuidas, mientras que las especies maduras tolerantes a la sombra declinarán aún mas en número y densidad.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por *Deutscher Akademischer Austauschdienst* (DAAD) y *Deutsche Forschungsgemeinschaft* (DFG). Agradecemos a Wilfredo Franco, Miguel Plonczak, Luis Ballesteros, Hector Uzcátegui, Julio Linares, Hans-Peter Rheintaler, Alberto Villareal y Alí D'Jesús por su asistencia durante la fase de campo.

Bibliografía

Appanah, S., Weinland, G., Bossel, H. and Krieger, H., 1990. Are tropical rain forests non-renewable? An enquiry through modelling. J. Trop. Ecol. 2(4):331-348.

Brokaw, N.V.L., 1982. The definition of tree fall gap and its effect on measures of forest dynamics. Biotropica 11: 158-160.

Bureau of Forestry, 1970. Handbook on selective logging. 2nd. ed. Manila, Phillipines.

Cannon, C.H., Peart, D.R., Leighton, M. and Kartawinata, K., 1994. The structure of lowland rainforest after selective logging in West Kalimantan, Indonesia. For. Ecol. Manage. 67:49-68.

Centeno, J.C., 1995. Estrategia para el desarrollo forestal de Venezuela. Fondo Nacional de Investigación Forestal. Caracas, Venezuela.

Dawkins, H.C., 1963. The productivity of tropical high-forest trees and their reaction to controllable environment. PhD thesis, University of Oxford.

Finol, H., 1964. Estudio silvicultural de algunas especies comerciales en el bosque universitario 'El Caimital'-Estado Barinas. Revista Forestal Venezolana 10-11:17-64.

Finol, H., 1974. Regeneración natural dirigida 'Sistema el Caimital'. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Franco, W., 1979. Die Wasserdynamik einiger Waldstandorte der West-Llanos Venezuelas und ihre Beziehung zur Saisonalität des Laubfalls. Diss. Fortwiss. Fachbereich. Universität Göttingen. Göttinger Bodenkundliche Berichte Nr.61:1-201.

Fuchs, H.-J., 1992. Untersuchungen zum Einsatz von Jahrringanalysen in der Waldreserve Caparo, Venezuela. Magisterarbeit, Forstwiss. Fachbereich. Universität Göttingen.

Graaf, de N.R. 1986. A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname. Agricultural University of Wageningen.

Hase, H., 1981. Nährstoffreserven auf Banco-Standorten der Waldreserve Caparo/Venezuela unter besonderer Berücksichtigung der Plantagenwirtschaft mit Teak (*Tectona grandis*). Göttinger Bodenkundliche Berichte Nr. 66. Göttingen.

Lamprecht, H., 1989. Silviculture in the tropics. GTZ Eschborn, Germany.

Loetsch, F.; Zöhrer, F. and Haller, K.E. 1973. Forest inventory. BLV-Verlagsgellschaft, München, Bern und Wien. Vol. II.

Macedo, D.S. and Anderson, A.B., 1993. Early ecological changes associated with logging in an Amazon floodplain. Biotropica, 25(2): 151-163.

Martini, A.M.Z., de Rosa, N.A. and Uhl, C., 1994: An attempt to predict which Amazonian tree species may be threatened by logging activities. Environ. Conser., 21(2): 152-162.

Plonczak, M., 1993. Estructura y dinámica de desarrollo de bosques naturales manejados bajo la modalidad de concesiones en los llanos occidentales de Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano. Merida, Venezuela.

Primack, R.B.; Ashton, P.S.; Chai, P. and Lee, H.S., 1985. Growth rates and population structure of Moraceae trees in Sarawak, East Malaysia. Ecology 66(2): 577-588.

Silva, J.N.M., 1989. The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging. PhD thesis, University of Oxford.

Silva, J.N.M., de Carvalho, J.O.P., J.C.A. Lopes, de Almeida, B.F., Costa, D.H.M., de Oliveira, L.C., Vanclay, J.K. and Skovsgaard, J.P., 1995. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. For. Ecol. Manage., 71: 267-274.

Silva, J.N.M., de Carvalho, J.O.P., Lopes, J.C.A., de Oliveira, R.P. and de Oliveira, L.C., 1996. Growth and yield studies in the Tapajos region, Central Brazilian Amazon. Comm. For. Rev., 75(4): 325-329.

Synott, T. J., 1979. A manual of permanent plot procedures for tropical rain forest. Depart. of For. Commonwealth Forestry Institute. University of Oxford.

Uhl, C. and Vieira, I.C.G., 1989. Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon: a case study from the Paragominas region of the State of Para. Biotropica 21(2):98-106.

Uhl, C. and Kauffman, J.B., 1990. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. Ecology, 71(2): 437-449.

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

Weidelt, H.J. and BANAAG, V.S., 1982. Aspects of management and silviculture of philippine dipterocarp forests. Schriftenreihe der GTZ No. 132, Eschborn, Alemania.

Whitmore, T.C., 1975. Tropical forest of the Far East. Clarendon Press, Cambridge.

Cuadro 1: Variación espacial del área basal (m^2 ha^{-1}) en rodales explotados (RE) y el bosque maduro (BM); se incluye la desviación estándar (s) y el error estándar (EE) de la media

RODAL	n	AB min	AB max	Media±S(EE)
RE5*	30	4,9	37,0	17,8±7,3(1,3)
RE8*	30	7,8	39,1	21,3±7,8(1,4)
RE19*	30	8,9	39,0	22,2±6,6(1,2)
BM	25	16,8	66,0	33,2±10,7(2.1)

* RE5, RE8, RE19: rodales explotados hace cinco, ocho y diecinueve años, respectivamente.

Cuadro 2: Area basal promedio (m^2 ha^{-1}) de no-pioneras no dañadas (NP), no-pioneras ligera y severamente dañadas, pioneras, palmas y árboles muertos en pie; valores relativos entre paréntesis

Rodal	n	NP no dañadas	NP ligeramente dañadas	NP severamente dañadas	Pioneras	Palmas	Arboles muertos en pie	Total
RE5*	30	5,6 (30,8)	2,3 (12,6)	1,2 (6,6)	0,9 (4,9)	7,8 (42,9)	0,4 (2,2)	18,2
RE8*	30	6,0 (27,1)	1,3 (5,8)	1,3 (5,8)	3,1 (14,0)	9,6 (43,2)	0,9 (4,1)	22,2
RE19*	30	10,0 (43,9)	3,3 (14,5)	0,5 (2,2)	0,8 (3,5)	7,6 (33,3)	0,6 (2,6)	22,8
BM	25	23,8 (70,8)		-	-	9.4(28,0)	0,4 (1,2)	33,6

* RE5, RE8, RE19: rodales explotados hace cinco, ocho y diecinueve años, respectivamente.

Cuadro 3: Número de tocones por rodal (1,2 ha), rango de diámetro y diámetro promedio (± desviación estándar), estimado del área basal (m^2 ha^{-1}) y volumen de fuste (m^3 ha^{-1}) removido.

Parámetros	RE5*	RE8*	RE19*
No. total de tocones	14	13	10
Bombacopsis quinata	13	10	4
Cordia apurensis	1	1	2
Swietenia macrophylla	-	2	4
Rango de diámetro (cm)	50-150	40-125	40-125
Diámetro medio (± S) en cm	90,7±29,2	74,6±20,5	83,3±26,9
Area basal (m^2 ha^{-1})	6,93	4,24	4,8
Volumen de fuste (m^3 ha^{-1})	89,9	54,0	55,5

* RE5, RE8, RE19: rodales explotados hace cinco, ocho y diecinueve años, respectivamente.

Cuadro 4: Patrones de distribución de las especies arbóreas comerciales (d ≥ 10 cm) en parcelas explotadas y no explotadas. Los patrones son contrastados con una distribución de Poisson con un índice de agregación (en Loetsch *et al.*, 1973) considerando la razón varianza-a-media (s^2/x); porcentaje de parcelas ocupadas (PO) por la especie particular; densidad y área basal (m^2 ha^{-1}) en áreas explotadas y no explotadas.

	Parcelas no explotadas (n=40) N/400 m²						Parcelas explotadas (n=75) N/400 m²					Patrón espacial [a]
Especies	PO	x	s^2/x	N ha^{-1}	m^2ha^{-1}		PO	x	s^2/x	N ha^{-1}	m^2 ha^{-1}	
Bombacopsis quinata	25,0	1,0	0,0	8,8	7,01		2,6	- [b]	-	0,6	1,14	regular
Cordia apurensis	20,0	1,0	0,1	8,1	1,96		17,3	1,2	0,2	5,3	0,45	regular
Brosimum alicastrum	30,0	1,1	0,1	13,0	4,28		26,7	1,9	0,6	10,0	0,68	regular
Pouteria anibaefolia	45,0	1,1	0,1	16,9	4,21		29,3	1,5	0,4	10,3	1,31	regular
Spondias mombin	37,5	1,0	0,1	11,3	3,13		22,7	1,2	0,2	6,7	1,06	regular
Sapium stylare	20,0	1,1	0,1	8,1	2,81		20,0	1,7	1,3	7,7	0,66	regular/ agregado
Terminalia guianensis	22,5	1,0	0,1	6,9	2,06		33,3	1,1	0,1	8,3	1,01	regular
Luehea cymulosa	25,0	1,0	0,1	7,3	1,65		20,0	1,3	0,1	5,3	0,71	regular
Trichilia palmerorum	17,5	1,0	0,0	5,0	1,56		25,3	1,1	0,5	6,7	0,36	regular
Pleurothryrium aff. reflexum	20,0	1,0	0,0	6,3	0,97		12,0	1,4	0,4	5,0	0,62	regular
Fissicalyx fendlerii	15,0	1,0	0,0	5,6	0,91		17,3	1,4	0,2	5,6	0,54	regular

[a] +1 indica un patrón agregado, 1 indica una distribución aleatoria, y - 1 indica un patrón regular
[b] especies que ocurrieron con sólo un individuo por parcela

Cuadro 5: Patrones de distribución de latizales de especies de árboles comerciales en parcelas explotadas y no explotadas. Los patrones son contrastados con una distribución de Poisson con un índice de agregación (en Loetsch *et al.*, 1973) considerando la razón varianza-a-media (s^2/x); porcentaje de parcelas ocupadas (PO) por la especie particular; densidad y área basal (m^2 ha^{-1}) en áreas explotadas y no explotadas.

	Parcelas no explotadas(n=50) N/100 m²			N ha^{-1}	Parcelas explotadas (n=75) N/100 m²			N ha^{-1}	Patrón espacial
	PO	x	s²/x		PO	x	s²/x		
Brosimum alicastrum	62,5	2,1	0,9	93	26,7	1,9	0,6	36	aleatorio/regular
Cordia apurensis	37,5	3,0	3,8	18	12,0	1,2	0,2	15	agregado/regular
Pouteria anibaefolia	17,5	-	-	19	5,3	-	-	4	-
Terminalia guianensis	22,5	1,3	0,2	23	5,3	2,0	1,0	9	regular/aleatorio
Spondias mombin	10,0	-	-	8	12,0	1,2	0,2	16	regular
Sapium stylare	2,5	-	-	3	30,7	1,8	1,3	56	agregado
Luehea cymulosa	15,0	1,9	1,9	21	26,7	2,2	1,6	45	agregado
Trichilia palmerorum	15,0	1,2	0,2	15	21,3	1,5	0,5	32	regular
Pleurothryrium aff. reflexum	7,5	-	-	10	16,0	1,5	0,3	20	regular
Fissicalyx fendlerii	12,5	1,2	0,2	13	22,7	1,9	0,4	34	regular

Cuadro 6: Patrón de distribución de brinzales de especies comerciales en parcelas explotadas y no explotadas. Los patrones son contrastados con una distribución de Poisson con un índice de agregación (en Loetsch *et al.*, 1973) considerando la razón varianza-a-media (s^2/x); porcentaje de parcelas ocupadas (PO) por la especie particular; densidad de brinzales por hectárea en áreas explotadas y no explotadas.

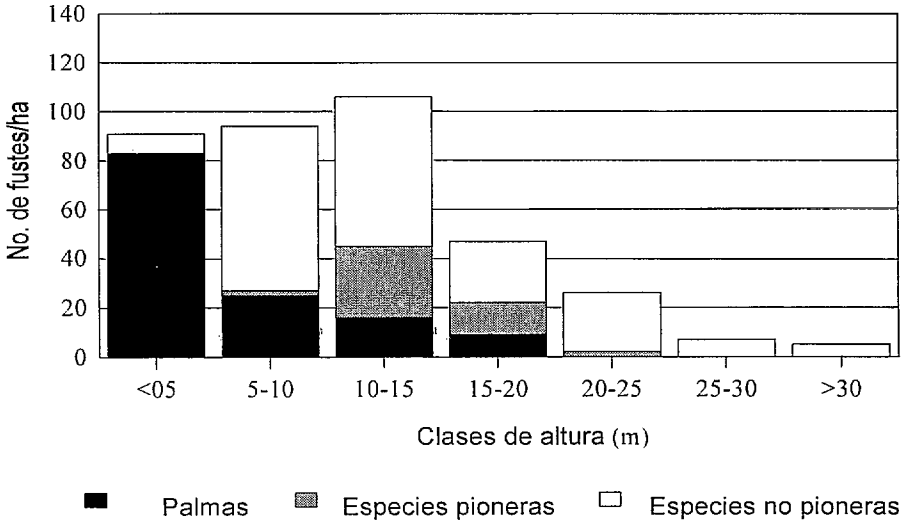
	Parcelas no explotadas (n=40) N/32 m²					Parcelas explotadas (n=75) N/32 m²				
	PO	x	s^2/x	N ha^{-1}		PO	x	s^2/x	N ha^{-1}	Patrón espacial
Brosimum alicastrum	65,0	2,2	2,3	414		37,3	1,4	0,3	168	agregado/regular
Cordia apurensis	20,0	2,3	1,3	109		18,7	2,1	1,2	122	agregado
Pouteria anibaefolia	37,5	1,5	0,4	156		26,7	1,7	0,9	139	regular/aleatorio
Terminalia guianensis	35,0	2,3	2,1	234		28,0	1,8	1,2	155	agregado
Spondias mombin	5,0	-	-	16		12,0	-	-	38	-
Sapium stylare	-	-	-	-		2,7	-	-	8	-
Luehea cymulosa	2,5	-	-	8		17,3	1,9	1,1	105	aleatorio
Trichilia palmerorum	-	-	-	-		8,0	1,2	0,1	29	regular
Pleurothryrium aff. reflexum	17,5	4,3	7,7	101		22,7	3,4	15,5	240	agregado
Fissicalyx fendlerii	20,0	1,1	0,1	70		17,3	1,8	1,0	97	regular/aleatorio

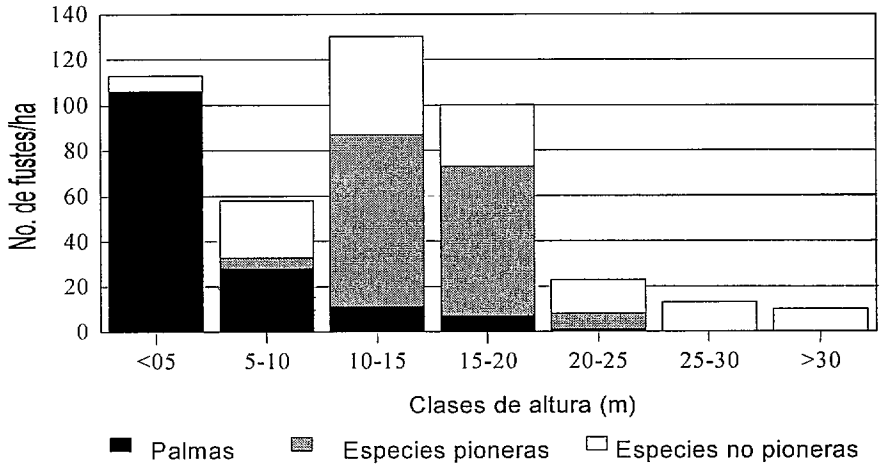
Cuadro 7: Volumen de fuste (m^3 ha^{-1}) por clase diamétrica en rodales explotados y bosque maduro, volumen de fuste comercial es dado entre paréntesis

CLASE DIAMET.	RE5*			RE8*			RE19*			Bosque maduro	
d (cm)	m^3 ha^{-1}			m^3 ha^{-1}			m^3 ha^{-1}			m^3 ha^{-1}	
10-20	10,65			19,40			14,42			10,63	
20-30	12,34			19,81			21,49			26,62	
30-40	14,17	(8,89)		17,66	(2,63)		20,67	(10,13)		28,75	(12,59)
40-50	10,53	(8,15)		15,13	(7,94)		25,08	(15,09)		19,08	(12,95)
50-60	13,05	(10,32)		17,02	(9,16)		24,54	(16,68)		51,59	(42,36)
60-70	5,65	(5,65)		10,24	(10,24)		2,81	(2,81)		41,49	(25,40)
70-80	7,06	(4,75)		-	-		12,43	-		49,22	(32,01)
80-90	-	-		6,24	(6,24)		6,09	-		49,66	(35,49)
> 90	8,90	-		7,75	(7,75)		21,10	(16,45)		35,17	(24,54)
Total	83,15	(37,76)		113,25	(43,97)		148,63	(61,17)		312,19	(185,34)

* RE5, RE8, RE19: rodales explotados hace cinco, ocho y diecinueve años, respectivamente.

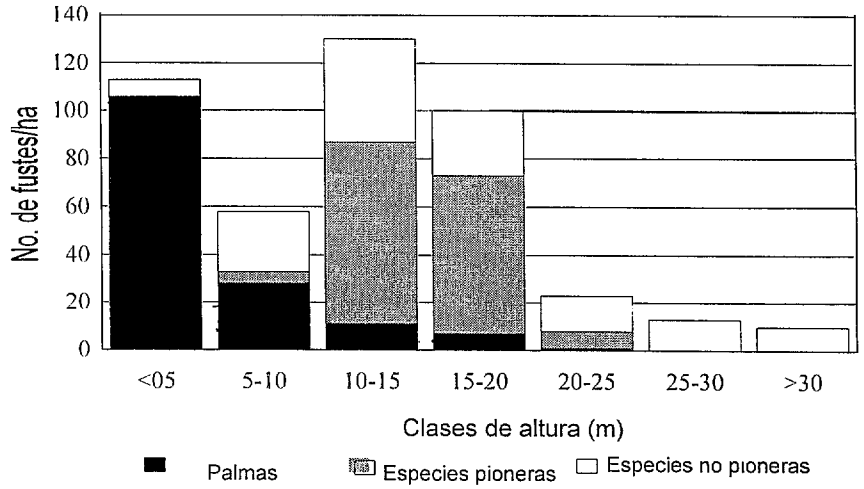
Fig. 1. Distribución por clases de altura de pioneras, no-pioneras y palmas en rodales explotados de diferentes edades y bosque maduro

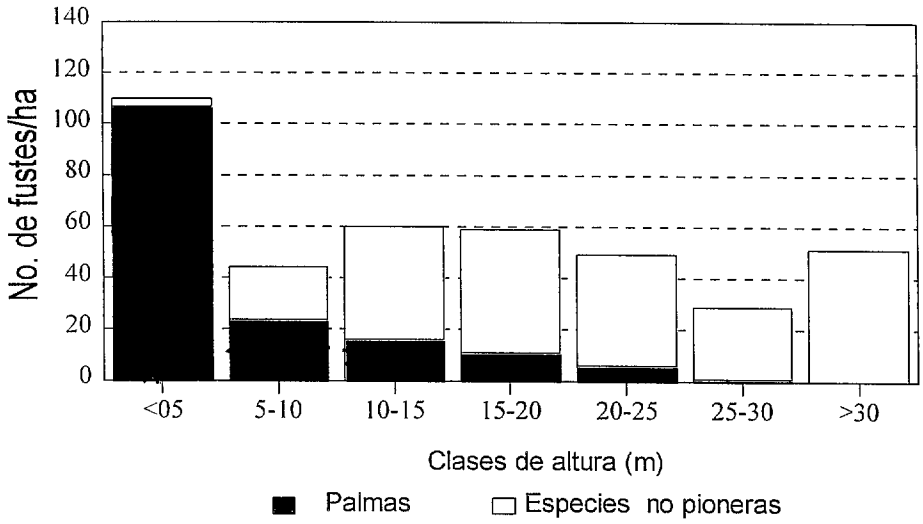




(a) Rodal explotado 5 años atrás

(b) Rodal explotado 8 años atrás





(c) Rodal explotado 19 años atrás

(d) (d) Bosque Maduro

Fig. 2. Distribución por clase dimétrica de las especies comerciales más importantes, en el bosque maduro.

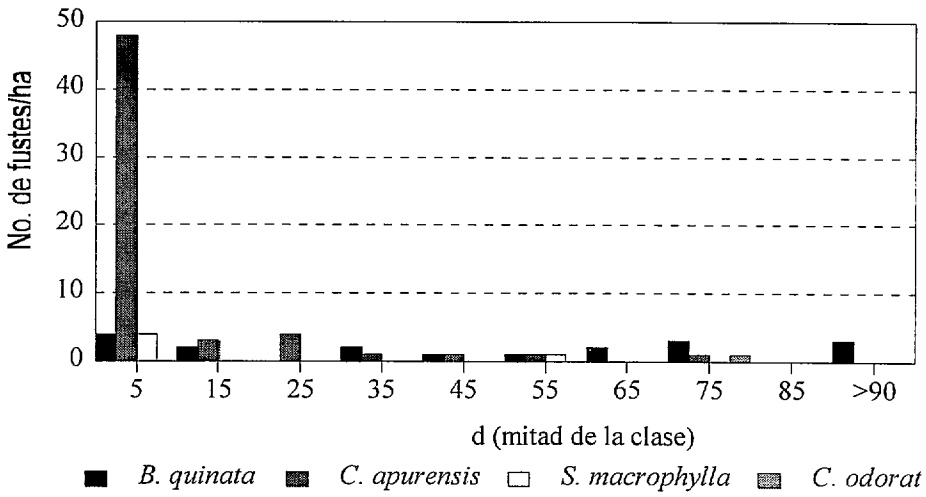
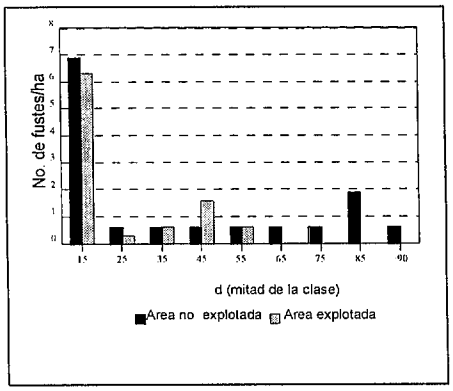
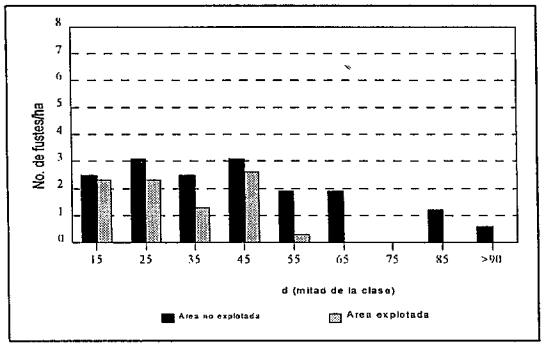


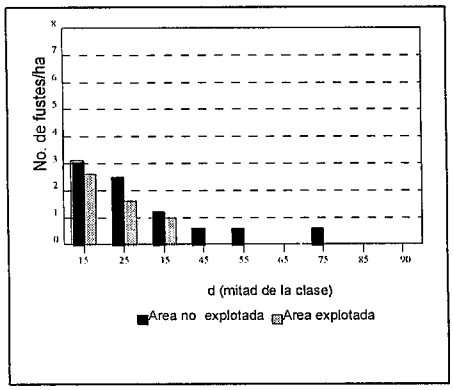
Fig.3. Distribución de las especies por clase diamétricas de las especies comerciales en áreas explotadas y no explotadas



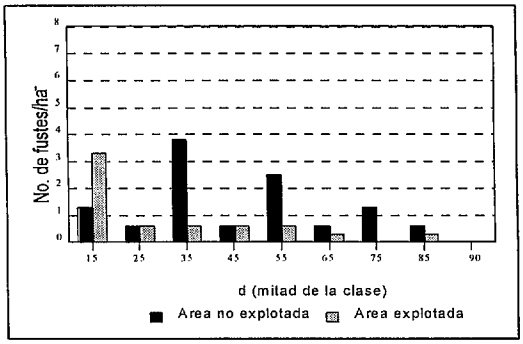
(a) *Brosimum alicastrum*



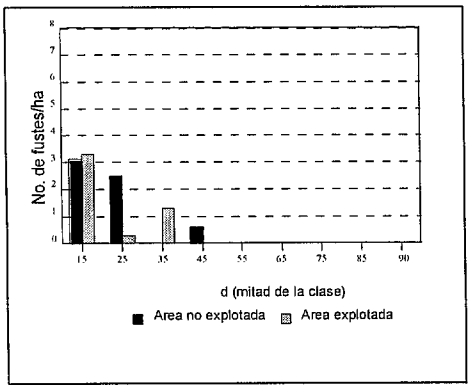
(b) *Pouteria anibaefolia*



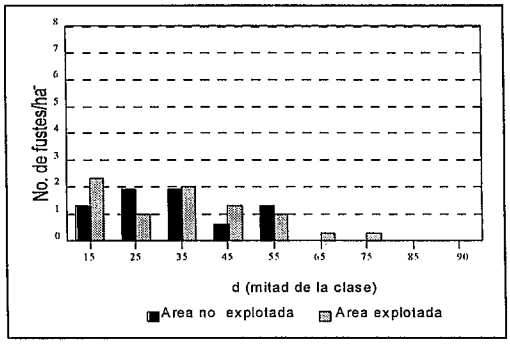
(c) *Cordia apurensis*



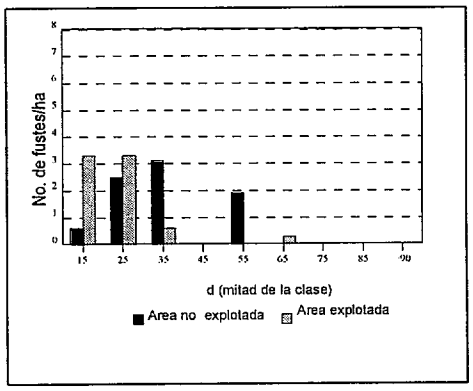
(d) *Spondias mombin*



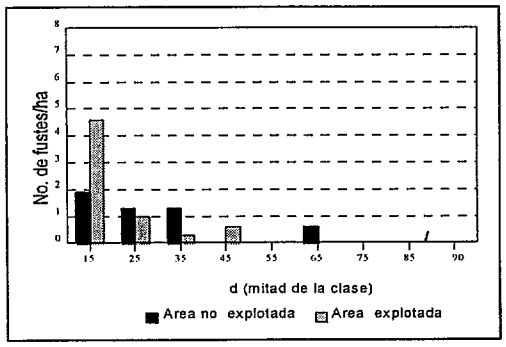
(e) *Pleurothryrium aff, reflexum*



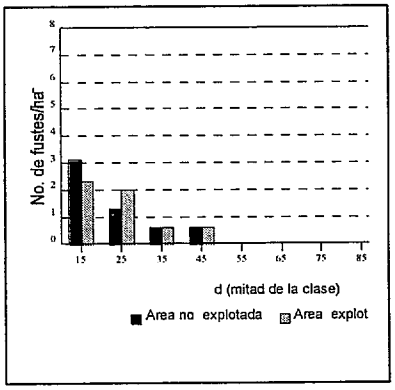
(f) *Terminalia guianensis*



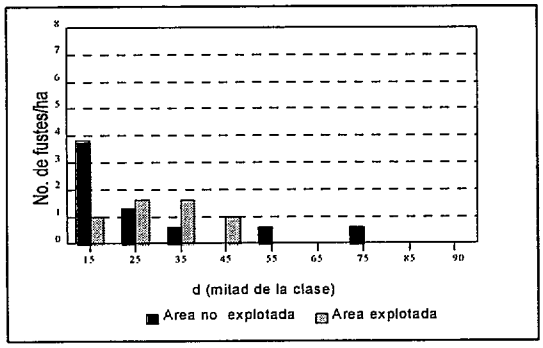
(g) *Sapium stylare*



(h) *Trichilia palmerorum*



(i) *Fissicalyx fendleri*



(j) *Luehea cymulosa*

Efectos del Manejo Maderero sobre la Biodiversidad Florística y la Estructura de Bosques Húmedos de Costa Rica

Ulrike Wagner

Resumen

En relación con el manejo maderero de los bosques tropicales húmedos, el día de hoy se dispone de amplia información sobre los aspectos técnicos del manejo, como costos y beneficios de la extracción de madera y reducción de daños al bosque remanente mediante tala dirigida y extracción planificada (Johns et al., 1996).

La gran mayoría de estudios florísticos en bosques manejados de América Latina se ha concentrado en inventarios de la vegetación arborescente, restringiéndose además principalmente a las especies de interés comercial actual o potencial, o en la regeneración de ellas pocos años después de la extracción maderera.

En consecuencia, se ha generado poca información sobre los efectos del aprovechamiento forestal de impacto reducido sobre la estructura y la composición florística del bosque, aunque son éstos los resultados que deben formar la base para la justificación de la sostenibilidad de un manejo a mediano y a largo plazo.

Hasta el momento son pocas las investigaciones que consideran aspectos tan importantes como riqueza y diversidad de especies en bosques bajo manejo (Silva, 1994; Finegan, Delgado, Meir y Zamora, 1996). Por muchas razones en América Latina es sumamente escasa la información existente sobre el desarrollo de la vegetación en bosques manejados a mediano y largo plazo, aunque estos conocimientos forman la base indispensable para áreas tan importantes como:

- *planificación del aprovechamiento,*
- *el desarrollo y el mejoramiento de técnicas silviculturales,*
- *el papel del manejo de bosques en la conservación de la biodiversidad,*
- *la certificación de madera proveniente de bosques manejados.*

La meta principal del estudio presentado aquí es contribuir con información sobre los cambios en composición florística y la estructura en bosques tropicales húmedos de Costa Rica, observados como consecuencia del manejo maderero.

En un próximo paso, la evaluación ecológica de los cambios en la composición florística observados formará la base de recomendaciones para el desarrollo de técnicas silviculturales, facilitando un adecuado uso del bosque según diferentes metas (producción de madera y/o de productos no maderables, conservación de la biodiversidad).

Sitio de investigación

El estudio se llevó a cabo en tres bosques del Piso Premontano de la Cordillera Central Volcánica de Costa Rica, que forma una de las zonas de las mayores extensiones de bosques que aún quedan en el país fuera de los parques nacionales. Los bosques se caracterizan por su riqueza florística (más de 100 especies arbóreas/ha).

Universidad de Freiburg
Tennenbacher Str 4, 79085 Freiburg
49-761-2038623 49-761-2033781
uwagner@ruf.uni-freiburg.de
Freiburg, Alemania

Suelos

El terreno presenta una topografía ondulada con alturas entre 200 y 400 msnm con suelos volcánicos antiguos, ricos en hierro y aluminio y pobres en bases intercambiables.

Clima

El clima ligeramente estacional se caracteriza por una temperatura promedio anual de 26°C y precipitaciones de 4000 mm/año.

Metodología

La parte principal del estudio se llevó a cabo en un sitio experimental de CATIE, en la finca "Los Laureles", Guápiles, Pococí. El estudio se basó en una intensa caracterización florística antes del inicio de las operaciones madereras en parcelas permanentes (área total: 2 ha) incluyendo toda vegetación con más que 30 cm de altura en tres estratos, representados por árboles (> 10 cm DAP), regeneración (2,5-9,9 cm DAP) y los brinzales y la vegetación del sotobosque (más que 30 cm de altura; hasta 2,4 cm de DAP). El estudio florístico se complementó con una caracterización de los suelos del sitio (Zoglmeier 1996, Tesis de Diploma, Universidad Munich).

Concluida la extracción maderera se documentó la situación del bosque remanente. Durante tres años se evaluó cualitativa y cuantitativamente el proceso de la regeneración del bosque en claros de corta y caminos de extracción, y se relacionaron los datos florísticos con la intensidad de la intervención respectiva.

Adicionalmente se inventariaron dos bosques con más antigüedad postaprovechamiento (7 y 14 años), ambos representativos de la zona, de composición florística e intensidad de extracción comparable. Este inventario se realizó en parcelas temporales (más de 4000 m² por edad postaprovechamiento) en sitios disturbados y no-disturbados.

Resultados

Datos estructurales

El número de individuos por hectárea alcanza 480 entre árboles y palmas, más 4 lianas con más de 10 cm de DAP; 1500 árboles y palmas y 80 lianas entre 2,5 y 9,9 cm de DAP, y 22.500 individuos con menos de 2,5 cm de DAP pero más de 30 cm de altura.

La curva de la distribución diamétrica sigue el patrón de una J invertida, 22 de las especies presentes en el bosque sin intervención son comerciales en la actualidad, la mayoría de ellas (80 %) de valor comercial mediano. El área basal de las especies comerciales comprende 23,2 m²/ha, de los cuales 11 m² alcanzan el diámetro mínimo de corta (DAP > 60 cm).

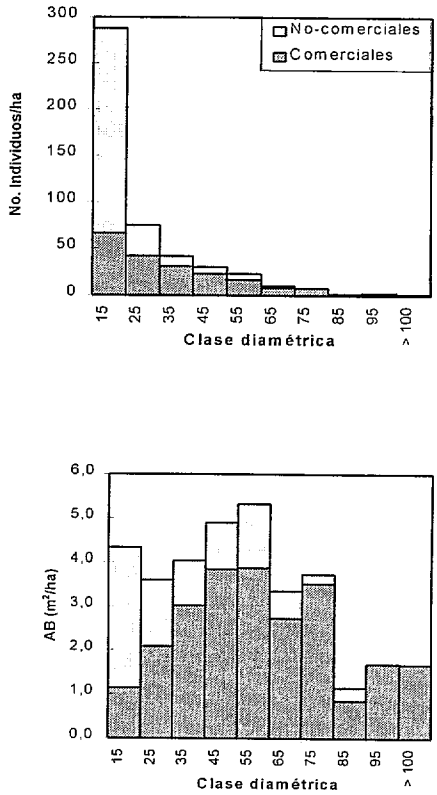


Gráfico 1: Abundancia y área basal de especies comerciales y no-comerciales por clase diamétrica.

El área basal total del bosque alcanza 36 m²/ha, de los cuales 33 m²/ha están formados por árboles con más de 10 cm de DAP, y 3 m²/ha por la regeneración y especies del dosel inferior. La vegetación del sotobosque alcanzó apenas un 30 % de cobertura del suelo. Destaca la alta dominancia de palmas y helechos en este estrato.

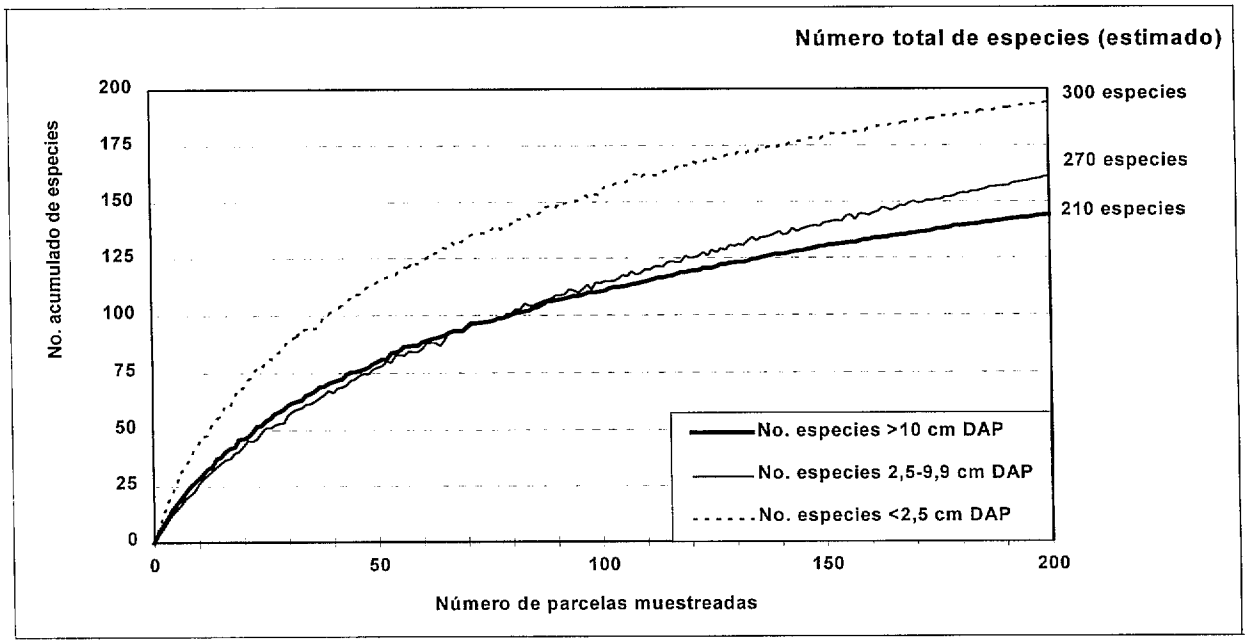
Riqueza de especies

De un total de 400 especies identificadas en las 2 hectáreas de las parcelas permanentes, 145 se encontraron en el estrato con un DAP mayor a 10 cm, 160 especies se contaron en el estrato de la regeneración y del dosel inferior, y 200 especies en el sotobosque. Las identificaciones llegaron hasta nivel de especie en un 90 % de los individuos.

El número total de especies por estrato se estimó en base a los resultados de las curvas área-especie (Jackknife-estimate) y con colecciones adicionales en 5000 m² de parcelas temporales a: aproximadamente 210 especies

arborescentes, 270 especies entre 2,5 y 9,9 cm DAP y más de 300 especies en el sotobosque, entre especies herbáceas y regeneración arborescente.

Gráfico 2: Número acumulado y estimación del número total de especies por estrato de muestreo. Bosque sin intervención, sitio Corinto, Guápiles.



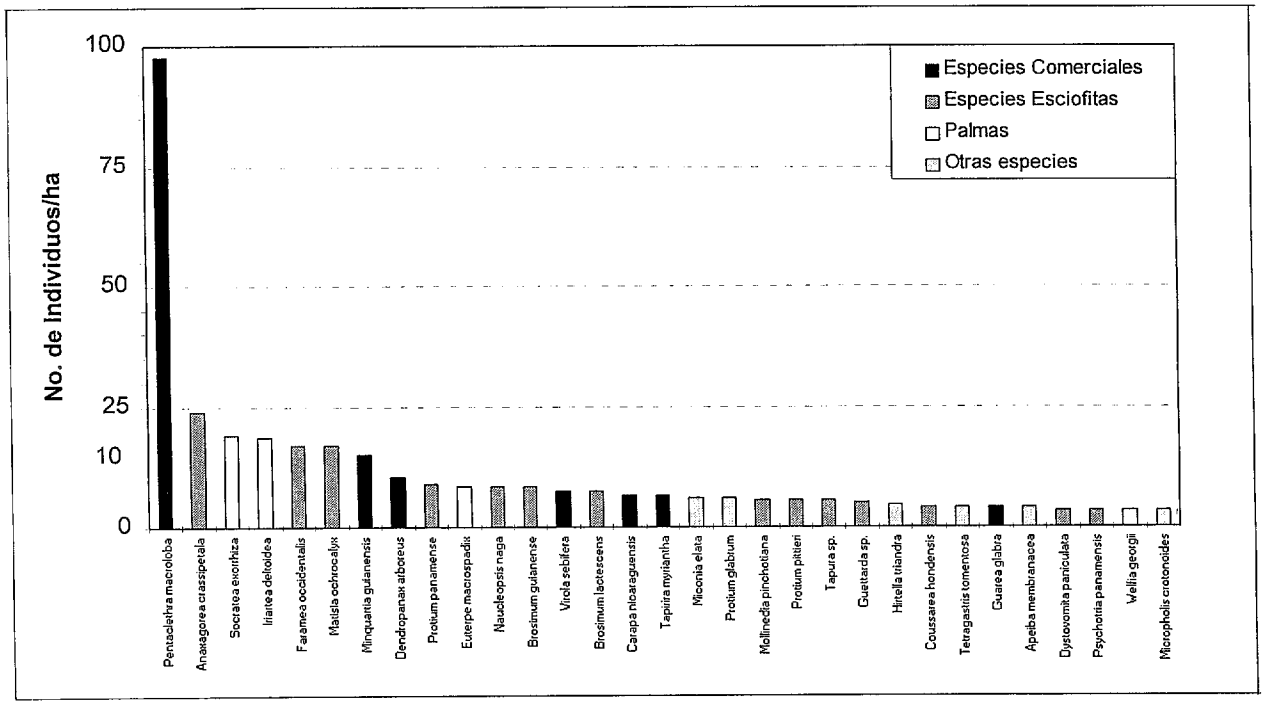


Gráfico 3: Abundancia de especies comerciales, esciófitas, palmas y otras especies en el estrato arborescente (DAP > 10 cm). Bosque sin intervención, sitio Corinto, Guápiles

Composición florística del bosque sin intervención

Las familias más importantes en el estrato con más de 10 cm de DAP en orden decreciente son: Fabaceae, Arecaceae, Moraceae, Rubiaceae y Burseraceae; entre éstas se abarca el 50 % del área basal.

Más del 60 % del área basal del estrato entre 2,5 y 9,9 cm de DAP está formado por plantas de las familias: Rubiaceae, Arecaceae, Annonaceae, Bombacaceae y Moraceae, mientras en el sotobosque (más de 30 cm de altura pero menos de 2,5 cm de DAP) las familias Arecaceae, Cyclanthaceae, Hymenophyllaceae, Rubiaceae y Melastomataceae suman más del 65 % de la cobertura.

En total se identificaron especies de más de 70 familias de plantas. Los bosques de la zona premontana de Costa Rica muestran un patrón específico caracterizado por la predominancia en número y área basal de una o pocas especies; al mismo tiempo el resto de la vegetación presenta una gran diversidad florística originada por la presencia de muchas especies de poca abundancia, en los tres estratos muestreados

Llama la atención la abundancia de palmas (15 % de los individuos) y especies esciófitas en todos los estratos, y la predominancia de *Pentaclethra macroloba* (30 % de los individuos y del área basal) en el dosel.

Acciones de manejo forestal

La corta y extracción de madera se efectuó según los requerimientos legales de Costa Rica, basados en un plan de manejo elaborado por un ingeniero forestal después de un inventario de la masa comercial al 100 %. Se designaron árboles semilleros e identificaron zonas de protección cerca de quebradas y en zonas de mucha pendiente. Después de una tala dirigida, empleando tractores oruga equipados con cable sobre pistas de arrastre previamente planificadas, se extrajeron 60 % de los árboles maderables con más de 60 cm de DAP. Los aprovechamientos realizados en el sitio Corinto, Guápiles, se caracterizan por los siguientes parámetros:

Manejo Maderero	Sitio: Corinto,	Guápiles
Año de Cosecha	1992	(1994/95)
Área de manejo		
Área de manejo total (ha)	35	87
Áreas de protección (ha)	5	44
Intensidad de corta (ha^{-1})		
Árboles extraídos	8	2
Volumen aprovechado (m^3)	20	13
Área afectada (% Área total)		
Pistas de arrastre	4,5	1,5
Claros de corta	5,5	4,5

La intensidad de corta es relativamente baja. Nótese el pequeño tamaño del área de manejo efectivo (35 y 43 hectáreas, respectivamente), típico para las fincas de la región, y la diferencia en el volumen de los árboles extraídos en los distintos aprovechamientos.

Los datos de los informes de regencia también indican una muy baja tasa de disturbio. El área afectada por el aprovechamiento fue un 6-10 % del área total.

Efectos del manejo sobre la vegetación del bosque regeneración post-aprovechamiento

Los muestreos de la regeneración en áreas de bosque remanente comparados con sitios que antes comprendieron claros de corta o pistas de arrastre (con una antigüedad de 1, 2, 5, 7 y 14 años después del aprovechamiento maderero selectivo) revelaron, que como consecuencia de la apertura del dosel, se dio un fuerte impulso a la regeneración.

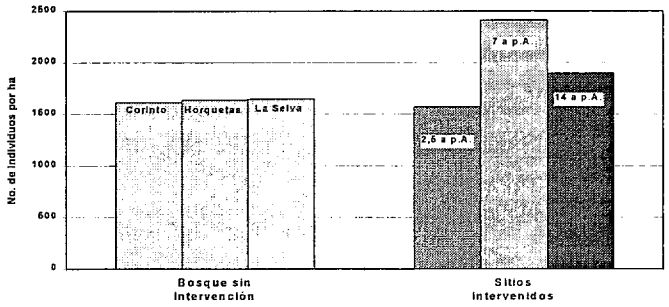


Gráfico 4: No. de individuos en la regeneración (2,5-9,9 cm BHD): Bosque sin intervención y bosque intervenido 2.5; 7 y 14 años después del aprovechamiento

Dentro del mismo bosque, el número de individuos de la regeneración señaló una fuerte dependencia de la calidad del sitio: los bordes de claros y caminos mostraron valores de regeneración significativamente más altos que claros de corta o pistas de arrastre. Estos efectos se percibieron aún 14 años después de un aprovechamiento maderero.

Tabla. 1: Datos técnicos de los aprovechamientos Sitio Corinto, Guápiles (Fuente: Planes de manejo, adaptado)

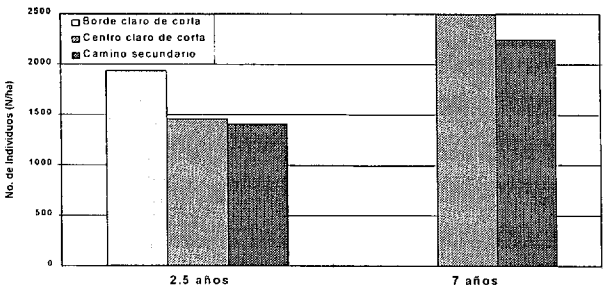


Gráfico 5: Número de individuos en la regeneración según intensidad de intervención.

El establecimiento y el desarrollo de la regeneración en sitios con diferentes intensidades de intervención mostraron una fuerte relación con la calidad de sitio, en este caso determinado sobre todo por la intensidad de la intervención. Se documentó una fuerte y vigorosa regeneración de especies arbóreas en los bordes de claros y caminos, regeneración satisfactoria en los claros con una tendencia hacia la predominancia de especies heliófitas de rápido crecimiento y pioneras en claros grandes, y regeneración no satisfactoria con predominancia de helechos y especies herbáceas en los caminos secundarios.

Efectos sobre la composición florística

Las curvas área-especie de la regeneración entre 2,5 y 9,9 cm de DAP para una superficie de muestreo de 2000 m² para cada sitio, revelaron que el número de especies encontradas en sitios intervenidos era significativamente más alto que en el bosque natural, alcanzando su máximo 7 años después del aprovechamiento. Un promedio de 30 % de las especies encontradas en las parcelas intervenidas no estaba presente en las parcelas de bosque natural o testigos.

El aumento en el número total de especies se mostró fuertemente relacionado con el número de individuos encontrados en el estrato correspondiente; los sitios con la regeneración más numerosa presentaron el número de especies más alto.

La disminución del número de especies 14 años después del aprovechamiento explica por qué las especies de rápido crecimiento, abundantes al inicio, pasaron a la clase diamétrica siguiente y cómo cambiaron las condiciones de iluminación que ya no permiten su regeneración (Clark y Clark, 1992). Otras especies se habrían eliminado por competencia o por pertenecer al gremio de heliófitas efímeras.

Para todos los bosques muestreados, en el estrato correspondiente a árboles mayores de 10 cm de DAP, el aprovechamiento resultó en una disminución del número de especies. Aún 14 años después del aprovechamiento y con numerosos incrementos desde la clase diamétrica menor, se encontraron todavía 15 % de especies menos en sitios disturbados comparados con el bosque sin intervención.

Analizando la composición florística mediante un análisis cluster con el método varianza mínima, se agruparon los sitios de intervención directa, separados claramente de los diferentes ambientes del bosque natural

La composición florística de los sitios disturbados (caminos secundarios, claros de corta y sus bordes) se distinguen claramente de la vegetación del bosque natural (fase de bosque maduro, claros naturales, y bordes hacia claros y caminos pero sin exposición de suelo mineral). Los caminos secundarios presentan una composición florística muy distinta, más pobre en el número de individuos y especies que los otros sitios analizados.

Los cambios florísticos se perciben en todos los niveles analizados: familias, formas de vida (árboles de dosel/dosel inferior, arbustos, hierbas y lianas) y especies.

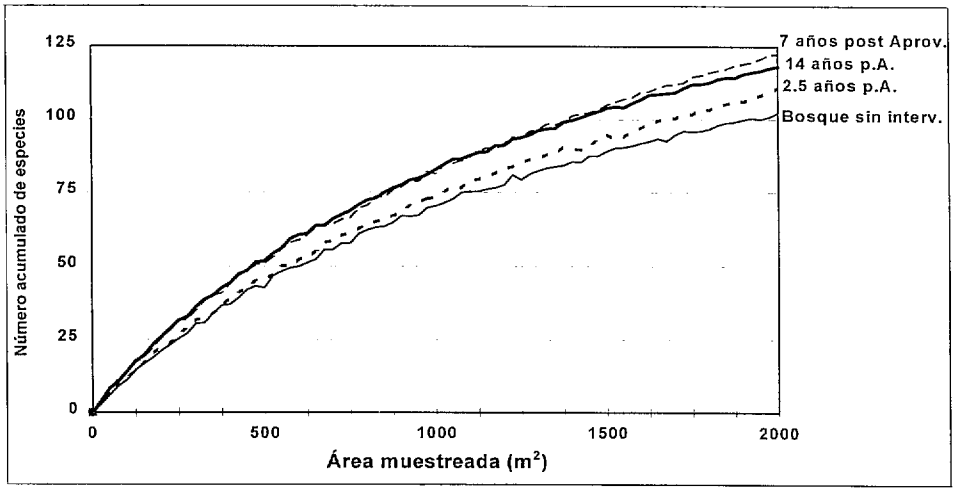


Gráfico 6: Curvas área-especie para el estrato 2,5 a 9,9 cm de DAP. Sitios intervenidos de diferentes edades postaprovechamiento y bosque sin intervención.

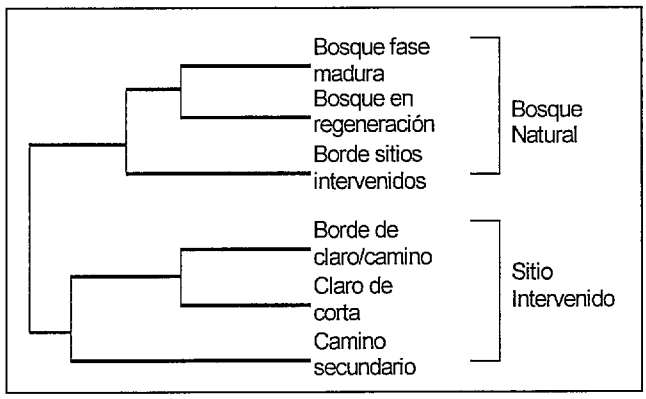


Gráfico 7: Agrupación de los diferentes tipos de sitios según su composición florística mediante un análisis CLUSTER, con el método "varianza mínima". Sitio Corinto, estrato 2,5-9,9 cm de DAP; 2.5 años después del aprovechamiento.

Familias poco frecuentes con anterioridad al manejo maderero, como por ejemplo Elaeocarpaceae, Hippocastanaceae y Erythroxylaceae no fueron encontradas en la regeneración después del aprovechamiento maderero. Otras familias más frecuentes, que en los bosques investigados mayormente están representadas por especies esciófitas (o sea del dosel inferior) como Olacaceae, Dichapetalaceae y Rhizophoraceae, disminuyeron significativamente en su abundancia.

Considerando el alto costo de la identificación a nivel de especies en bosques con una alta biodiversidad, esta observación tiene implicancias importantes para la práctica:

La presencia de las familias con predominancia de especies pioneras, como Cecropiaceae, Heliconiaceae y Chlorantaceae entre las familias más representadas en la regeneración en número de individuos y área basal podría indicar una fuerte intervención.

A nivel de formas de vida, en los sitios fuertemente intervenidos destaca un aumento absoluto y relativo en la abundancia de herbáceas, lianas y árboles del dosel, mientras que disminuyó la regeneración de árboles del dosel bajo, intermedio y de arbustos, o sea grupos adaptados a las condiciones de baja luz.

A nivel de especies, se observó la misma tendencia, aunque se pudo comprobar estadísticamente sólo para las especies más frecuentes:

Disminuyó significativamente la abundancia de regeneración de especies maderables como *Minquartia guianensis, Calophyllum brasiliense, Lecythis ampla* y *Pentaclethra macroloba*. La misma tendencia se observó en especies del dosel inferior como *Faramea occidentalis, Matisia ochrocalyx* y en las palmas, todas estas especies tolerantes a condiciones de sombra. Aumentaron ligeramente su abundancia en la regeneración especies maderables como *Pithecellobium elegans, Stryphnodendron microstachyum* y *Virola koschnyi*, pero sobre todo *Pourouma* spp., *Goethalsia meiantha* y *Casearia arborea*, que dominaron el estrato arborescente de los sitios disturbados 14 años después del aprovechamiento. Especies pioneras como *Cecropia* spp., *Psychotria elata, Hedyosmum scaberrimum, Cyathea* spp. y *Heliconia* spp. dominaron la regeneración durante los primeros 7 años, demostrando una fuerte presencia y fructificación en la edad 7 y 14 postaprovechamiento.

Catorce años después del aprovechamiento, las especies heliófitas han pasado en gran parte al estrato arborescente (> 10 cm de DAP), formando un nuevo dosel con 20 m de altura promedio.

Debajo de este nuevo dosel no se presentó regeneración de especies pioneras, pero aún no se encontró una regeneración vigorosa de las especies esciófitas mencionadas anteriormente.

Destaca la baja abundancia de las palmas y de la especie dominante anteriormente al aprovechamiento, *Pentaclethra macroloba* en el dosel de sitios intervenidos, aún 14 años después del aprovechamiento.

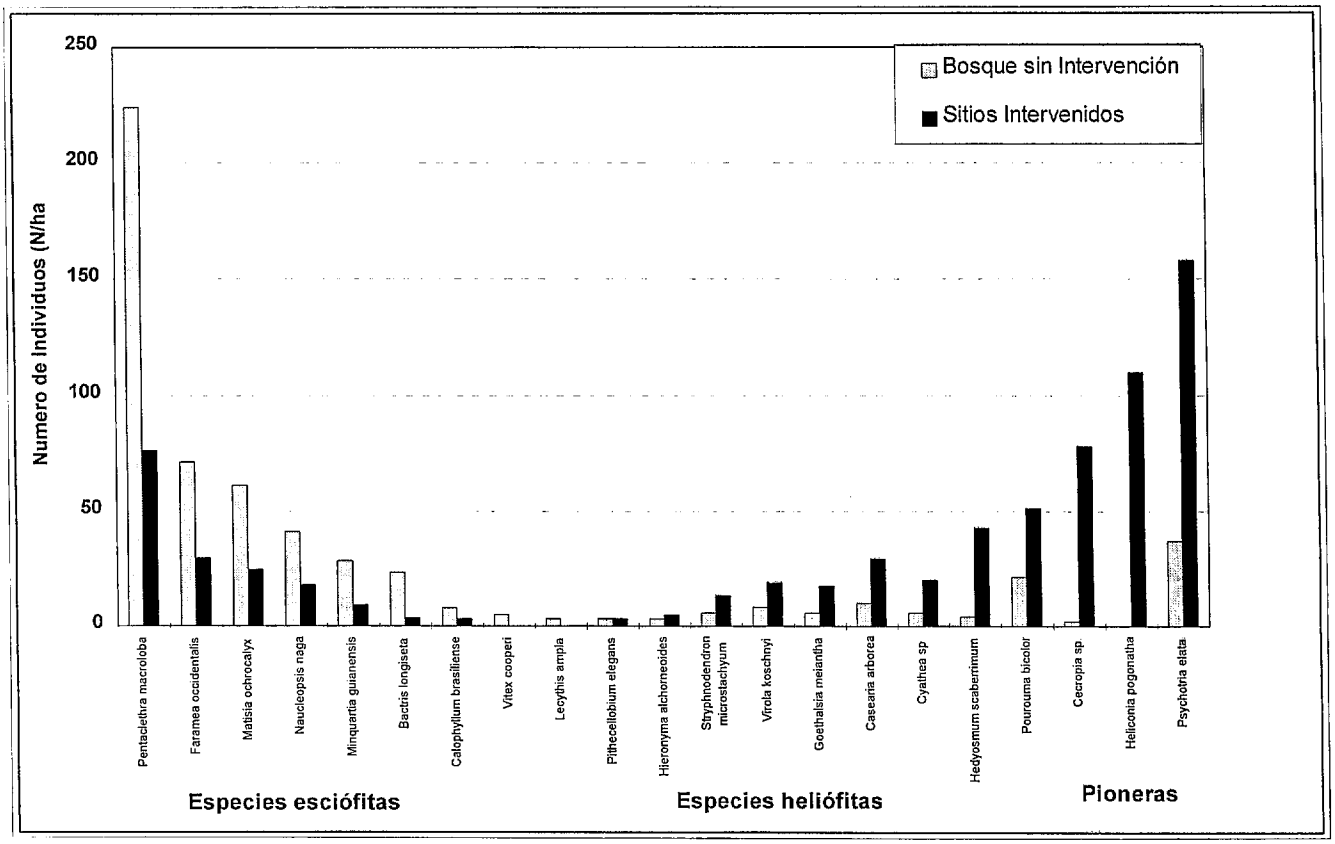


Gráfico 8: Abundancia (1/ha) por especie en estrato 2,5-9,9 cm de DAP, 7 años después del aprovechamiento, en sitios intervenidos y bosque natural. Horquetas.

Discusión

Los resultados de este estudio, basados en amplios datos de campo, coinciden con las observaciones de SILVA 1994 y Finegan, Delgado, Meir y Zamora 1996, y en los conocimientos sobre la ecología de algunas especies. No es sorprendente la correlación entre el aumento de la cantidad de individuos y especies de alta tolerancia a la luz y rápido crecimiento y la extracción de madera.

La efectividad y velocidad del proceso del reemplazo de especies esciófitas y especies de capacidad de regeneración menos efectiva bajo condiciones de intervenciones repetidas depende en gran parte del área afectada y la frecuencia e intensidad de los disturbios, que en el caso del manejo maderero están definidos por el ciclo de corta y su impacto.

Aún con cantidades de extracción de madera relativamente bajas, un muestreo sistemático sobre toda el área aprovechada (área total: 35 ha; muestreo: 310 parcelas de 25 m²; intensidad de muestreo: 2,2 %) en el sitio de investigación reveló que las áreas afectadas por las actividades de corta y extracción de madera superaron a los 10 a 15 % del área total publicados generalmente en los informes técnicos.

Las 310 parcelas muestreadas se distribuyeron a las siguientes intensidades de intervención:

El área fuertemente afectada por la acción maderera con consecuencias negativas para la regeneración (i.e. caminos secundarios y claros grandes) se suma a un 27 % del área de manejo.

Los datos recopilados en este estudio y la experiencia de campo en la búsqueda de bosques de composición florística y aprovechamiento comparable pero más antigüedad revelan que no se trata de una situación excepcional, sino de una situación típica.

Como los próximos aprovechamientos se concentrarán en las áreas remanentes del bosque, basados en el ciclo de corta aplicado en Costa Rica actualmente (ca. 15 años), después de 4 ó 5 ciclos toda parte del bosque no declarado zona de protección habrá sido afectada de alguna manera por un aprovechamiento maderero.

En consecuencia la vegetación desarrollada en sitios disturbados en bosques con diferentes edades post-aprovechamiento después del primer ciclo de corta, se puede considerar como un modelo representando la composición y estructura de un bosque manejado a mediano plazo.

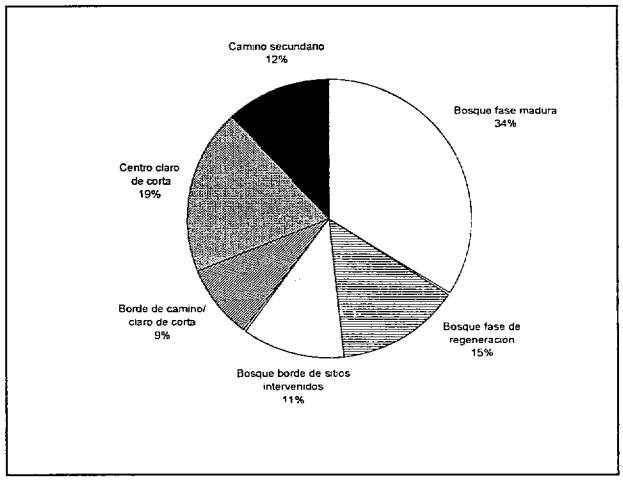


Gráfico 9: Tipos de Sitio según intensidad de intervención después delaprovechamiento maderero. Muestreo sistemático sobre líneas de inventario. Sitio Corinto, Guápiles.

Conclusiones

- Como consecuencia del manejo maderero, se producen cambios en la composición florística del bosque a nivel de formas de vida, familias y especies.
- Los cambios documentados en este estudio estaban vigentes aún 14 años después de una extracción de madera selectiva e influenciaron la composición florística del nuevo dosel.
- Las especies favorecidas por el manejo maderero son aquellas con alta capacidad de dispersión de semillas, alta tolerancia a la luz, y madurez temprana. Estas especies estaban presentes en poca abundancia en el bosque natural sin intervención, ya que dependen de claros grandes y suelo mineral expuesto para su establecimiento.
- Con el transcurrir del manejo que actualmente considera ciclos cortos, se favorece la propagación y el establecimiento de estas especies en perjuicio de otras con carácter esciófito y dispersión menos agresiva.
- El aumento en el número de especies observadas en los primeros años después del inicio del manejo debe ser considerado un efecto temporal, ya que se debe en gran parte a la introducción y reproducción de especies pioneras y heliófitas en los sitios disturbados, reemplazando a muchas especies esciófitas del bosque. Si un manejo no permite la regeneración del gran

número de las especies tolerantes a la sombra del bosque natural, a largo plazo probablemente resultará más bien en una disminución del número de especies.

Implicancias para el manejo de los bosques

- Considerando la totalidad del bosque, después de un manejo mejorado, la regeneración de especies maderables en conjunto se da en cantidades suficientes.
- En las áreas fuertemente intervenidas (claros grandes y caminos secundarios) la composición florística de la regeneración presenta una situación no-satisfactoria desde el punto de vista forestal.
- Es muy recomendable la aplicación y el mejoramiento de métodos de extracción planificada, ya que las áreas fuertemente intervenidas generalmente son más grandes de lo reportado, y esta situación a largo plazo se puede volver crítica para el manejo.
- Manejado en la forma documentada anteriormente, dentro de pocos ciclos de corta, la composición del bosque habrá cambiado significativamente, posiblemente con consecuencias para el mismo manejo maderero.
- Sin el desarrollo de métodos silviculturales adaptados, en estos sitios se presentará una dominancia de especies pioneras y heliófitas de rápido crecimiento, de maderas blandas y generalmente poco valor comercial.
- Si el manejo forestal quiere cumplir con otras metas que la producción de madera, como la producción de productos no maderables o la conservación de la biodiversidad, es necesario incluir estas metas en la planificación y el desarrollo de las actividades madereras de antemano.

Agradecimientos

Al Instituto de Silvicultura de Freiburg, por el tema y el apoyo durante la etapa de análisis de datos y escritura de la tesis; al programa TOEB de la GTZ por el financiamiento durante 3 años del trabajo; al Proyecto Agroforestal GTZ-CATIE por el apoyo logístico y administrativo y a los Proyectos de la Unidad de Manejo de Bosques por la cooperación, discusión y el apoyo brindado durante la etapa de trabajo de campo.

Bibliografía

Clark, D. A., Clark, D. B., Rich, P. M. (1993): Comparative analysis of microhabitat utilization by saplings of Nine Tree Species in Neotropical Rain Forest. Biotropica 25 (4): 397-407.

Finegan, B. Delgado, D., Meir, P., Zamora, N. (1996): Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque tropical húmedo del noreste de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza, CATIE.

Johns, J. S., Barreto, P. Uhl, C. (1996): Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon. Forest Ecology and Management, 89:59 - 77.

Silva, J. N. M. (1989): The Behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging. Ph.D. Thesis. University of Oxford.

Zoglmeier, B.(1996): Beschreibung und Klassifikation der Böden eines tropischen Regen-waldes (Los Laureles de Corinto) in Costa Rica und Ihre Darstellung in einer Bodenkarte. Tesis de Diploma (Diplomarbeit), Universidad de Munich, Alemania.

Efecto del Corte de Bejucos sobre la Estructura de un Bosque Boliviano: Recomendaciones y Evaluación de una Práctica Silvicultural

Diego R. Pérez Salicrup

University of Missouri-St. Louis
UM-St. Louis, 8001 Natural Bridge Rd.
(314)516-6256 (314) 516-6233
s955340@umslvma.umsl.edu
St. Louis, MO 63121-4499, USA

Resumen

En este estudio se evaluaron algunos de los efectos del corte de bejucos sobre los árboles de un bosque de lianas al NE de Bolivia. Por principio de cuentas, se midió la densidad de árboles y bejucos en este bosque, y se comparó con otros sitios tropicales. También se midió la frecuencia de infección de árboles por parte de los bejucos y la intensidad de dicha infección. Se contaron cuántos árboles son trepados por bejucos, y se analizó si dicha variable se ve afectada por el diámetro de los bejucos. Posteriormente, se examinó el efecto del corte de bejucos en la disponibilidad de agua de árboles Senna multijuga. *Por último, se evaluó la respuesta al corte de bejucos por parte de plántulas de árboles. Se encontró que la densidad de árboles en la zona de estudio es similar a la de otros bosques tropicales, pero que la densidad de bejucos es singularmente alta. Aproximadamente el 86.3 % de los árboles en este bosque tienen bejucos, y éstos se encuentran de manera agregada en los árboles, lo que sugiere un mecanismo de facilitación en cuanto a la infestación de bejucos. Más del 50 % de los árboles tienen bejucos que alcanzan la parte externa de la copa, por lo que la intensidad de infección es alta. Los bejucos en este bosque trepan de 1 a 6 árboles, pero la mayoría sólo trepa 1 ó 2. El número de árboles trepados por bejuco aumenta directamente con relación al diámetro del bejuco, sin embargo esta relación es diferente para bejucos que utilizan diferentes mecanismos para trepar, y en cualquier caso explica muy poco la variación asociada a este parámetro, por lo que se concluye que otras causas como la cercanía de árboles pueden ser igualmente importantes. No se registró ninguna diferencia en la humedad del suelo alrededor de los árboles como respuesta al corte de bejucos, pero si en el potencial hídrico de los mismos. Por ello, se deduce que los bejucos interfieren con la disponibilidad de agua en árboles durante la época seca. Finalmente, el corte de bejucos no afectó ni la apertura del dosel ni la humedad relativa del suelo en parcelas liberadas de bejucos. Sin embargo, plántulas de árboles en dichas parcelas produjeron más hojas y crecieron más altas, lo que sugiere que el corte de bejucos tiene un efecto positivo sobre este componente de la regeneración de árboles.*

Introducción

Los bejucos leñosos (también llamados lianas) son plantas trepadoras de tallos largos y flexibles que pierden la capacidad de sostenerse por sí mismas en posición vertical después de alcanzar cierta talla. Como consecuencia, los bejucos leñosos dependen del apoyo físico de los árboles para alcanzar el dosel del bosque. Desde la perspectiva del aprovechamiento forestal, los bejucos representan un problema ya que causan diversos daños a los árboles. En primer lugar, en su viaje hacia la copa, los bejucos pueden causar deformaciones en los fustes de los árboles, disminuyendo el valor potencial maderable de los mismos (Putz 1984a, Appanah y Putz 1984). En segundo término, las lianas generalmente conectan las copas de los árboles, de tal manera que cuando un árbol cargado de bejucos cae, éste arrastra a su paso a más árboles y causa en general más daño a árboles jóvenes que cuando cae un árbol sin bejucos (Putz y Chai 1987). Finalmente, al igual

que cualquier otra planta, los bejucos consumen nutrientes, agua y luz, y compiten por estos recursos contra los árboles.

Debido a los efectos negativos que los bejucos tienen sobre los árboles, varios autores han recomendado que aquéllos sean cortados previamente a la extracción forestal (Featherly 1941, Lutz 1943, Putz 1984a, Appanah y Putz 1984 y artículos allí citados). Sin embargo, los efectos y consecuencias de dicho tratamiento aún no han sido evaluados exhaustivamente. En particular, no se han hecho estudios ecológicos detallados que documenten qué aspectos del complicado ciclo de vida de los árboles se pueden ver beneficiados a causa del corte de bejucos. El propósito de este trabajo es contribuir a nuestro conocimiento del impacto que el corte de bejucos tiene sobre la comunidad de árboles en un bosque de lianas en el trópico boliviano, y hacer algunas recomendaciones sobre la utilidad de dicha práctica.

En este ensayo se analizaron tres aspectos de la relación ecológica que existe entre los árboles y los bejucos. Por principio de cuentas, describo algunos patrones que surgen de la interacción entre árboles y bejucos en un bosque de lianas. Para ello, utilizo terminología empleada para la descripción de sistemas huesped-parásito. En segundo término, discuto el efecto que el corte de bejucos tiene sobre la disponibilidad de agua en árboles adultos. Finalmente, examino la hipótesis de que el corte de bejucos resulta en un mayor crecimiento de plántulas de árboles, parte importante de la regeneración del bosque.

Cabe mencionar que los efectos silviculturales de los bejucos han sido revisados de forma exhaustiva recientemente (Putz y Chai 1987, Putz 1991). El propósito de este documento es sumarse a la información que allí se vierte y complementarla, pero de ninguna manera substituirla, y recomiendo ampliamente al lector que revise esas referencias.

Relaciones árbol-bejuco en un bosque de lianas

Los bosques de lianas, como su nombre lo indica, son aquellos donde la densidad de bejucos leñosos es muy alta (Pires 1973, Pires y Prance 1985, Balée y Campbell 1990). Este tipo de bosques ha sido conocido en la Amazonia desde hace más de 20 años (Pires 1973). En ellos crecen especies arbóreas de interés forestal, tales como *Swietenia macrophylla, Bertholetia excelsa* y *Cedrela odorata*, entre otras. Sin embargo, hasta la fecha no hay estudios ecológicos que documenten las características de las comunidades de árboles y bejucos en estos bosques, y los patrones que surgen de la interacción entre los individuos de ambas formas de vida.

Desde una perspectiva ecológica, los bejucos han sido caracterizados como parásitos estructurales de los árboles (Putz 1980, Stevens 1987). No son parásitos en el sentido más estricto de la palabra, pues los bejucos no consumen ningún producto del metabolismo de los árboles. Sin embargo, los bejucos dependen completamente del apoyo de los árboles para alcanzar el dosel del bosque, y como se mencionó antes, causan daños a los árboles en que se sostienen. Por ello, para facilitar la descripción de los patrones que surgen de la interacción entre árboles y bejucos es posible echar mano de la terminología empleada para describir sistemas huesped-parásito.

En el bosque de lianas donde se desarrolló este estudio, ubicado al NE del departamento de Santa Cruz, Bolivia (14 ° 45' S, 62° 00'), se encontró una densidad de árboles que es similar a la de otros bosques tropicales (575 ± 22.5 árboles $\geq$ 10 cm dap -diámetro a la altura del pecho- ha^{-1}). Sin embargo, la densidad de lianas es particularmente alta (2471 ± 104.3 bejucos $\geq$ 2 cm dap ha^{-1}). Uno de los parámetros que se utilizan para describir la relación entre huéspedes y parásitos, es la frecuencia de infección, y se refiere a cuántos individuos dentro de la comunidad de huéspedes tienen al menos un parásito. En este bosque se encontró que aproximadamente el 86.3 % de los árboles $\geq$ 10 cm dap tienen bejucos. Esta frecuencia de infección es muy alta. Para comparar, en un bosque tropical venezolano, la frecuencia de infección de árboles por bejucos fue estimada en 42.1 % (Putz 1983) y en un bosque de Panamá entre 32-50 % (Knight 1975, Putz 1984b).

Otro parámetro utilizado es la intensidad de infección, que se refiere a cuantos parásitos infectan a algún individuo en particular. En el sitio de estudio se encontró que los árboles pueden tener de 1 a 32 bejucos, aunque la mayoría tiene entre dos y tres. Por otro lado, la distribución de bejucos en árboles no es aleatoria, sino agregada. Es decir, si comparamos la distribución del número de bejucos por árbol con la distribución esperada si el evento de infección se debiera únicamente al azar (distribución de Poison), encontramos que la distribución observada es muy distinta. Este patrón de agregación sugiere que hay un proceso de facilitación en cuanto a la infección de bejucos. Una vez que un árbol ha sido infectado por un bejuco, tiene una mayor probabilidad que la que se esperaría al azar de sufrir una segunda infección por otro bejuco (Pinard y Putz 1994).

Otro método con el que se puede medir la intensidad de infección de bejucos en árboles es cuantificar qué porción de los árboles se encuentra infestada por bejucos. En base a un conteo de 345 árboles infectados, encontré que en el sitio de estudio 13 % de los árboles tiene bejucos únicamente en el tallo, 12 % hasta la porción basal de la copa, 25 % en la parte media de la copa y el 50 % tienen bejucos que colonizan hasta la parte externa de la copa del árbol. En base a este resultado, y a la distribución de bejucos en árboles a la que me referí anteriormente, es posible decir que la intensidad de infección en este bosque es también muy alta.

Un parámetro más, empleado en el estudio de parasitismo es la especificidad de la interacción, y se refiere a qué tan estrecha es la relación que existe entre las especies de huéspedes y parásitos. Al igual que en otros bosques, prácticamente no se encontró especificidad alguna, por lo que cualquier especie de árbol tiene las mismas posibili-

dades de ser infectada. La excepción a este patrón la constituyen las palmas, que debido a su forma de crecimiento, les es posible liberarse de los bejucos, pues éstos no tienen dónde sostenerse una vez que las hojas de las palmas caen.

A pesar de que hasta ahora se ha hablado de los bejucos en términos de parasitismo, hay que señalar que los bejucos no son parásitos típicos. A diferencia de otros sistemas huesped-parásito, la relación árbol-bejuco se distingue en que un solo bejuco puede infectar a más de un árbol. En el sitio de estudio, se encontró que los bejucos pueden trepar de uno a seis árboles, pero la mayoría de los bejucos trepan tan sólo uno o dos. Este resultado es más bajo de lo que se anticiparía en base a la alta densidad de bejucos, frecuencia e intensidad de infección en el sitio de estudio. Sin embargo, hay que mencionar que muchos bejucos al caer al suelo se entierran, y se dividen bajo tierra. Por ello, es posible que el número arriba señalado represente una subestimación.

El número de árboles trepados por bejuco aumenta con el grosor del bejuco. Sin embargo este parámetro explica muy poco la variación asociada al número de árboles trepados por bejuco, por lo que otros factores, como la distancia entre árboles, puede desempeñar un papel importante. La relación entre el número de árboles trepados y el diámetro del bejuco difiere entre los mecanismos que emplean los bejucos para trepar. Estos mecanismos incluyen el uso de zarcillos, de espinas, enroscamiento del tallo principal y enroscamiento de ramas.

Efecto del corte de bejucos en la disponibilidad de agua en árboles adultos

Como ya se señaló antes, los bejucos pueden ocasionar una serie de daños mecánicos a los árboles. De manera adicional, se ha observado que los bejucos también reducen el vigor de los árboles al competir con ellos por recursos. En el sitio donde se desarrolló este estudio, se reciben entre 1200 y 1500 mm de precipitación al año. Sin embargo, la mayor parte de la lluvia cae entre noviembre y mayo. Como consecuencia de esta estaciona lidad, entre junio y octubre el agua se convierte en un recurso limitante para las plantas. En bosques donde hay una marcada época seca, se ha observado que el crecimiento de los árboles y sus eventos fenológicos son regulados principalmente por sus relaciones hídricas (Reich y Borchert 1982, 1984).

Estudios anteriores han demostrado que el corte de bejucos incrementa el crecimiento de árboles en un bosque de Estados Unidos (Whigham 1984), y la producción de frutos en un bosque seco en Costa Rica (Stevens 1987). Sin embargo, aún desconocemos los mecanismos fisiológicos mediante los cuales los árboles que son librados de bejucos adquieren mayor vigor. En este sentido, Dillenburg *et al.* (1993a, 1993b, 1995) encontraron que en un bosque templado, los bejucos *Lonicera japonica* y *Parthenocissus quinquefolia* disminuyeron el crecimiento de árboles jóvenes de *Liquidambar styraciflua* mas por la interferencia en la captura de nitrógeno que por competencia por luz o agua. Sin embargo, su estudio se realizó durante la época de lluvias, bajo condiciones en que ni el agua ni la luz eran factores limitantes.

Estudios anatómicos señalan que debido a la presencia de elementos vasculares más anchos y largos, los bejucos son buenos conductores de agua (Bell *et al.* 1988, Ewers *et al.* 1990, Fitchner y Schulze 1990, Carlquist 1991, Ewers *et al.* 1991, Holbrook y Putz 1996, Tyree y Ewers 1996). Además, durante períodos de sequía, los bejucos mantienen su follaje por más tiempo que los árboles (Aidé y Zimmerman 1990, Putz y Windsor 1984). Si los bejucos son consumidores eficientes de agua, entonces es posible que en bosques donde hay una prolongada época de sequía reduzcan la disponibilidad de agua de los árboles.

Para examinar esta hipótesis, en 1996 desarrollé un experimento en el que corté los bejucos alrededor de 10 árboles de *Senna multijuga*, mientras que otros 10 árboles con las mismas características de tamaño y densidad original de árboles y bejucos colindantes fueron utilizados como control. Antes del corte, y luego en varias ocasiones durante la época seca hasta llegar a la época de lluvias, medí la disponibilidad de agua de los árboles en términos del potencial hídrico foliar. Además, medí también la humedad relativa del suelo a 0-0.1 y a 0.9-1.0 m de profundidad alrededor de cada árbol mensualmente durante los meses de junio a octubre.

Encontré que el corte de bejucos aumentó el potencial hídrico de los árboles incluso un solo día después del corte de bejucos, y que esta diferencia permaneció durante toda la época de sequía. Por otro lado, la humedad del suelo se mantuvo similar alrededor de los árboles con y sin corte de bejucos, por lo que aparentemente en cuanto hay mayor disponibilidad de agua ésta es inmediatamente consumida por los árboles, y no permanece en el suelo. En base a estos resultados, se puede concluir que en el sitio de estudio, donde hay una estación prolongada en que el agua es limitante, los bejucos interfieren con la disponibilidad de agua de los árboles, presumiblemente disminuyendo su crecimiento y potencial reproductivo.

Efecto del corte de bejucos en plántulas de árboles

El corte de bejucos como práctica silvicultural siempre se ha planteado en términos de los beneficios que dicho tratamiento tiene en árboles adultos. Sin embargo, es posible que el corte de bejucos tenga la ventaja adicional de facilitar el crecimiento de plántulas de árboles, que es un aspecto importante de la regeneración arbórea.

En los bosques tropicales en que se ha medido este parámetro, los bejucos ocupan aproximadamente el 20 % de la biomasa foliar del dosel (Putz 1983, Gentry 1983). Al ocupar una proporción tan substancial del dosel, los bejucos deben interceptar una proporción similarmente considerable de la radiación solar que potencialmente llegaría al suelo del bosque, y que es necesaria para el

crecimiento de plántulas. Asimismo, la transpiración de tanta masa foliar debe reflejarse en un consumo considerable del agua disponible en el suelo. La combinación de estos factores, o cada uno de ellos por sí mismo, podría afectar el crecimiento de plántulas de árboles en el sotobosque.

Para evaluar si el corte de bejucos se refleja en un mayor crecimiento de plántulas en el sotobosque, comencé un experimento en mayo de 1995. Se establecieron 24 parcelas de 30 x 30 m en las que se midió la altura y el número de hojas de 20 plántulas de dos especies de árboles, *Clarisia ilicifolia* y *Astronium fraxinifolium*, en las parcelas donde había suficientes individuos para cada especie. Posteriormente se cortaron los bejucos en 12 de las parcelas. El corte de bejucos se hizo cortando dos veces los tallos de los bejucos en los 900 m^2 y en un área de amortiguamiento de 10 m alrededor de cada parcela. Posteriormente, se remidieron las plántulas a 12 y 18 meses después del corte. Además, se tomaron fotografías hemisféricas para evaluar el cambio en la cobertura del dosel del bosque como respuesta al corte de bejucos. Las fotografías hemisféricas se tomaron antes del corte y cuatro meses después. Finalmente, se midió mensualmente la humedad del suelo a 0-0.1 m cada mes durante junio-septiembre de 1995, y a 0-0.1 y 0.0-1.0 m durante junio-octubre de 1996.

En aquellas parcelas en donde se cortaron los bejucos, las plántulas de ambas especies crecieron más altas y produjeron más hojas, indicando que el corte de bejucos sí resulta en mayor crecimiento de plántulas. La cobertura del dosel sin embargo no varió como producto del corte, lo cual puede deberse a que el dosel en el sitio de estudio alcanza un índice de cobertura de apenas 20 %, por lo que es relativamente abierto durante ambas épocas del año (sequía y lluvia). El corte de bejucos no afectó aparentemente la humedad relativa del suelo, pero en base a los resultados obtenidos con árboles adultos, pienso que el incremento en el crecimiento de plántulas se debe a una mayor disponibilidad de agua en las parcelas donde se cortaron los bejucos, sólo que ésta no se refleja en términos de humedad relativa del suelo, pues apenas se dispone de cantidades adicionales de agua, ésta es consumida por las plantas.

Conclusiones

El bosque en el que se llevó a cabo este estudio presenta una de las densidades de bejucos más altas que se han reportado en la literatura. Como consecuencia, la infección de bejucos es muy frecuente e intensa. Quizás una de las razones por las que no se encontró mucha especificidad en la relación entre árboles y bejucos, es porque la infección de bejucos es tan alta, que prácticamente todas las especies arbóreas del bosque sufren infección de bejucos.

Bosques como este representan un fuerte reto al manejo forestal, por la dificultad que una densidad de bejucos representa, y quizás en ellos es donde se justifique más el corte de bejucos como una práctica silvicultural. Para ello, hay que conocer claramente cuáles son los beneficios que dicha práctica ofrece. Cómo se señaló anteriormente, además de reducir los daños relacionados con el arrastre de árboles que caen cargados de bejucos, el corte de bejucos aumenta la disponibilidad de agua en árboles adultos casi inmediatamente después del corte durante la época de sequía, lo que muy probablemente se refleje en un mayor crecimiento de árboles. Además, el corte de bejucos presenta el beneficio adicional de un mayor crecimiento de las plántulas de árboles, lo que implica una regeneración más rápida de ellos. Por ello, de llevarse a cabo esta práctica, sería conveniente desarrollarla al menos con un año de anticipación a la extracción, pues los árboles y plántulas se beneficiarían durante todo ese lapso.

Por otro lado, hay muchos efectos relacionados con el corte de bejucos que aún desconocemos, y que indudablemente deben ser considerados antes de hacer una evaluación final de dicha práctica. En particular, es necesario conocer más sobre los impactos que el corte de bejucos puede tener sobre otros organismos del bosque, particularmente, la fauna. Únicamente con un conocimiento formal, adquirido de forma cuantitativa, será posible hacer una evaluación de los costos y beneficios que el corte de bejucos ofrece como práctica silvicultural.

Agradecimientos

Quiero agradecer muy especialmente a todos los individuos que logran que BOLFOR sea mucho más que la suma de todos ellos. BOLFOR financió este proyecto y también mi participación en el Simposio del que forma parte este manuscrito. Al Dr. Jack Putz y los integrantes de su laboratorio por todo el apoyo durante los últimos tres años. Los Dres. Michelle Pinard y Martín Barker no solamente me hospedaron en mis visitas a Sta. Cruz, sino que con sus comentarios mejoraron mucho este trabajo. Esta manuscrito lo escribí mientras completo el doctorado en la Universidad de Missouri-St. Louis, con el apoyo de CONACYT, México.

Bibliografía

Aidé, M. T. y J. Zimmerman. 1990. Patterns of insect herbivory, growth and survivorship juveniles of a neotropical liana. *Ecology* 71:1412-1421.

Appanah, S. y F. E. Putz. 1984. Climber abundance in virgin dipterocarp forest and the effect of pre-felling climber cutting on logging damage. *The Malaysian Forester* 47: 335-342.

Balée, W. y D.G. Campbell. Evidence for the successional status of liana forest (Xingu River Basin, Amazonian Brazil). *Biotropica* 22: 36-47.

Bell, A.J., I.N. Forseth, and A.H. Teramura. 1988. Field water relations of three temperate vines. *Oecologia* 74: 537-545.

Carlquist, S. 1991. Anatomy of vine and liana stems: a review and synthesis. En F. E. Putz y H. A. Mooney (Eds.) *The Biology of Vines*. Cambridge University Press. Nueva York. Pp:53-71.

Dillenburg, L. R., D. F. Whigham, A. H. Teramura y I. N. Forseth. 1993a. Effects of vine competition on availability of light, water and nitrogen to a tree host (*Liquidambar styraciflua*). *American Journal of Botany* 80:224-252.

Dillenburg, L. R., D. F. Whigham, A. H. Teramura y I. N. Forseth. 1993b. Effects of below- and aboveground competition form the vines *Lonicera japonica* and *Parthenocissus quinquefolia* on the growth of the tree host *Liquidambar styraciflua*. *Oecologia* 93:48-54.

Dillenburg, L. R., A.H. Teramura, I.N. Forseth y D. F. Whigham. 1995. Photosynthetic and biomass allocation responses of *Liquidambar styraciflua* (Hamamelidaceae) to vine competition. *American Journal of Botany* 82: 454-561.

Ewers, F.W., J.B. Fisher, y S.T. Chiu. 1990. A survey of vessel dimensions in stems of tropical lianas and other growth forms. *Oecologia* 84:544-522.

Ewers, F. W., J.B. Fisher and K. Fichtner. 1991. Water flux and xylem structure in vines. En F. E. Putz y H. A. Mooney (Eds.) *The Biology of Vines*. Cambridge University Press. Nueva York. Pp:127-160.

Featherly, H.I. 1941. The effect of grapevines on trees. *Proc. Oklahoma Acad. Sci.* 21: 61-62.

Fichtner, K. and E.D. Shulze. 1990. Xylem water flow in tropical vines as measured by a steady state heating method. *Oecologia* 82: 355-361.

Gentry, A. H. 1983. Lianas and the "paradox" of contrasting latitudinal gradients in wood and litter production. *Tropical Ecology* 24:63-67.

Holbrook, N.M. y F.E. Putz. 1996. Physiology of tropical vines and hemiepiphytes: plants that climb up and plants that climb down. En S. Mulkey, R. L. Chazdon, y A. P. Smith (Eds.). Tropical Forest Plant Ecophysiology. Chapman and Hall. Nueva York. Pp: 363-394.

Knight, D. H. 1975. A phytosociological analysis of species rich tropical forest on Barro Colorado Island, Panama. *Ecol. Monogr.* 45: 259-284.

Lutz, H. J. 1943. Injuries to trees caused by *Celastrus* and *Vitis*. *Bull. Torrey Bot. Club* 70: 436-439.

Pinard, M. A. y F. E. Putz. 1994. Vine infestation of large remnant trees in logged forest in Sabah, Malaysia: biomechanical facilitation in vine succession. *Journal of Tropical Forest Science* 6: 302-309.

Pires, J.M. 1973. Tipos de vegetação da Amazônia. En O Museu Goeldi no ano de sesquicentenario. Publicações Avulsas No. 20. Museu Paraense Emilio Goeldi, Belén. Pp:171-202.

Pires, J.M. y G.T. Prance. The vegetation types of the Brazilian Amazon. En G.T. Prance y T. Lovejoy (Eds.). Key environments: Amazonia. Pergamon Press, Nueva York. Pp: 109-145.

Putz, F. E. 1980. Lianas vs. trees. *Biotropica* 12:224-225.

Putz, F. E. 1983. Liana biomass and leaf área of a 'tierra firme' forest in the Río Negro Basin, Venezuela. *Biotropica* 15:185-189.

Putz, F. E. 1984a. How trees avoid and shed lianas. *Biotropica* 16:19-23.

Putz, F. E. 1984b. The natural history of lianas on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology* 65: 1713-1724.

Putz, F. E. 1991. Silvicultural effects of lianas. En F. E. Putz y H. A. Mooney (Eds.) *The Biology of Vines*. Cambridge University Press. Nueva York. Pp: 493-501.

Putz, F. E. and P. M. Windsor. 1987. Liana phenology on Barro Colorado Island, Panama. *Biotropica* 21:299-302.

Reich, P. B. and R. Borchert. 1982. Phenology and ecophysiology of the tropical tree *Tabebuia neochrysantha* (Bignoniaceae). *Ecology* 63: 294-299.

Reich, P. B. and R. Borchert. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 72: 61-74.

Stevens, G. C. 1987. Lianas as structural parasites: the *Bursera simaruba* example. *Ecology* 68: 77-81.

Tyree, M. and F.W. Ewers. 1996. Hidraulic architecture of woody tropical plants. En S. Mulkey, R. L. Chazdon, y A. P. Smith. Tropical Forest Plant Ecophysiology. Chapman and Hall. Nueva York Pp: 217-243.

Whigham, D. 1984. The influence of vines on the growth of *Liquidambar styraciflua* L. (sweetgum). *Canadian Journal of Forest Research* 14: 37-39.

Desarrollo de Criterios Silviculturales para el Manejo de *Quassia amara*, un Producto No Maderable del Bosque Tropical

Róger Villalobos
Yorleny Chang
Daniel Marmillod
Ricardo Bedoya
Lilibeth Leigue

Resumen

Quassia amara *(Simaroubaceae) es un arbusto de 3 a 6 m de alto cuya presencia está documentada desde los 18° de latitud, en México, hasta Ecuador y Brasil, ámbito donde es ampliamente difundido su uso como planta medicinal para el tratamiento de fiebres, complicaciones digestivas y parásitos intestinales (Brown 1995, Holdridge y Poveda 1975, Pérez 1990; Gentry 1993).*

Aunque sus principales antecedentes de uso, desde el siglo 18, son como planta medicinal (Busbey 1939, Carson 1848) los extractos de Q. amara *fueron ampliamente utilizados para la elaboración de insecticidas naturales en Europa y Estados Unidos de Norteamérica, a donde el material leñoso fue importado desde Sudamérica y el Caribe. Este aprovechamiento está documentado al menos desde 1884 hasta 1940, cuando se inicia el auge de los pesticidas sintéticos y el desuso de los productos naturales (Busbey 1939, Brown 1995, Villalobos 1995).*

Hoy en día, la necesidad de contar con alternativas para el control de plagas menos contaminantes hace que tome vigencia la promoción del aprovechamiento sostenible de Q. amara *como fuente de materia prima para la producción de insecticidas naturales (Ocampo 1995), y su desarrollo como un producto no maderable del bosque técnicamente manejado.*

Este artículo describe las acciones y el estado actual de la investigación realizada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) para el desarrollo de criterios silviculturales que permitan el aprovechamiento sostenible de las poblaciones naturales de Q. amara *y su incorporación dentro de sistemas de manejo diversificado del bosque tropical. Este proceso de investigación y validación se ajusta a los criterios metodológicos para la incorporación de recursos vegetales en sistemas de manejo propuestos por el mismo CATIE (Ling et al, 1996).*

El arbusto de *Quassia amara* y su producto

Aunque Holman (1940) habla de diámetros a la altura del pecho de 15 cm, Brown (1995) y Villalobos (1995), quienes caracterizaron diversas poblaciones de *Q. amara* en Costa Rica y Panamá, incluyendo diámetros medidos a 130 y 30 cm de altura desde el suelo ($d_{1.3}$ y $d_{0.3}$) respectivamente, no encontraron diámetros mayores a 13 cm. Aunque Brown (1995) informa de individuos con más de 9 m de altura en Panamá, las mayores alturas observadas en Costa Rica son de 8.5 m (Villalobos 1995).

La población de *Q. amara* en la Reserva Indígena Kéköldi, en Talamanca, al sur de la costa Atlántica de Costa Rica, principal lugar de estudio de la especie por parte de CATIE, presenta $d_{0.3}$ medios de 2.18 cm (Ling 1995). El mismo Ling (1991), en un muestreo preliminar de esa población , encontró máximos de 6.16 cm de $d_{1.3}$ y 6.5 m de altura.

El principal producto cosechado de este arbusto son sus tejidos leñosos. Para determinar el aporte de los diferentes tipos de rama en un proceso productivo de insecticidas naturales se hizo un estudio dasométrico de 30 individuos, representativos del ámbito de dimensiones que alcanza la especie en Costa Rica, para los cuales todas sus ramas,

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
CATIE 7170, Turrialba, Costa Rica

divididas según su diámetro como finas (diámetro< 1.5 cm), delgadas (1.5-3.0 cm), medianas (3.0-4.5 cm) y gruesas (> 4.5 cm), fueron separadas, pesadas y muestras de las mismas llevadas a un horno con flujo de aire durante 72 h a 50°C para la determinación de peso seco y análisis químico de principios activos (Villalobos 1995).

Mientras para el **xilema** se determinó un 40% de humedad promedio, independientemente del grosor de la rama ($p< 0.05$), la corteza posee entre 64.5% de humedad en las ramas finas y 58.1% en las ramas gruesas. Si a esto se agrega que la proporción de la corteza en el total de biomasa fresca leñosa es de sólo 33.4% para ramas finas, 24.9% en ramas delgadas y 19.9% en ramas medianas y gruesas, el **xilema** es el componente fundamental de la biomasa leñosa seca (Villalobos 1995).

Se evaluaron 15 posibles modelos de regresión para estimar la biomasa en función del $d_{0.1}$ ó $d_{0.3}$ (recomendado por Stewart *et al* 1992) y la altura del arbusto, para ello se empleó el módulo VOLDAS del Palmer's Statistical Package[1] y se usó como criterio el índice de Furnival (1961). Se encontró que cuando se usa el $d_{0.1}$ como diámetro basal el mejor modelo posible debe incluir la medición de la altura, mientras con el uso del $d_{0.3}$ es factible obtener buenas estimaciones sin esa segunda variable (Villalobos 1995).

Los cuasinoides son los principios activos responsables del efecto insecticida de *Q. amara*, la cuasina y la neocuasina son los principales cuasinoides presentes en sus tejidos. El contenido de cuasina y neocuasina resultó mayor en función del grosor de la rama (0.28% en ramas gruesas y 0.14% en ramas finas) y varió entre poblaciones de diferentes áreas climáticas del país, con una tendencia aparente de menores contenidos en las poblaciones que disponen de mayor brillo solar, donde la regeneración, densidad y probablemente crecimiento de la especie son mayores (0.17% en ramas delgadas de Kéköldi, en el bosque húmedo del Atlántico, y 0.09% en La Pacífica, en el bosque seco del Pacífico) (Villalobos 1995).

De lo anterior resulta probable que los cuasinoides se acumulen mayormente en condiciones de crecimiento desfavorables, a lo largo del tiempo, como sustancias de defensa, estrategia común en especies que crecen bajo el dosel del bosque tropical (Bryant *et al* 1983).

Factores que condicionan la distribución natural de *Q. amara*

Para determinar los factores "macro" condicionantes de la distribución de *Q. amara*, a nivel del país de Costa Rica, la información disponible en la literatura y los herbarios fue analizada y las tendencias detectadas se verificaron a través de giras de campo y de la caracterización, por medio de transectos de medición, de ocho poblaciones naturales representativas de la gama de climas presentes en el ámbito de distribución previamente determinado (Villalobos 1995) adicionales a los estudios específicos realizados en la Reserva Indígena de Kéköldi (Ling 1995, Marmillod *et al* 1995).

Los transectos atravesaron cada población en el sentido de una o dos gradientes ambientales de interés, incluyendo parcelas circulares, cuya área (de 10, 50 ó 100 m^2) y distanciamiento (8, 12 ó 25 m) varió en función de la densidad del punto de muestreo para estudiar con mayor detalle el microambiente de los aglomerados. La longitud del transecto fue de al menos 1 km. ó la suficiente para completar una muestra de 300 individuos. En cada parcela se determinó: altitud, pendiente, formación vegetal, topografía, altura del dosel y nivel de iluminación (Clark y Clark 1992), así como diámetro basal ($d_{0.3}$ en cm), altura (h en cm), área basal (G en m^2), densidad (N/100 m^2) y biomasa seca total (kg./100m^2) de *Q. amara* según la estimación obtenida por Villalobos (1995).

Un 44% de las localidades con *Q. amara* documentadas pertenecen a la zona de vida bosque muy húmedo tropical, conforme a la clasificación de Holdridge (1987), el 26% al bosque muy húmedo premontano transición a basal, 11% al bosque húmedo tropical y el resto se distribuye en otras zonas, todas correspondientes a pisos basales o sus transiciones (Villalobos 1995 y 1996).

La ausencia de la especie en el bosque montano y montano bajo, que cubren extensiones importantes del país (Boson 1978), indica que la **altitud**, en esta latitud, muy relacionada con la temperatura, es un primer limitante para la distribución de *Q. amara*, cuya presencia no se ha documentado por encima de 500 msnm en Costa Rica (Villalobos 1995 y 1996).

Una muestra botánica del Missouri Botanical Garden (citada por Brown 1995) descrita como recolectada a más de 600 msnm, en las faldas del Volcán Maderas, costa Pacífica de Nicaragua podría corresponder a condiciones de menor nubosidad o menor competencia interespecífica que las encontradas por la especie en Costa Rica a esa altitud.

Q. amara aparece en casi toda la gama de condiciones de humedad presente en la zona baja de Costa Rica, calificadas según los sistemas de Holdridge (1987) y de Herrera (1985), aunque menos representada en los climas más secos (menos de 1500 mm de precipitación anual). La excepción son las áreas de clima pluvial (con más de 5500 mm de precipitación), lo cual revela limitaciones a la distribución impuestas por el drenaje, la nubosidad u otros factores relacionados (Villalobos 1995).

Las regiones con mayor precipitación media en Costa Rica son el extremo Norte de la costa Atlántica, cerca de Nicaragua, sector particularmente lluvioso, de llanuras inundables y sin una época seca; y el extremo sur de la costa Pacífica, cerca de Panamá. No se ha documentado la presencia de la especie en el Atlántico Norte, pero sí se encuentra en el Pacífico Sur. En esta última zona la precipitación es algo menor, hay una época de disminución de las lluvias y una topografía más accidentada (Villalobos 1995, Barrantes *et al* 1985, Herrera 1985, Instituto Meteorológico 1988, Rojas 1985).

[1] Heather J. Palmer, Tropical Forestry and Computing Ltd., Oxford, Inglaterra.

Por otra parte, el arbusto también se presenta en la vertiente del Pacífico Norte, caracterizada por la época seca más marcada en el país, con un paisaje que combina grandes llanuras de sabana y zonas de cordillera. En esta área los grupos de *Q. amara*, que pueden estar distanciados a muchos kilómetros entre sí, se encuentran exclusivamente en el bosque de galería de algunos ríos y quebradas, aunque con una extensión y densidad superiores a los observados en bosques húmedos, pero no en las áreas de pastizal o bosques secundarios de sabana cercanos a los ríos. (Villalobos 1995, Barrantes *et al.* 1985, Herrera 1985, Instituto Meteorológico 1988, Rojas 1985).

Al moverse de las llanuras del Pacífico Norte hacia el Pacífico Sur, en el sentido de un gradiente de aumento en la precipitación y disminución en el brillo solar medios, la especie se encuentra en agrupaciones cada vez más pequeñas y aisladas entre sí, con aglomerados más comunes en el bosque secundario, compuestos de unos pocos individuos grandes y muchos arbustos pequeños mientras en bosques densos primarios es común encontrar individuos grandes (Villalobos 1995).

En Kéköldi, Atlántico Sur, con precipitaciones intermedias (2500-4000 mm) y bien distribuídas a lo largo del año, la especie está prácticamente ausente en el fondo de los valles y se desarrolla mayormente en las cimas, los sitios localmente mejor drenados (Villalobos 1995, Ling 1995).

Es así como, abajo de los 500 msnm, la **disponibilidad de agua** se revela como el principal determinante de la presencia de la especie, cuyo comportamiento sugiere la necesidad de un nivel mínimo de humedad en el suelo a lo largo del año, por debajo del cual no puede desarrollarse, mientras que en lugares de abundante precipitación requiere de suelos bien drenados. Sin embargo, en estos últimos sitios los suelos drenados suelen coincidir con una mayor disponibilidad de luz, interacción cuyo análisis requiere de estudios específicos adicionales.

Los promedios de brillo solar presentan un comportamiento inverso a los valores medios de precipitación en las zonas estudiadas (Barrantes *et al*, 1985), de donde surge la hipótesis de que una mayor **disponibilidad de luz**, en áreas donde la humedad del suelo no es limitante, pueda promover el crecimiento y la regeneración de *Q. amara* (conforme a los resultados de Brown 1995) y facilitar el desarrollo de sus poblaciones naturales.

Estas observaciones sugieren que el ambiente del bosque de galería, en las áreas más secas de Costa Rica, posee una combinación de condiciones ideal para la regeneración y crecimiento de la especie, sin limitaciones ni excesos constantes de humedad en el suelo y con alta disponibilidad de luz, debida al clima de la zona, lo poco extenso del bosque y su composición florística (Villalobos 1995).

En Kéköldi, sector sur Atlántico, único lugar de esa costa donde crece naturalmente la especie, las prácticas agrícolas indígenas de apertura de claros en el bosque donde se permite la sobrevivencia de *Q. amara*, y su exposición a la luz, parecen haber favorecido la formación de aglomeraciones densas (Ling, 1995), de donde la **intervención del hombre** u otros eventos que permiten exponer individuos adultos a la luz se revela como el tercer factor condicionante de la presencia de *Q. amara*.

La caracterización de poblaciones por medio de transectos permitió verificar las tendencias señaladas, con una mayor densidad y frecuencia de aparición de la especie en las parcelas donde se combinaron condiciones favorables de disponibilidad de agua y luz a lo largo del año.

Q. amara presenta agregación a nivel de sus poblaciones, que dentro de las regiones de bajura de Costa Rica sólo se encuentran en condiciones climáticamente favorables, y dentro de sus poblaciones el análisis de densidades medias a lo largo de cada transecto permitió observar aglomerados en los sitios con condiciones de luz y humedad óptimas a lo largo del año. Es decir que en bosques húmedos los aglomerados se forman en las cimas o laderas, pero no se observó una relación de su presencia con las condiciones de iluminación actual, que pueden ser producto de claros formados por la dinámica del bosque en el corto plazo.

Las parcelas más densas se observaron en áreas de mayor brillo solar, con hasta 14000 ind/ha. En condiciones de mayor precipitación y nubosidad, las densidades máximas estuvieron entre 600 y 700 ind/ha. Aunque una pequeña población, única que pudo encontrarse en el Pacífico Sur en un suelo aluvial de llanura donde resulta excepcional la sobrevivencia de bosquetes, presentó 1800 ind/ha, lo cual indica que la especie puede ser favorecida por condiciones de mayor fertilidad que las de las colinas cuando otros factores no son limitantes (Villalobos 1995).

El nivel de análisis actual no permite afirmar que exista una relación entre condiciones geológicas, edafológicas o de pendiente de las áreas y la presencia de poblaciones de *Q. amara* (Villalobos, 1995), algunas tendencias observadas pueden explicarse por la relación directa o indirecta que puede existir entre las condiciones físicas del terreno y las condiciones de luz y humedad antes discutidas y es muy difícil aislar el análisis del componente suelo y su variación.

Aunque los valores de área basal (G) resultaron mayores en el Pacífico Norte y Central, la magnitud de esa diferencia no corresponde a la de densidad. Los aglomerados de esas zonas los conforman, en general, altas densidades de individuos de dimensiones reducidas, es decir que se trata de rodales relativamente jóvenes.

Los sitios menos disturbados presentan densidades menores pero individuos de mayores dimensiones y edad. Similarmente, en los sectores lluviosos estudiados, hay una tendencia de mayores $d_{0.3}$ medios en las parcelas de sitios topográficamente más bajos y menos expuestos (Ling 1995, Villalobos 1995), probablemente debido a una mayor actividad de regeneración en las áreas más expuestas.

Desarrollo de un plan de manejo para *Quassia amara*

La Reserva Indígena Kéköldi cuenta con una población natural de *Q. amara* distribuida en unas 100 ha. En 1994 una empresa fitofarmacológica local ofreció comprar 500 kg. mensuales de madera del arbusto a esa comunidad, donde se desconocía la posibilidad de cosecha anual sostenible de ese recurso. Se desarrolló entonces un proceso metodológico, resumido a continuación y descrito en detalle por Marmillod *et al.* (1995), tendiente a determinar:

- el tipo de producto que debe ofrecer el silvicultor de *Q. Amara*
- las existencias naturales de ese producto en Kéköldi
- la posibilidad de cosecha sostenible, considerando aspectos biológicos y socioeconómicos
- el sistema silvicultural óptimo con base en la ecología de la especie
- la organización del proceso de aprovechamiento.

Definición del producto

Brown (1995) y Barrantes *et al.* (1994) atribuyen a *Q. amara* una capacidad de rebrote que permite la cosecha periódica de sus ejes, aunque para tal efecto Brown sugiere alturas de poda superiores a los 50 cm sobre el nivel del suelo.

Hasta el momento, la comercialización del arbusto se ha basado en el peso total de las ramas cosechadas, sin considerar su contenido de humedad, diámetro, longitud ni estado sanitario. En un mercado futuro, donde la calidad del producto -determinada por su contenido de cuasinoides- forme parte de los criterios de compra, la producción de ramas gruesas será prioritaria.

Sin embargo, de la biomasa de *Q. amara* de Kéköldi encima de 50 cm de altura, sólo un 50% lo constituyen ramas con diámetro mayor a 5 cm, mientras que un 90% del material lo es de ramas con más de 2,5 cm. Por lo tanto, para las condiciones actuales de mercado se definió como producto de cosecha para Kéköldi *la biomasa leñosa fresca con corteza, cosechada por encima de 50 cm de altura, a partir de ejes con al menos 2,5 cm de diámetro a la altura de corta* (producto simbolizado aquí como $B_{+0.5}$).

Estimación e inventario de las existencias de biomasa

Se desarrolló una función de biomasa para Kéköldi empleando la misma metodología antes descrita para el estudio de biomasa preliminar, empleando para ello 51 individuos representativos del ámbito de dimensiones diamétricas presentes en la población. Se midieron como parámetros observables el $d_{0.3}$ de todos los ejes y la altura total (h) del arbusto.

Para inventarios comerciales, cuando interesa reducir el costo y tiempo de medición, el modelo de mejor ajuste, siguiendo el índice de Furnival, aplicable al conjunto de individuos con diámetro superior a 2 cm, resultó:

$$B+0.5= 0.238107-0.433307*d0.3+0.222039*d0.3^2$$

Donde: d0.3 en cm, h en m y B+0.5 en kg

El inventario se practicó sobre la población de *Q. amara* agrupada en un parche principal, de cuyas densidades y patrones de distribución se contaba con información limitada y ambigua (Barrantes *et al.* 1994, Amarilla y Bedoya 1994). Este parche se delimitó definiendo una poligonal en el campo, con ayuda de los lugareños con conocimiento de la ubicación de la especie.

Posteriormente se trazó una línea base central y líneas perpendiculares de inventario cada 100 m hasta los límites de la poligonal. A lo largo de estas últimas se establecieron puntos de muestreo cada 25 m, mediante un par de parcelas circulares de 100 m^2.

Las 824 parcelas levantadas representan 6,8% del área por manejar. En cada una se midieron todos los individuos con h>0,5 m, se cuantificaron los tallos aprovechables (con 2 cm de diámetro a 1 m de altura) y se tomaron datos de ambiente, altura del dosel y topografía.

Con base en esa información, el parche se dividió en las zonas de manejo: productiva en aprovechamiento (donde se han practicado cosechas de cuasia), productiva aprovechable (con existencias mayores a $B_{+0.5}$= 2,5kg/ 100m^2), productiva no aprovechable y no productiva. Sus características dasométricas aparecen en el cuadro 1.

La zona productiva en aprovechamiento (3% del área de manejo, con cerca de 2000 ind/ha y 1500 kg./ha) concentra el 20% de la $B+0.5$ disponible y está cubierta por áreas deforestadas en proceso de sucesión secundaria avanzada ("tacotales") y huertos, ambientes favorables para el rebrote y crecimiento de la especie.

La zona productiva aprovechable (21% del área de manejo) contiene el 80% remanente de la $B_{+0.5}$ disponible, dos tercios de su superficie poseen bosques poco intervenidos, 25% son tacotales y el resto bosques secundarios. Los individuos son de mayor tamaño pero tienen menos ejes, revelando condiciones menos favorables para el rebrote y crecimiento.

Estas dos primeras zonas, que abarcan 25% del área de manejo, son las únicas cuyas condiciones permiten el aprovechamiento de *Q. amara.*

La zona productiva en aprovechamiento posee regeneración abundante y sana, lo cual favorece la renovación del monte bajo con resalvos. Se ha cosechado ahí el 50% de los individuos con $d_{0.3}$ entre 2 y 5 cm, dejando los de mayor tamaño como semilleros, que actualmente representan 66% de la $B_{+0.5}$ remanente. El promedio de $B_{+0.5}$/ha tiene un error de 41,4%; con 80% de seguridad $B_{+0.5}$ es superior a 890,4 kg./ha. Si, considerando la fuerte regeneración de esta zona, se dejan como semilleros los individuos con $d_{0.3} \geq 6$ cm (57 ind/ha) entonces la $B_{+0.5}$ restante es mayor a 621,3 kg./ha.

Cuadro 1: Características dasométricas en las zonas de manejo definidas para el parche de *Quassia amara* de Kéköldi.

Clase de manejo	Área ha	Individuos con h>50cmN/ha	Área basal $G_{0.3}$m²/ha	Diámetro medio $d_{0.3}$cm	Número medio de tallos/ind a 30 cm	Ejes aprovechables	Biomasa aprovechable $B_{+0.5}$kg./ha
Productiva en aprovechamiento	3.5	1896.4	1.333	2.99	1.30	514.3	1520.0
Productiva aprovechable	25.4	830.0	0.625	3.10	1.21	356.2	829.3
Productiva no aprovechable	43.9	263.2	0.105	2.26	1.14	43.6	76.7
No productiva	46.1	7.9	0.010	3.97	1.42	5.8	16.3
Media	118.8	333.4	0.214	2.86	1.21	109.5	256.5

La zona productiva aprovechable posee 18 ind/ha con $d_{0.3} \geq 6$ cm, pero cuenta con muy pocas plantas pequeñas ($d_{0.3} < 1$cm), 20% de las cuales presentan diversos daños. Las condiciones de bosque poco intervenido no favorecen un mayor establecimiento y crecimiento de la regeneración, por lo que la apertura del dosel en torno a los adultos de mayor tamaño podría permitir la formación de parches de regeneración. En esta zona el error de estimación fue de 15%, de donde $B_{+0.5} > 703,7$ kg./ha con 80 % de seguridad. Dejando como semilleros los individuos con $d_{0.3} \geq 6$ cm (44 ind/ha) se cuenta con una $B_{+0.5} > 386,1$ kg./ha.

Posibilidad de cosecha y propuesta de manejo

Con base en una sola medición en ocho plantaciones de *Q. amara* de edad conocida, establecidas en diversas condiciones de Talamanca, se estimó un incremento medio en $B_{+0.5}$ de 80 g/tallo/año.

Los 23590 tallos cosechables de las dos zonas aprovechables, excluyendo aquellos de reserva ($d_{0.3} \geq 6$ cm) producen una biomasa útil de 1887 kg./año. Dado que la existencia total de $B_{+0.5}$ es de 12 toneladas, el período de rotación sostenible resulta en 6,4 años. Para efectos prácticos, se fijó la primera rotación en 6 años con una posibilidad de corta anual de 1800 kg. Como el 84% de las zonas productivas aprovechables presentan condiciones de bosque intervenido o de tacotal se enfatiza el manejo en estos ambientes.

En el bosque intervenido se deben identificar unos 60 semilleros/ha uniformemente distribuidos e iluminados. Al menos durante los primeros 5 años es necesario fomentar la creación de nuevos parches de regeneración, enriqueciendo los claros naturales formados en el bosque por medio de la dispersión de semillas durante la época de fructificación, y fomentar -abriendo el dosel- el crecimiento de los individuos en los parches existentes.

En el cuartel de corta se debe extraer toda la biomasa aprovechable, respetando los semilleros, y eliminarse la competencia directa con machete o eliminando árboles sin valor sobre los parches de *Q. amara*. El segundo año se ralean los rebrotes dejando sólo el más vigoroso.

En el tacotal, donde la disponibilidad de luz y las densidades de cuasia son mayores, deben practicarse tratamientos de monte bajo, extrayendo toda la biomasa aprovechable excepto unos 60 resalvos/ha y controlarse la competencia directa de especies secundarias salvo de las maderables comerciales y otras especies útiles. El objetivo es crear un bosque con un estrato superior, poco denso, compuesto por maderas valiosas y un estrato arbustivo con parches densos de *Q. amara*. Después de un año se ralean los rebrotes.

El aprovechamiento anual puede distribuirse en un máximo de tres extracciones de 600 kg. para minimizar los costos de transporte hasta el comprador. Es recomendable la práctica en los meses más secos del año para evitar el deterioro de los senderos. El nivel de extracción propuesto se ajusta al interés de los indígenas dueños del parche, quienes no desean que la actividad demande más de tres días.

Conclusiones

La experiencia del CATIE en torno a *Quassia amara* como alternativa productiva demuestra que, siguiendo un proceso lógico y sistemático donde los requisitos ecológicos de la especie son estudiados en función del producto óptimo que esperamos obtener, es factible desarrollar criterios silviculturales para el manejo de especies cuyos productos finales son diferentes a la madera.

El trabajo realizado con esta especie revela la posibilidad de complementar los conocimientos ecológicos generados con diversas escalas de estudio (nacional y local en este caso) y el riesgo de generalizar los patrones ecológicos y de crecimiento determinados en una sola localidad para una especie tropical.

Las características determinadas para *Q. amara* le revelan como un recurso que podría ser aprovechado en sistemas de manejo diversificado del bosque, donde la

cosecha de recursos como la madera y otras prácticas silviculturales, como la eliminación de especies sin valor comercial, serían de beneficio compartido para la obtención de más de un producto.

Los resultados de este proceso demuestran cómo la interpretación adecuada de la ecología de la especie genera los criterios silviculturales para su manejo, independientemente de su producto y hábito de crecimiento, constituyéndose tal estudio en la base indispensable de cualquier plan de manejo y no una mera investigación con fines académicos.

El manejo de *Q. amara*, que podría servir de modelo para otras especies cuyo producto final es diferente a la madera, se plantea aquí como un proceso gradual deductivo, donde una primera propuesta de manejo es, a la vez, la base de la implementación de prácticas silviculturales y de investigación, para el perfeccionamiento de los criterios de manejo.

La generación de funciones de crecimiento, a partir del seguimiento de los individuos establecidos en parcelas permanentes de control, y el estudio de la magnitud del rebrote de los individuos cosechados debe servir para la revisión anual de las estimaciones de productividad de *Q. amara* en Kéköldi.

La propuesta de manejo actual está sustentada en hipótesis sobre la biología reproductiva de la especie que deben ser verificadas por medio de estudios fenológicos prácticos, cuya validez será ampliada en función de su continuidad.

El seguimiento que garantice la sostenibilidad de este proceso de manejo debe ser técnico y científico, generándose a partir de cada práctica silvicultural nuevos conocimientos para el perfeccionamiento del manejo, tanto en el campo biológico como en el de los aspectos de mercadeo y administración

Bibliografía

Amarilla, L.; Bedoya, R. 1994. Evaluación de un aprovechamiento de *Quassia amara* en la Reserva Indígena de Cocles (Kéköldi). Turrialba, Costa Rica, CATIE/Olafo. Documento interno. 20 p. + mapas.

Barrantes, J.C.; Carmona, M.; Díaz, M.; Duro, J.M.; Ling, F.; Ocampo, R.; Villalobos, R. 1994. Diagnóstico y resultados de investigación de la región de Baja Talamanca, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE/Olafo. Documento de trabajo No. 5 32 p. + mapas.

Barrantes, J.A.; Liao, A.; Rosales, A. 1985. Atlas climatológico de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Instituto Meteorológico Nacional, San José. 29 p.

Boson, R. 1978. Desarrollo integral de los recursos forestales. Costa Rica. Los Bosques del país y su distribución por provincias. Dirección General Forestal-FAO, San José. 63 p.

Bryant, J.P.; Chapin, F.S.; Klein, D.R. 1983. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. Oikos 40:357-368.

Brown, N.R. 1995. The autoecology and agroforestry potential of the biterwood tree Quassia amara L. ex Blom (Simaroubaceae). Thesis Ph.D., Cornell University. 250 p.

Busbey, R.L. 1939. A bibliography of quassia. United States Department of Agriculture, Bureau of Entomology and Plant Quarantine. 56 p.

Carson, J. 1848. On *Quassia amara*, Linnaeus. American Journal of Pharmacology 20:257-260.

Clark, D.; Clark, D. 1992. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. Ecological Monographs 62(3):315-344.

Furnival, G. 1961. An index for comparing equations used in constructing volume tables. Forest Science 7(4):337-341.

Gentry, A.H. 1993. A Field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú). Conservation International, Washington. p. 783-786.

Herrera, W. 1985. Clima de Costa Rica. In L.D. Gómez. Vegetación y clima de Costa Rica. Vol. 2. Universidad Estatal a Distancia, San José. 118 p.

Holdridge, L.R.; Poveda, L.J. 1975. Arboles de Costa Rica. I. Palmas, otras monocotiledóneas arbóreas y árboles con hojas compuestas o lobuladas. Centro Científico Tropical, San José. p. 432-439.

Holdridge, L.R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. 3a. Reimpresión. IICA, San José, C.R. 216 p.

Holman, H.J. 1940. A survey of insecticide materials of vetable origin. Imperial Institute, London. p. 133-153..

Instituto Meteorológico Nacional. 1988. Catastro de las series de precipitaciones medidas en Costa Rica. San José, Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. 362 p.

Ling, F. 1991. Datos biológicos de las especies vegetales que se investigan en Talamanca, Costa Rica. Informe Interno, Proyecto Conservación para el Desarrollo Sostenible en America Central. CATIE, Turrialba. 17 p.

_____. 1995. Estudio ecológico de Quassia samara en la reserva indigent de Keköldi, Costa Rica. In Ocampo,. Ed. 1995. Potential de Quassia amara comma insecticide natural. Acts de la reunión técnica centroamericana, 7-10 Nov. 1994, Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica, Informe técnico 267. 186 p.

_____;Villalobos, R.; Marmillod, D.; Robles, G. 1996. Aprovechamiento de productos no maderables del bosque; Area Demostrativa de Talamanca. In: RENARM-CATIE. Silvicultura y manejo de bosques naturales tropicales. Curso Intensivo Internacional. Vol. 2. P. 49-73.

Marmillod, D.; Chang, Y.; Bedoya, R. 1995. Plan de aprovechamiento sostenible de Quassia amara en la Reserva Indigent de Kéköldi. In: Ocampo R., ed., Potencial de Quassia amara como insecticida natural.

Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie técnica, informe técnico 267. p. 68-90.

Ocampo, R. Ed. 1995. Potential de Quassia amara como insecticida natural. Acts de la reunion técnica centroamericana, 7-10 Nov. 1994, Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica, Informe técnico 267. 186 p.

Perez, E. 1990. Plantas útiles de Colombia. 14 ed. Victor Hugo, Medellín. p. 695-697.

Rojas, O.E. 1985. Estudio Agroclimático de Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la agriculturaa. Proyecto de Agroclimatología, San José. 178 p.

Sanchez, P.A. 1981. Suelos del trópico. Características y manejo. Trad. E. Camacho. IICA, San José. 634 p.

Stewart, J.L.; Dunson, A.J.; Hellin; J.J.; Hughes, C.E. 1992. Wood biomass estimation of Central American dry zone species. Oxford Forestry Institute, Tropical Forestry Papers 26. 83 p.

Thomas, W.W. 1990. The American genera of Simaroubaceae and their distribution. Acta Botânica Brasilica 4(1):11-18.

Villalobos, R. 1995. Distribución de Quassia samara L. ex Blom en Costa Rica y su relación con los contenidos de cuasina y neocuasina (insecticidas naturales) en sus tejidos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 163 p.+ anexos.

Efecto del Aprovechamiento Maderero sobre la Población de Bayal, una Especie No Maderable del Bosque Petenero

Implicaciones para una Silvicultura con Fines de Producción Diversificada de este Bosque

Daniel Marmillod[1]
Juventino Gálvez[2]

Resumen

El departamento de Petén en Guatemala sustenta uno de los complejos forestales más extensos de Centro América (20,000 km² en la Reserva de la Biosfera Maya). Desde décadas, se extraen de estos bosques productos maderables y no maderables con fines de mercadeo: madera, principalmente de caoba (Swietenia macrophylla) *y cedro* (Cedrela odorata)*; chicle, látex cocinado de chicozapote y materia prima para la goma de mascar* (Manilkara zapota)*; "allspice" o Jamaica, especia producto de la fruta de la pimienta gorda* (Pimenta dioica)*; follaje de xate* (Chamaedorea elegans) *y jade* (Ch. oblongata)*, y con tendencias crecientes, fibra de tallos de bayal (Desmoncus spp.). Para usos locales, es común además la cosecha de hojas de guano* (Sabal sp.)*, escobo* (Cryosophylla argentea) *y otras especies de usos medicinal, alimenticio, en curtiembre, etc.*

A pesar de esta tradición de uso diversificado del bosque, las prácticas de aprovechamiento son hoy todavía eminentemente extractivas, sin consideración efectiva por la sostenibilidad de la cosecha. A manera de ejemplo, Barrera (1994) opina que las cuotas de extracción del chicle -un recurso exportado desde más de cien años- han sido determinadas exclusivamente por la demanda del mercado, sin tomar en cuenta condición ni abundancia del recurso. Para decidir "sangrar" un individuo de chicozapote, el único criterio realmente aplicado por el cosechador sería la capacidad del árbol por producir algo de látex (Barrera 1994), aún si los "chicleros" han desarrollado conocimientos empíricos para no matar los árboles que cosechan (Balam y García 1997).

Esta problemática se torna más difícil de encarar en la medida que cada producto es aprovechado por un grupo humano distinto, que no muestra en su labor extractiva particular sensibilidad ecológica ni respeto para los demás productos del bosque de interés comercial. Así, los xateros, recolectores de hojas de xate, tienen pésima opinión del impacto de la extracción maderera sobre las poblaciones de Chamaedorea spp. *y afirman comúnmente: "Los madereros matan al bosque". Por su lado, los chicleros, unidos en un sindicato desde 1949, impulsan un proyecto de ley para, entre otros, impedir la tala del chicozapote con fines madereros (Reining y Heinzman 1992). Además de las razones de índole biológica, la situación conflictiva entre recolectores de productos no maderables y extractores de madera tiene profundas raíces sociales. Mientras la venta de hojas de xate constituyó y sigue siendo la alcancía tradicional de la gran mayoría de los campesinos residentes del norte de Petén (Reyes 1995), y la producción de bloques de chicle generó toda una cultura del bosque en este departamento y más ingresos que cualquier otra actividad hasta 1970[1] (Reining y Heinzman 1992), la explotación maderera ha sido el dominio reservado de la clase pudiente guatemalteca, sin impactos tangibles sobre la economía rural local.*

La posibilidad de acceso legal a los recursos naturales del norte de Petén cambió con el establecimiento de la Reserva de la

[1]Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Unidad de Manejo de Bosques Naturales
[2]Plan de Acción Forestal para Guatemala

1 De acuerdo con datos de Cuarentena Vegetal del Ministerio de Agricultura de Guatemala, para 1991 y 1992, el xate produjo anualmente alrededor de US$ 400 000 en divisas (SEGEPLAN 1992). Para 1994, la exportación de chicle significó un poco más de US$ 1 700 000 (Sandoval 1997).

Biosfera Maya. En su ley de creación (1990), el Estado guatemalteco introdujo, entre otras alternativas de uso de la tierra, el otorgar concesiones comunitarias, como herramienta para autorizar a las comunidades a manejar los recursos agrícola, ganadero y forestal dentro de la zona de uso múltiple de la Reserva. Esta circunstancia motivó el inicio de una colaboración para la consolidación de la Reserva entre el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) de Guatemala y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), a través de sus proyectos Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central -más conocido como Olafo y Producción en Bosques Naturales (PBN). Las acciones se orientaron en particular a demostrar que para conservar los recursos naturales de la Reserva, es esencial involucrar a las poblaciones allí asentadas; hipótesis simplificada de trabajo: mediante modificaciones a su sistema de producción, que incluyen mejoras a las técnicas productivas tradicionales y la adopción de nuevas prácticas de manejo del bosque, los agricultores generan mayores ingresos familiares y su interés para conservar el bosque aumenta (Detlefsen y Carrera 1997).

Para fines experimental y demostrativo, las dos instituciones decidieron en un inicio dar apoyo a la comunidad de San Miguel La Palotada, una pequeña aldea de 35 familias ubicada unos 35 km al norte de la ciudad de Flores, cuyos miembros estaban anuentes en su gran mayoría a manejar los recursos del bosque en forma comunal (unas 5500 ha) y los agrícolas a nivel familiar (unas 1500 ha).

La comunidad contaba con chicleros, xateros, pimenteros y artesanos de bayal, quiénes tradicionalmente habían cosechado su producto en el bosque. La posibilidad de cosechar además madera de estas selvas constituía sin duda una esperanza económica para las familias de la aldea, pero planteaba el problema de la viabilidad de un uso diversificado del ecosistema duradero en el tiempo. Dado los antagonismos seculares y recriminaciones mutuas entre grupos de cosechadores, ¿cómo planificar correctamente la utilización del bosque? ¿Diferenciar en el espacio rodales para la producción maderera de aquellos destinados a la producción de algún o algunos recursos vegetales no maderables, o más bien, fomentar la producción conjunta en el tiempo y en el espacio de los recursos vegetales maderables y no maderables?

Responder a esta pregunta en su dimensión biológica exige conocer la compatibilidad de temperamento de las especies de interés, y el impacto del aprovechamiento -que constituye la intervención más severa en el campo de cada una sobre la población de las demás. El presente estudio trata de manera preliminar la posibilidad del manejo conjunto "especies madereras y bayal".

Antecedentes forestales

El bayal

Bayal es el nombre dado desde el sur de México hasta Honduras a varias especies de *Desmoncus*, un género taxonómicamente aún confuso de Arecaceae; 61 especies han sido descritas, pero probablemente se reducen a sólo siete (Henderson, citado por Listabarth 1994). Es el único género de palmas en América tropical que se caracteriza por ser trepador y su fibra se utiliza en artesanía. En el área de San Miguel La Palotada, la poca floración y la gran variabilidad morfológica observada dentro y entre individuos han impedido hasta la fecha diferenciar con seguridad varias especies, si es que las hay. En la región, Lundell (1937) mencionaba la presencia de tres.

El bayal pertenece a la flora nativa de los bosques peteneros. La planta conforma una macolla[2] no muy densa, cuyos tallos flexibles alcanzan las copas del estrato medio del bosque, apoyándose para ello en los árboles. Para agarrarse de los individuos sostenes, el bayal utiliza sus hojas, cuyo raquis termina en un apéndice que recuerda al arpón: un largo látigo armado de cachos revertidos (garfios).

En el bosque, la base de las macollas no es muy grande, y su diámetro es por lo general inferior a 40 cm, pudiendo alcanzar excepcionalmente cerca de 1 m. El número de tallos por macolla raramente sobrepasa 8 (máximo 17). Los tallos, con un diámetro medio de 16 mm (rango 8-40 mm), presentan mayormente largos inferiores a 25 m, aunque se encontró uno que medía más de 45 m. Las dimensiones dadas muestran la variabilidad del bayal en los bosques de la zona de estudio; observaciones de campo indican de forma preliminar que los rangos suelen ser más estrechos según los tipos de bosque (Marmillod *et al.* 1995).

El tallo provee la materia prima utilizada por los artesanos. Ellos mismos van a los lugares de mayor abundancia del recurso para extraer los tallos que consideran utilizables, los cuales cortan y bajan de los árboles en un proceso repetitivo de pelar (para eliminar las espinas) y jalar hasta que caigan al suelo. Eliminan luego la parte apical y juntan las varas cosechadas en pares de manojos, que ellos mismos cargan o arrastran hasta su taller. En este lugar, los artesanos preparan la fibra propiamente dicha, rajando las varas y removiendo la parte carnosa interior. La intensidad del rajado depende del artículo que será producido: para tejer un sillón, la vara se raja en cuatro partes (fibra gruesa), mientras que para producir una canasta, la vara será dividida de manera más fina (fibra delgada). Cualquier sea el producto final, los artesanos no aprovechan tallos menores de 5 m de largo, que consideran inmaduros.

Para concebir el aprovechamiento sostenible del recurso, es necesario tomar en cuenta básicamente las existencias cosechables y el crecimiento del producto. Mientras que para las madereras son bien conocidos los métodos y variables a medir para generar la información requerida, las especies no maderables están lejos de ser convenientemente estudiadas y constituyen dasométricamente una variedad

2 Putz (1983) ha mostrado que *Desmoncus isthmius* es una palma con hábito de crecimiento clonal, mediante un sistema rizomático que se extiende sin límites. Por lo tanto, un conjunto de tallos de bayal que parecen pertenecer a una sola planta es botánicamente hablando un clon compuesto de varios individuos, aún si ellos estuviesen unidos por conexiones persistentes y funcionales. Para facilitar la comunicación, se usa indistintamente en el presente estudio los términos planta o macolla (formalmente: conjunto de vástagos nacidos de la base de un mismo pie -Font Quer 1985) para designar a un clon, cualquiera sea su estado de desarrollo morfológico (único individuo, clon en un estado precoz, clon en un estado tardío) en apego al significado popular, más no a las definiciones botánicas.

de casos particulares. Dado el marco de un manejo a largo plazo de las especies -y quien dice manejo dice viabilidad financiera de la operación-, la identificación de herramientas prácticas, rápidas en el proceso de medir/estimar, constituye un paso previo esencial a cualquier diagnóstico o evaluación técnica productiva.

Para auscultar con fines productivos la estructura de la población silvestre de bayal -diferenciando por lo menos las subpoblaciones juvenil y productiva-, Gálvez (1996), adaptando una recomendación original de Chinchilla (1994), propone una clasificación de los estados de desarrollo productivo de las especies peteneras basada en el tamaño del tallo mayor de cada macolla:

- *Regeneración*: planta cuyo tallo más largo es inferior a 1 m (diferenciar entre regeneración *de semilla y de rizoma*).
- *Juvenil*: planta cuyo tallo más largo es mayor a 1 m e inferior a 5 m.
- *Adulto en crecimiento*: planta cuyo tallo más largo es mayor o igual a 5 m y que cuenta al menos un tallo de dimensiones inferiores.
- *Adulto en reposo*: planta compuesta solamente por tallos mayores o iguales a 5 m.

La diferenciación y denominación de los estados *adultos en crecimiento y en reposo* es aún tentativa, ya que ensayos de campo muestran que más del 50% de las plantas en reposo producen tallos retoños en un lapso de hasta 7 meses después de la observación. El interés productivo de la diferenciación se sustenta en diferencias de dinámica de las plantas en respuesta a la cosecha: tentativamente, el crecimiento de las adultas en reposo "explosionaría" después del aprovechamiento de parte de sus tallos, produciéndose retoños que crecen más de 5 m en cuatro meses -aún si todos los tallos utilizables habían sido cosechados-, mientras que las adultas en crecimiento serían afectadas por la cosecha.

Para estimar las existencias de producto cosechable en la población, Marmillod *et al.* (1995) observan que el diámetro del tallo no es factor que considere el artesano para preparar la fibra y que, por otro lado, no es posible estimar objetivamente el largo de un tallo de bayal en el bosque; por lo tanto, proponen calcular el largo utilizable de caña de bayal por unidad de superficie, con base en un conteo del número de tallos aprovechables de cada individuo de la muestra. Para tal fin, determinaron que el largo promedio útil del tallo maduro aprovechable es de 9,77 m.

Los bosques de la comunidad de San Miguel La Palotada

Según el sistema de Holdridge, el área de San Miguel pertenece a la zona de vida "Bosque húmedo subtropical cálido", con temperatura media anual de 23 °C, precipitación media anual de 1,530 mm y una época seca con lluvias esporádicas de febrero a mayo (precipitaciones mensuales < 45 mm).

La región se ubica en la amplia "Plataforma sedimentaria terciaria de Yucatán", desarrollada sobre formaciones calcáreas de origen marino. La concesión de San Miguel se encuentra casi exclusivamente en el paisaje fisiográfico de colinas bajas, en donde alternan mesetas onduladas de predregosidad mediana con zonas colinares de fuertes pendientes y más piedras. Los suelos, con pH entre 8.0 y 8.4, son bien drenados en las cimas y vertientes de las colinas (Rendzinas), pero con drenaje deficiente en los bajos de los valles (Pellic Vertisols) (Collinet 1997).

Los bosques de la comunidad son siempre verdes -una minoría de las especies pierde la totalidad de sus hojas durante la estación seca- y todos han sido aprovechados más de una vez en el pasado. El dosel superior cierra entre 15-25 m, aunque árboles emergentes superaran esta altura. El conjunto de árboles con dap ≥ 10 cm muestra en promedio una abundancia de 527 individuos por ha y una dominancia de 24.8 m^2/ha (Pineda 1966). El número de especies del este conjunto es mayor a 120 y por lo menos unas 35 familias botánicas son representadas.

La distribución del número de individuos por clase diamétrica muestra la típica forma en "J" invertida de los bosques tropicales, pero con un marcadamente pequeño número de árboles gruesos -únicamente 6 individuos por ha alcanzan 60 cm dap y más-. Esta condición y la baja altura de la vegetación explican que el volumen maderero de los individuos con dap ≥ 25 cm sea de sólo 39.1 m^3/ha.

A pesar que más de cien especies arbóreas están presentes, los bosques son dominados por unas diez, que conforman el 50% de la masa forestal (*Pouteria durlandii, Brosimum costaricanum, Dendropanax arboreus, Pseudolmedia spuria, Sebastiana longicuspis, Spondias mombin, Manilkara zapota, Pouteria campechiana, Vitex gaumeri* y *Pouteria amygdalina* representan 48% de la abundancia y 55% de la dominancia). Esta situación de homogeneidad pudiera parecer sumamente favorable en términos silviculturales, si todas estas especies tuvieran un valor comercial, lo que no es el caso para ninguna, excepto el chicozapote, y todavía gracias a su látex.

En un país como Guatemala donde abundaron y aún abundan caoba y cedro, la demanda para otras especies sigue siendo muy baja. Tomando en cuenta las condiciones actuales de mercado, las especies arbóreas de San Miguel que pueden considerarse para una producción maderera son las siguientes:

- *Primarias maderables protegidas (PMP)* de uso en artesanía fina, extremadamente valiosas y demandadas, por lo que son protegidas por ley (*Dalbergia tucurensis, Platymiscium dimorphandrum*);

- *Primarias maderables (PM)* de uso en ebanistería, muy valiosas y cotizadas en el mercado nacional e internacional (*Swietenia macrophylla, Cedrela odorata*);

- *Secundarias maderables (SM)* actualmente comerciales, pero con poca demanda y precios muy inferiores a las anteriores (*Pseudobombax ellipticum, Calophyllum brasiliense, Astronium graveolens, Aspidosperma stegomeres, Aspidosperma megalocarpon, Terminalia amazonia, Pithecellobium arboreum, Vatairea lundellii, Lonchocarpus castilloi*).

Entre las demás especies arbóreas se diferencian a su vez dos grupos:

- Primarias no maderables protegidas (*PnoM*) (*Manilkara zapote, Pimenta dioica*);

- Terciarias (Ter), que comprenden todas las especies que hoy en día no tienen valor comercial alguno.

La subpoblación de las especies comerciales por su madera (grupos 1, 2 y 3 anteriores) no es muy importante: 27.3 individuos por ha, apenas un 5% del número total de árboles con dap ≥ 10 cm, con un área basal de 2.3 m^2/ha. Su volumen (6.4 m^3/ha para el conjunto de individuos con dap ≥ 25 cm) es más significativo en comparación con el volumen total, pero no son más que 3.3 árboles aquellos individuos aprovechables por ha -con un volumen de 3.4 m^3/ha- (Pineda 1966).

Silviculturalmente, este cuadro indica una escasez de individuos de futura cosecha, aguda en el caso de la mayoría de las especies; esta situación exigirá necesariamente la ejecución de intervenciones silviculturales.

En estos bosques, el bayal está presente por todos lados -aunque con diferencias relacionadas con la profundidad y el drenaje del suelo-, con un número promedio de 214 plantas por ha. 68% de ellas son plantas de regeneración, 16% juveniles y solamente 15% adultas (en crecimiento y en reposo juntas). El largo promedio de tallos aprovechables es de 890 m/ha (Pineda 1996).

El aprovechamiento maderero experimental

En 1994, con la obtención de la concesión comunitaria (7 060 ha), miembros de la aldea e investigadores de Olafo-PBN seleccionaron dentro de la unidad de manejo forestal un cuartel piloto de 42.5 ha, rico todavía en caoba, para dar inicio a un intenso proceso de capacitación dirigido a los campesinos y técnicos, sobre aprovechamiento mejorado del bosque y comercialización de sus productos. El plan de manejo de la unidad (CATIE 1994) establecía además que esta zona se convertiría en un área experimental de evaluación permanente que permitiera fortalecer y/o reorientar las decisiones que se van tomando conforme se intervienen estos bosques. Es en este contexto que previo al aprovechamiento maderero se instalaron dentro del cuartel 21 parcelas permanentes de control de crecimiento e impactos silviculturales (PPC) de 0.25 ha cada una, elegidas de manera casual dentro de estratos espaciales y de intensidad planeada de la cosecha.

El aprovechamiento ejecutado en este primer cuartel, denominado Yarché-1, se planificó con la finalidad de causar el mínimo impacto al ecosistema.

Las labores realizadas previamente al aprovechamiento fueron: censo comercial en el que se consideraron diámetros mínimos de corta de 60 cm para el grupo de especies primarias maderables y 40 cm para el grupo secundarias maderables; identificación y marcación de árbo les semilleros; levantamiento topográfico para facilitar la construcción de las redes de caminos, eliminación de lianas en los individuos a tumbar y ubicación, medición y marcación de árboles de futura cosecha con el fin de reducir riesgos de daños al momento de la tala.

Los aspectos más relevantes durante la ejecución misma del aprovechamiento fueron: caída dirigida hacia posiciones adecuadas en relación a un camino o pista de arrastre, habilitación y apertura de caminos y pistas de arrastre considerando facilidades topográficas y la ubicación de los individuos a cosechar. La red de caminos fue habilitada y construida con motosierra al igual que los patios de acopio; la corta, el desrame y el troceo fueron realizados también con motosierra. El arrastre de la madera se hizo con bueyes, excepto cuando la troza superaba los 50 cm de diámetro, donde se utilizó tractor agrícola.

El plan operacional establecía dejar en pie como semilleros 1 de cada 5 árboles de caoba y cedro y 3 de cada 10 árboles de las especies secundarias, cifras que resultaron levemente modificadas por razones ligadas al estado de sanidad de los individuos marcados para cosechar.

Finalmente se tumbaron 62 árboles, 26 PM (149 m^3) y 36 SM (87.5 m^3), lo cual equivale a 1.45 árboles/ha, 5.56 m^3/ha y 0.43 m^2/ha (1.6% del área basal inicial total y 12% del área basal de las especies comerciales con dap ≥ 10 cm).

Cuadro 1: Existencias (abundancia y dominancia) pre aprovechamiento, eliminadas y postaprovechamiento del conjunto de individuos con dap ≥ 10 cm en el cuartel experimental de Yarché-1, con base en la información de las 21 PPC.

Grupo de Manejo	Existencias Preaprovechamiento noviembre 1993	Eliminados					Reclutados	Existencias Postaprovechamiento julio 1995 (incluye incremento en área basal)
		muerto natural	matado por tala	Cose-chado	envenenado	*total*		
ABUNDANCIA								
	(N/ha) *(%)*		(N/ha)			*(% de PRE)*	(N/ha)	(N/ha) *(%)*
PM	4.1 *(0.7)*		0.2	1.3		*(-37)*		2.6 *(0.5)*
SM	60.4 (10.7)	2.0	1.6	1.2	0.4	*(-9)*	1.1	56.3 *(11.0)*
PnoM	55.9 (9.9)	1.2	1.6		0.2	*(-5)*	0.5	53.4 *(10.4)*
Ter	444.8 (78.7)	17.1	10.9		22.5	*(-11)*	6.9	401.2 *(78.1)*
Total	565.2 (100.0)	20.3	14.3	2.5	23.1		8.5	513.5 *(100.0)*
(% de PRE)	(100.0)	*(-3.6)*	*(-2.5)*	*(-0.4)*	*(-4.1)*	*(-10.7)*	*(+1.5)*	*(90.9)*
DOMINANCIA								
	(m2/ha) *(%)*		(m2/ha)			*(% de PRE)*	(m2/ha)	(m2/ha) *(%)*
PM	1.170 *(4.4)*		0.003	0.835		*(-72)*		0.340 *(1.5)*
SM	2.455 *(9.3)*	0.081	0.106	0.362	0.010	*(-23)*	0.008	1.997 *(8.6)*
PnoM	2.317 *(8.7)*	0.037	0.050		0.002	*(-4)*	0.003	2.293 *(9.8)*
Ter	20.600 *(77.6)*	0.793	0.350		1.620	*(-13)*	0.057	18.652 *(80.1)*
Total	26.542 *(100.0)*	0.911	0.509	1.197	1.632		0.068	23.282 *(100.0)*
(% de PRE)	*(100.0)*	*(-3.4)*	*(-1.9)*	*(-4.5)*	*(-6.1)*	*(-16.0)*	*(+0.0)*	*(87.7)*

Cuadro 2. Superficie afectada por las distintas actividades del aprovechamiento maderero (cosecha de 5.6 m^3/ha en un cuartel de 42.5 ha)

Ambientes	(N)	área (m^2)	% del área del cuartel	% del área afectada
Claros de tumba	62	21,325.5	5.02	61.5
Pistas de arrastre	27	9,181.7	2.16	26.4
Caminos principales	2	2,895.6	0.68	8.3
Patios de acopio	4	1,336.5	0.31	3.8
Total		34,739.3	8.17	100.0

Elementos técnicos más detallados sobre la evolución del rodal desde finales de 1993 hasta mediado de 1995, período que incluye la cosecha de madera realizada durante los primeros meses de 1994, se presentan en el cuadro 1, basado exclusivamente en la información de las 21 PPC. Los individuos "envenenados" son árboles en proceso de eliminación, en el marco de un tratamiento de liberación mediante aplicación de arboricidas, realizado en la mitad del cuartel 6 meses después del aprovechamiento. Sin embargo, ya que al momento de la evaluación post-aprovechamiento, estos árboles apenas mostraban efectos muy leves como marchitamiento del follaje y su muerte "anunciada" aún no afectaba las condiciones ambientales del rodal -en particular la población de bayal-, no son tomados en consideración en el siguiente análisis de la posibilidad de manejo conjunto "especies madereras y bayal".

La superficie afectada por las distintas actividades ligadas al aprovechamiento maderero fue de 3.5 ha, equivalentes a un 8.2% del área del cuartel. El mayor efecto fue provocado por los claros de tumba, los cuales representan el 61.5% del área afectada; los 2874 m de pistas de arrastre y los 827 m de caminos principales constituyen juntos el 35% de esta misma área (Cuadro 2)

Impacto del aprovechamiento sobre el bayal

Dispositivo experimental

A pesar de la poca magnitud de la extracción maderera, su ejecución creó suficientes micrositios de perturbación para establecer un experimento orientado a responder a las siguientes preguntas:

¿Cuál es el impacto del aprovechamiento maderero sobre la abundancia y estructura de la población de bayal?

¿Cómo reacciona el bayal en las nuevas condiciones microambientales creadas por el aprovechamiento maderero?

Para tal propósito, se instalaron dos dispositivos experimentales. El primero, para caracterizar la evolución de la población del bayal en el tiempo, coincide con las 21 PPC, subdivididas en 25 cuadrados de 100 m^2 cada uno. En cada cuadrado se diagnosticó el efecto de las labores de extracción maderera y se contó las plantas de bayal por

estado de desarrollo productivo y el número de tallos aprovechables por macolla, en dos momentos de tiempo [(preaprovechamiento (noviembre 1993), postaprovechamiento (abril 1995)]. El segundo, para estudiar el crecimiento de bayal en sitios de perturbación provocados por el aprovechamiento, cuenta con 97 plantas ubicadas en diferentes condiciones relativas de iluminación[3]. Desde marzo hasta diciembre 1995 se hicieron observaciones mensuales de cada planta, para determinar el crecimiento de los tallos[4] y la dinámica de desarrollo de las plantas.

Impacto del aprovechamiento maderero sobre la abundancia y estructura de la población de bayal

Para controlar el efecto del aprovechamiento maderero, se hizo un análisis comparativo entre las poblaciones de dos conjuntos de cuadrículas de 100 m², diferenciados por la presencia de perturbación directa después del aprovechamiento: el primer grupo de 411 (4.11 ha) sin perturbación alguna y el segundo de 114 (1.14 ha) con perturbación directa provocada por la tala o construcción de pistas y patios de acopio.

En condiciones no influenciadas por los madereros y durante nuestro período de observación, la población de bayal tendió a disminuir naturalmente (Cuadro 3). El corto tiempo entre las evaluaciones (menos de 2 años) no permite saber si la merma es temporal y asociada a contingencias climáticas -durante los últimos meses de 1994 y primeros de 1995 se registró un período especialmente seco durante el cual fue observado un decaimiento general y pérdida de vitalidad de los individuos del sotobosque-, pero es evidente una disminución significativa de plantas de regeneración y adultas.

Dos factores pueden conducir a la disminución observada: la mortalidad evidentemente, pero también un cambio de estado de desarrollo de los individuos conjuntamente con una disminución de la tasa de reclutamiento. Muere un número importante de individuos de regeneración no establecidos, mientras que otros crecen y se transforman en juveniles. Las plantas adultas en reposo desaparecen sólo si mueren todos sus tallos, existiendo la posibilidad de su regeneración después de algún tiempo. Al contrario, si de las adultas en crecimiento desaparecen los tallos maduros pero sobreviven los jóvenes, solamente ocurre un cambio hacia un estado de desarrollo inferior. Frente a cualquier situación, la clase juvenil aumentaría o permanecería constante, como es el caso.

En los micrositios perturbados por el aprovechamiento maderero (Cuadro 4) abundaban más individuos jóvenes en comparación con la población de bayal en sitios no afectados. A pesar de la intervención, estos sitios presentan cierta estabilidad en la abundancia a nivel general, resultando diferencias significativas solamente en el grupo de las plantas más viejas, con un 72% de reducción.

Este resultado parece coincidir con la explicación anterior. Macollas completas o algunos de sus tallos fueron eliminados por las operaciones de aprovechamiento, pero los rizomas de estas plantas que yacen enterrados mantuvieron su capacidad de regeneración. Las mejores condiciones de iluminación en los sitios perturbados pudieron conducir a una rápida recuperación de la población a sus niveles originales, aunque con una proporción menor de plantas en reposo y un leve aumento de juveniles, la clase de futura cosecha.

Es importante notar que, respecto al origen de las plantas jóvenes, 83% de la regeneración y 30% de las juveniles no emergen de una semilla, sino de una base rizomática preexistente de individuos alguna vez adultos. Tallos recién emergidos en condiciones de perturbación -principalmente de alta iluminación- pueden crecer 25 cm por mes de 2 a 3 veces más que bajo dosel, lo que resultará en plantas juveniles al transcurrir unos dos o tres meses.

Con base en el período de observación, no es posible detectar una diferencia significativa de comportamiento entre poblaciones de bayal creciendo en bosques sin o con aprovechamiento maderero.

Crecimiento del bayal en diferentes condiciones de iluminación

La dinámica de cambio que experimentaron las 97 plantas en su estado de desarrollo se detalla en el cuadro 5. Las plantas de regeneración y las adultas en reposo mostraron la mayor dinámica -solamente 43 y 33 por ciento de ellas, respectivamente, se mantuvieron en su estado inicial-. Las adultas en reposo resultaron ser las más inestables -aunque nuestra muestra era reducida (6 plantas)-, hecho que muestra de manera preliminar la temporalidad de dicho estado. Al inverso, las adultas en crecimiento experimentaron el menor porcentaje de cambio.

Al relacionar los estados de desarrollo productivo finales de las plantas y su dinámica estructural -o sea los cambios ocurridos en la composición de tallos de cada planta durante 0.7 año- con los estados de desarrollo iniciales de estas plantas, no se encontró dependencia alguna (Gálvez 1996). Esto indica que la rebrotación, cambio en los estados de desarrollo y muerte de tallos no dependen del estado inicial de la planta. Al contrario, se

3 Utilizamos para estimar la condición de iluminación el índice propuesto por Clark y Clark (1987): 5 = copa completamente expuesta (sin copas vecinas dentro del cono invertido de 90° que incluye la copa del árbol); 4 = plena luz de arriba (se estima que 90% de la copa recibe luz vertical directa); 3 = alguna luz de arriba (se estima que 10-90% de la copa recibe luz vertical directa); 2.5 = luz lateral alta; 2.0 = luz lateral moderada; 1.5 = luz lateral baja; 1.0 = ninguna luz directa.

4 Durante los análisis comparativos, agrupamos los tallos en los siguientes tipos: retoño = tallo con largo ≤ 100 cm; tierno = tallo con largo > 100 cm e < 500 cm; maduro = tallo con largo ≥ 500 cm.

Cuadro 3 Evolución en el tiempo de la estructura por clases de desarrollo de la población de *Desmoncus* spp.en sitios no afectados por el aprovechamiento maderero en y arché-1 (plantas/ha con base en una muestra de 4.11 ha).

Situación	Estados de desarrollo				Plantas establecidas
	regeneración con tallo mayor < 0.5 m	regeneración establecida + juveniles	adultas en crecimiento	adultas en reposo	
noviembre 1993	221.8	82.4	51.2	43.8	177.4
abril 1995	166.4**	85.3ns	39.7*	30.4*	155.4*

Significancia (t): *95% **99%

Cuadro 4 Evolución en el tiempo de la estructura por clases de desarrollo de la población de *Desmoncus* spp en sitios estrictamente perturbados por el aprovechamiento maderero en Yarché-1 (plantas/ha con base en una muestra de 1.14 ha).

Situación	Estados de desarrollo				Plantas establecidas
	regeneración con tallo mayor < 0.5 m	Regeneración establecida + juveniles	adultas en crecimiento	adultas en reposo	
pre-aprovechamiento	316.4	108.6	40.5	42.8	191.9
post-aprovechamiento	190.0ns	132.8ns	39.0ns	11.8*	146.6ns

Cuadro 5. Dinámica de cambio en los estados de desarrollo de *Desmoncus* spp. durante un período de 0.7 años.

	Estado inicial	Matriz de cambio (en por ciento [%] del estado inicial)				Estado final (n)
	(n)	regeneración	juvenil	adulta en crecimiento	adulta en reposo	
Regeneración	14	43	57			6
Juvenil	39		64	33	3	36
Adulta en crecimiento	38		8	84	8	49
Adulta en reposo	6			67	33	6

encontró dependencia significativa (χ^2 al 95%) entre el estado de desarrollo productivo final y la condición de iluminación inicial de la planta (Cuadro 6). Además, existen dependencias significativas entre esta variable ambiental y el número final de tallos de cada planta, la ocurrencia de rebrotación y el cambio de tamaño de tallos retoños hacia tiernos.

La dependencia encontrada entre la condición de iluminación y las variables analizadas coincide con las tendencias que se expresan en los coeficientes de correlación (Spearman con 95% de confianza) entre las mismas variables (Cuadro 7). En todos los casos, la variación explicada por este factor ambiental no supera el 50%. Las variables "nuevos retoños" y "cambio de retoños a tiernos" tienen los coeficientes más altos (0.38 y 0.49 respectivamente). Otros caracteres intrínsecos que se asocian significativamente con variables de crecimiento son el diámetro basal de la planta y el número inicial de tallos.

La importancia de la iluminación sobre crecimiento y capacidad de rebrote del bayal lo refuerzan evaluaciones del crecimiento en longitud de tallos individuales pertenecientes a plantas en distintos estados de desarrollo (Cuadro 8). La tasa de crecimiento, variable dependiente, expresa el incremento medio mensual y abarca distintas etapas de crecimiento del tallo. En relación con el tamaño inicial del tallo, sólo los retoños (≤ 1 m) mostraron un crecimiento significativamente menor (prueba de F al 95%) a los restantes, es decir tiernos (1 - 5 m) y maduros (≥ 5 m). En

Cuadro 6. Relación entre variables descriptivas de la condición estructural de plantas de Desmoncus spp. y diferentes condiciones de iluminación. (Prueba de dependencia entre variables y condiciones de iluminación con χ^2 al 95% de confianza).

Condición de iluminación	Variables de referencia		Variables evaluadas						
	número de plantas (n)	tallos iniciales (n)	tallos finales	nuevos retoños	retoños muertos	cambio retoño-tierno	cambio tierno-maduro	tiernos muertos	maduros muertos
2	16	35	34	13		4	1	2	2
2.5	36	96	115	33		28	13		2
3	21	48	70	25		13	7	1	2
4	24	65	99	48	3	44	18		3
Total	97	244	318	119	3	89	39	3	7
Dependencia (χ^2 al 95%)			*	*	ns	*	ns	ns	ns

Cuadro 7. Relación entre variables estructurales de Desmoncus spp. e iluminación (Coeficientes de correlación Spearman significativos al 95% de confianza).

Variables independientes	Variables dependientes					
	nuevos retoños	cambio de retoños a tiernos	retoños muertos	cambio de tiernos a maduros	tiernos muertos	maduros muertos
condición de iluminación	0.38	0.48	ns	0.28	ns	ns
diámetro basal	0.26	0.42	ns	0.33	ns	ns
número de tallos iniciales	ns	0.32	0.24	ns	ns	ns

Cuadro 8: Crecimiento longitudinal de los tallos de Desmoncus spp. en función del tamaño y la iluminación iniciales (Prueba de F para tasas de crecimiento bajo transformación angular [y = arcos(x)] y Duncan al 95% de confianza).

Tamaño inicial	(n)	crecimiento medio (cm/mes)	Duncan [95%]		Iluminación inicial	(n)	crecimiento medio (cm/mes)	Duncan [95%]
Tierno	79	21	a		4	32	25	a
Maduro	17	20	a		3	25	20	a
Retoño	33	12	b		2.5	54	18	a
					2	18	6	b

cuanto a la iluminación, únicamente las tasas de crecimiento de los individuos expuestos a iluminación lateral baja (2.0 de Clark y Clark) es significativamente menor. Una prueba de contrastes ortogonales entre la condición de iluminación (4) contra (3+2.5+2) y (4+3) contra (2+2.5), resultó en diferencias significativas entre las tasas de crecimiento mensual de los tallos. A más luz mejor crecimiento.

El patrón de crecimiento de los tallos y la dinámica de desarrollo de las macollas que surgen de nuestros resultados, inducen a pensar que el rizoma del bayal mantiene conexiones funcionales entre tallos, y aún si estos últimos son dañados por el aprovechamiento maderero, el clon está en capacidad de reaccionar y volver a desarrollar sus vástagos. La posibilidad de reacción se incrementa con mayor luz recibida.

Conclusiones

Independientemente de las ideas preconcebidas, el presente estudio muestra que puede ser factible idear una producción conjunta "madereras y no maderables". Sin embargo, este concepto general tendrá que ser validado caso por caso -o mejor dicho pareja por pareja-, donde "madereras y no maderables" tendrán nombres y apellidos, y, dependiendo del temperamento de cada una, se evaluarán afinidades y posibilidades de manejo conjunto.

En este marco, el presente estudio subraya la imperiosa necesidad de contar con sólidos conocimientos ecológicos sobre las especies no maderables de interés. Hacerlas producir de manera duradera en el tiempo y desarrollar una silvicultura diversificada no es romanticismo.

Bibliografía

Balam, M. Y García, B. 1997. El sindicato único de chicleros y laborantes de la madera en El Petén, Guatemala. In: Villalobos, R. y Ocampo, R. Productos no maderables del bosque en Centroamérica y el Caribe. Actas de la consulta sobre la Situación de los productos forestales no madereros, 17-21 de julio de 1995. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. En prensa.

Barrera, A. 1994. La extracción de chicle y la conservación del chicozapote (Manilkara zapota) en las selvas de Quintana Roo. In: Snook, L. y Barrera A. Contribuciones al manejo integral de las selvas de Quintana Roo. Memorias del taller Madera, chicle, caza y milpa, 9 de julio de 1992, Chetumal, México. Mérida, México, Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias Sureste. Pp. 47-64.

Clark, D.; Clark, D. 1987. Análisis de la regeneración de árboles del dosel en bosque muy húmedo tropical: aspectos teóricos y prácticos. En: Clark, D.; Dirzo, R.; Fetcher, N. (eds). Ecología y ecofisiología de plantas en los bosques mesoamericanos. Revista de Biología Tropical (C.R.) 35(supl. 1):40-45.

CATIE. 1994. Plan de manejo forestal para la Unidad de Manejo San Miguel, El Petén, Guatemala. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 47 p. (Documento de trabajo CATIE-Olafo 9).

Chinchilla, M. 1994. Caracterización de las poblaciones de bayal (Desmoncus spp.), con fines de aprovechamiento artesanal, en la unidad de manejo forestal de San Miguel, San Andrés, Petén. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Unive-rsidad de San Carlos. 134 p.

Collinet, J. 1997. Potencialidades y limitantes de algunos suelos en San Miguel La Palotada, Guatemala, Petén. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. En prensa.

Detlefsen, G. Y Carrera, F. 1997. Manejo de bosques naturales latifoliados. In: Cuarto Congreso Nacional Forestal De Guatemala; memorias. Guatemala, Colegio de Ingenieros Agrónomos. En prensa.

Font Quer, P. 1985. Diccionario de botánica. Barcelona, España, Labor. 1244 p.

Galvez, J. 1996. Elementos técnicos para el manejo forestal diversificado de bosques naturales tropicales en San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 163 p.

Listabarth, C. 1994. Pollination and pollinator breeding in Desmoncus. Principes (EE.UU.) 38(1):13-23.

Lundell, C.L. 1937. The vegetation of Petén. Washington, USA, Carnegie Institution. 244 p.

Marmillod, D.; Ocampo, R.; Robles, G.; Chinchilla, M. 1995. La evaluación de recursos no maderables en el marco del manejo diversificado de bosques tropicales: las experien-cias de CATIE-OLAFO en América Central. In: Köhl, M.; Bachmann, P.; Brassel, P.; Preto, G. (eds). The Monte Verità Conference on Forest Survey Designs. "Simplicity versus Efficiency" and Assessment of Non-Timber Resources. Birmensdorf, Suiza, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Pp. 132-140.

Pineda, P. 1966. Diseño y aplicación de un inventario forestal diversificado (productos maderables y no maderables) en Petén. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 71 p. + anexos.

Putz, F. 1983. Developmental morphology of Desmoncus isthmius, a climbing colonial, cocosoid palm. Principes (EE.UU.) 27(1):38-42.

Reining, C. Y Heinzman, R. 1992. Productos no maderables de la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Flores, Guatemala, Fundación Conservación Internacional / ProPetén. 163 p.

Reyes, R. 1995. Caracterización y evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción de la concesión comunitaria de San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 139 p. + anexos.

Sandoval, C. 1997. Productos no maderables del bosque en Guatemala y organizaciones gubernamentales. In: Villalobos, R. Y Ocampo, R. Productos no maderables del bosque en Centroamérica y el Caribe. Actas de la consulta sobre la Situación de los productos forestales no madereros, 17-21 de julio de 1995. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. En prensa.

Secretaria General Del Consejo Nacional De Planificación Económica. 1992. Plan de desarrollo integrado de Petén: documento de actualización sobre estudios de xate. Santa Elena Petén, Guatemala, SEGEPLAN. 137 p.

Apuntes Metodológicos para el Estudio de Raíces en Plantaciones Forestales y Bosques Naturales

Eddy Alberto Morales Ríos

CATIE
Cattie 7170
556-6431/5560159/5561533
emorales@catie.ac.cr
Turrialba, Costa Rica

Resumen

¿Por qué estudiar raíces en plantaciones forestales y bosques naturales?

La importancia del estudio de raíces radica en las variadas funciones fisiológicas de este órgano: (a) en la nutrición vegetal, su funcionamiento guarda una relación directa con las cantidades y calidad de biomasa útil cosechable (madera, leña frutos, principios medicinales, taninos, etc.) que se van produciendo y acumulando durante las estaciones de crecimiento de las especies forestales, (b) como órgano de reserva de nutrientes, tanto mediante modificaciones ecomorfológicas especializadas como en los tejidos radicales ordinarios; (c) como órgano de sostén, distribuyendo ramificaciones en el suelo de manera de asegurar el mejor anclaje posible de la planta, lo cual tiene una importancia extrema en las condiciones fisiográficas accidentadas que suelen presentarse en ciertas regiones de América Latina; (d) como órgano involucrado en la regulación fisiológica de la planta, produce una serie de sustancias específicas capaces de favorecer no solamente el crecimiento de órganos aéreos, sino también de promover cambios cualitativos en el desarrollo de la planta, como la iniciación de estolones o la liberación de yemas axilares de la dominancia apical (Russell 1977).

Santantonio (1990) enfatiza la necesidad de considerar por separado las raíces leñosas de las raíces finas, debido a que tienen características muy diferentes de crecimiento, mortalidad y función; las raíces leñosas están más asociadas a la función de soporte mecánico de la planta y proveen la red de conducción de las sustancias asimiladas por las raíces finas en diferentes micrositios del suelo. Las raíces finas, por su parte, están relacionadas ante todo a la función de asimilación de nutrientes del suelo. No existe un límite claro entre raíces leñosas y raíces finas, pero en muchos estudios se reportan que este límite estaría entre los 2 a 1.5 mm de diámetro (ver por ejemplo: Burke y Raynal 1994; Cuevas y Medina 1988; Dhyani, Narain y Singh 1990; Gale y Grigal 1987; Sainju y Good 1993; etc.)

En general, 108 estudios de raíces se han concentrado en especies propias de plantaciones forestales de regiones de clima templado, fundamentalmente coníferas. Dado que en este tipo de plantaciones, generalmente está presente una sola especie, los estudios de raíces se han caracterizado por describir la fisiología y funciones de las raíces a nivel de individuos pertenecientes a alguna especie en particular. Aún existe escaso conocimiento respecto a los tipos de interacciones que tienen lugar entre raíces de diferentes plantas, sean estas de la misma especie o no. Este tipo de estudios es importante para empezar a comprender las interrelaciones subterráneas en las complejas comunidades vegetales de los bosques naturales.

En vista de las diferentes posibilidades de manejo de plantaciones forestales que involucran arreglos temporales y espaciales, los estudios de raíces pueden ser necesarios en sistemas secuenciales, por ejemplo, para saber cómo será utilizada la materia orgánica dejada por las raíces del cultivo anterior. No obstante, tiene mayor interés estudiar raíces en sistemas simultáneos o de relevo debido a que en ellos ocurre una interacción de raíces vivas donde pueden darse complejas relaciones tanto de competencia como de complementariedad, casi siempre ligadas a la participación de otros organismos de la biota

del suelo o edafón sobre la superficie de las raíces (rizoplano) o en sus inmediaciones (rizosfera). Además también existe en estos sistemas un cambio de raíces en el suelo permanente y de intensidad periódica que aporta materia orgánica localizada cerca de las zonas donde crecerán las nuevas raíces; la pérdida de pelos absorbentes y de las raíces más finas ocurre como resultado de su envejecimiento después de algunos días o semanas de funcionamiento activo. De alguna manera, los mecanismos fisiológicos de control del crecimiento de la planta tienden a favorecer el crecimiento de ápices radicales en las regiones más favorables del suelo (Huck 1983).

Los estudios de raíces pueden además justificar mejoras en los sistemas de manejo y diseños existentes o la necesidad de implementar nuevos sistemas; al implementar una nueva práctica o sistema de manejo forestal se procura que las raíces de los diferentes componentes interaccionen positivamente. En la práctica, siempre van a existir ventajas y desventajas para cada diseño de manejo forestal: toda mejora en la fertilidad y estructura del suelo, bombeo de nutrientes y reducción de pérdida de recursos por lixiviación estará acompañada por algún grado de competencia, efecto alelopático o transmisión/difusión de plagas y enfermedades. Por ejemplo, Schroth (1995) plantea cuatro posibles estrategias para enfrentar este dilema dentro de sistemas agroforestales: (a) selección de especies forestales con baja competitividad radical, (b) selección de especies forestales con una distribución de raíces complementaria tanto con respecto a la de las otras especies forestales como a la del cultivo, (c) reducción de la densidad radical de los árboles usando trincheras o mediante labranza del suelo, y (d) rotaciones agroforestales cuando los efectos negativos de la asociación no pueden ser manejados dentro del arreglo espacial simultáneo. Para mejorar ciertos diseños específicos también se podrían aplicar métodos numéricos y modelaje matemático, siempre y cuando exista suficiente información confiable; por ejemplo técnicas como la programación lineal permitirían optimizar ciertas densidades de siembra o métodos de manejo con la función objetivo de reducir al mínimo las interferencias por competencia, en tanto que la simulación de la arquitectura de raíces permitiría predecir patrones de crecimiento y extensión en el suelo.

En conclusión, el estudio de raíces para mejorar el manejo de plantaciones forestales y bosques naturales está relacionado a dos aspectos fundamentales: (a) conocer el grado de competencia intra o inter específica que existe en las raíces bajo los sistemas actuales de manejo, y si esta puede ser reducida o evitada mediante alguna práctica cultural; (b) estimar la biomasa subterránea de los bosques y cuál es su papel en el ciclaje de nutrientes; por ejemplo, cuánto carbono se almacena en el suelo del bosque y cuál es su contribución para evitar el calentamiento global.

En la presente ponencia se analizan brevemente los aspectos fundamentales y los métodos asociados al estudio de raíces leñosas y raíces finas, posteriormente se enfoca la evolución metodológica en términos históricos y se concluye con nuevos aportes puntuales al estudio de raíces.

Raíces leñosas

Las raíces leñosas son aquellas que cumplen principalmente la función de sostén de la planta y son conceptualizadas en la práctica como aquellas raíces que tienen un diámetro por encima de los dos milímetros. El método tradicional para el estudio de raíces leñosas se conoce como análisis arquitectural. Con fines prácticos, la arquitectura de raíces se refiere fundamentalmente a la forma en que se distribuyen las raíces leñosas en el espacio y su posición relativa con respecto a un sistema de coordenadas (de referencia). De manera formal, un sistema de coordenadas consta de un punto de origen 0, fijado en el espacio y tres rectas (o vectores) perpendiculares entre sí que se interceptan en el punto 0, de manera que a cada otro punto en el espacio le corresponda una y solamente una posición que puede ser descrita en términos de sus coordenadas rectangulares o polares (Bronshtein y Semiandsev 1986).

La arquitectura de raíces se puede definir como el estudio de las formas estructurales producidas por la raíz en un estado ontogénico determinado y a una edad determinada, como resultado de la presión ejercida contra el suelo por los ápices radicales empujados por la acción de tejidos meristemáticos activos para el cumplimiento de complejas y variadas funciones fisiológicas. Por otro lado, también se puede considerar en la definición, la naturaleza de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, las cuales influyen y frecuentemente determinan 108 tipos morfológicos de las raíces. Los sistemas radicales son, en definitiva, complejos objetos geométricos dentro de los cuales la adquisición y utilización de recursos (i.e. C) no son uniformes y que además interactúan dinámicamente con un ambiente edáfico espacial y temporalmente heterogéneo (Wullschleger, Lynch y Berntson 1994).

El crecimiento primario de la raíz ocurre en raíces nuevas, jóvenes y se caracteriza por una elevada plasticidad y movilidad, en esta etapa la raíz adquiere BU forma definitivas cuando en su recorrido evita los obstáculos en el suelo y se alarga por el ápice hacia los sitios donde existen mayores concentraciones de recursos. Durante el crecimiento secundario, la raíz prácticamente ya no cambia de forma, el engrosamiento lateral en anillos se sucede año tras año sin alcanzar a modificar las formas previamente establecidas por el recorrido de las raíces primarias. En una revisión sobre los principales factores que afectan al crecimiento primario y secundario de las raíces, Coutts (1987) constata la existencia de relaciones de competencia entre las raíces pivotantes y laterales de una misma planta y que la dominancia de alguna de ellas se establece en etapas tempranas de desarrollo de la planta Por su parte, el crecimiento desigual de las raíces laterales es influenciado por el ambiente local de las raíces de estructura primaria, es decir el crecimiento de las raíces primarias será diferente en ambientes ricos en recursos o en ambientes pobres; reflejando una elevada especificidad en la forma de las raíces.

No obstante, pese a estas fuentes de variación, estudios recientes en especies anuales y leñosas revelan posibilidades de identificación y modelación de patrones arquitectónicos relativamente simples en sistemas radicales.

El objetivo del análisis arquitectural es identificar la naturaleza, estructura y el arreglo relativo de cada parte de la planta en un período dado para caracterizar los procesos internos de crecimiento que los determinan (Jourdan, Rey y Guedon 1995). La manera y velocidad con que la raíz va explorando y ocupando el espacio influye en o determina muchas de las funciones fisiológicas de la raíz (i.e. sostén y nutrición); el conocimiento y entendimiento del desarrollo arquitectónico de los árboles es de máxima importancia (De Reffye et al *1995).*

El análisis de la arquitectura de las raíces se puede enfocar desde distintos puntos de vista de acuerdo a los objetivos del estudio; no obstante, prácticamente todas estas investigaciones se relacionan con las funciones de sostén, agarre y/o anclaje de los aparatos radicales.

Deans (1981) realizó una descripción detallada de los patrones arquitectónicos de raíces de *Picea sitchensis Carr.* Para el efecto, agrupó todas las raíces leñosas (considerando un diámetro 0.5 cm) en varias clases diametrales y calculó el peso de cada clase diametral, también registró las distancias de las raíces con respecto al árbol, encontrando que la distribución de raíces leñosas decrece con la distancia al árbol. Coutts (1983) realizó un análisis arquitectural de raíces en función de su resistencia a la ruptura y estabilidad de los árboles, encontrando que la resistencia de las raíces varía con las especies; depende fuertemente de la forma y tipos de ramificaciones. Posteriormente, Stokes et al (1996) construyeron modelos artificiales de sistemas radicales a fin de probar la resistencia y eficiencia de anclaje de diferentes arquitecturas; los factores determinantes en la resistencia de la planta a ser extraída fueron la profundidad de enraizamiento y la longitud radial (horizontal) de las raíces; el patrón de ramificación más eficiente resultó aquel que presenta muchas ramificaciones en profundidad y el mejor ángulo entre la raíz pivotante y la raíz lateral es de 90°. Cremer (1993) constató que el ahusamiento (engrosamiento) de la raíz de eucalipto, cerca de la base del tallo y en las inmediaciones de los puntos de ramificación, en los sitios donde las raíces están sujetas a tensiones mecánicas debido al balanceo del árbol, existe una acumulación de madera medular, lo cual está de acuerdo con la sugerencia de que la madera adicional que crece para soporte mecánico se convierte en tejido medular porque excede las necesidades de conducción y almacenamiento. Entre las variadas aplicaciones prácticas que produjeron estas investigaciones, se puede mencionar el diseño del software LISA, que se utiliza para evaluar el riesgo de deslizamientos y derrumbes de terrenos en pendientes; a través del uso del modelo de estabilidad de la pendiente infinitas el sistema calcula un factor de seguridad, entre cuyas variables de entrada se encuentra la resistencia o cohesión que proveen las raíces de los árboles que crecen en el sitio que se evalúa.

Van Noordwijk, Spek y De Willigen (1994); Spek y Van Noordwijk (1994); Van Noordwijk y Purnomosidhi (1995) probaron la modelación de sistemas radicales empleando la teoría de fractales. Según esta teoría, ciertos patrones de ramificación deben ocurrir en la raíz independientemente de los órdenes de ramificación, haciendo posible predecir la longitud y biomasa de la raíz a partir de la medición de su diámetro próximal y la identificación de un par de factores de proporcionalidad. Los resultados muestran que este modelo puede ser aplicado al menos como una aproximación, pero se debe prever la alta variabilidad de los factores de proporcionalidad. Desde otro punto de vista, Tatsumi, Yamauchi y Kono (1989) emplearon la geometría de fractales para analizar la morfología de sistemas radicales utilizando el procesamiento computarizado de imágenes; como resultado de este trabajo, se estableció que los sistemas radicales presentan una dimensión de fractal D que varía de 1.48 a 1.58.

Pellerin y Pages (1994) y Pages y Pellerin (1994) estudiaron las curvas de elongación de raíces axilares en maíz, así como el número, crecimiento y ramificación de raíces lateral es de primer orden. En el primer caso, los datos se ajustaron a un modelo matemático en que la tasa de elongación declina con la edad de la raíz (modelo de elongación monomolecular). En el segundo caso, la fuerte heterogeneidad de longitudes de raíces laterales y densidades de ramificación fue interpretada como una forma adaptativa y económica en que la planta explota el ambiente que rodea a las raíces principales.

En cuanto a la influencia de los factores del medio sobre la arquitectura de raíces, Crabtree y Bernston (1994) investigaron el efecto del nitrógeno inorgánico en la arquitectura de raíces de *Betula lenta,* la cual fue representada mediante parámetros de densidad, longitud y topología; como resultado encontraron que los mayores efectos en la arquitectura de la raíz se deben a la heterogeneidad de formas de nitrógeno inorgánico aplicado. Otro factor que influye sobre la arquitectura de raíces es la densidad aparente del sitio. A fin de determinar la influencia conjunta de los factores de sitio, Dhyani, Puri y Narain (1996) analizaron la arquitectura de la raíz de *Eacalyptus tereticonis,* estimaron su biomasa y la relación vástago/raíz en dos sitios con diferencias aparentemente enormes en cuanto a potencial productivo, pero no encontraron diferencias significativas en las variables de respuesta; probablemente, ello se deba al efecto compensatorio de unos factores sobre otros, no obstante, se requiere realizar mayores investigaciones al respecto.

El análisis arquitectural es también muy útil para el diseño de sistemas de manejo agroforestal y forestal, como lo prueban Toky y Bisht (1992) quienes caracterizaron la arquitectura de raíces de 12 especies arbóreas (nueve nativas y tres exóticas) en la zona árida del noroeste de India; los parámetros estimados fueron: la morfología general, extensión horizontal, extensión vertical, ángulos de raíces primarias y secundarias, número de raíces primarias, diámetro y longitud de las raíces, biomasa total y relación raíz/vástago, estos datos permiten mejorar el

diseño de espaciamientos de la plantación, épocas de raleo, tipos de fertilización orgánica y mineral, formas de distribución de los fertilizantes, posibles asociaciones forestales y agroforestales poco competitivas entre sí, etc. Por su parte, Ruhigwa *et al.* (1992) analizan las características de enraizamiento de cuatro especies leñosas potencialmente idóneas para utilizarse en cultivos en callejones en términos de los siguientes parámetros: abundancia de raíces, biomasa total y número de raíces leñosas; el análisis mostró que *Acioa barteri* es la especie que muestra mejores patrones de enraizamiento para cultivo en callejones.

Raíces finas

El análisis arquitectural puede ser realizado mediante mediciones directas de las raíces leñosas, las cuales con frecuencia presentan estructuras estables que posibilitan trabajar sobre material extraído del suelo sin perder su configuración original. En cambio, las raíces finas tienden a ser más flexibles y frágiles; su estudio generalmente se ha realizado muestreando el área de influencia con barrenos o en trincheras, en base a una manipulación cuidadosa. Por lo tanto, la separación entre raíces leñosas y finas fijando algún límite diametral es más utilitaria que fisiológica o morfológica

Tradicionalmente, las investigaciones sobre sistemas radicales se han efectuado en su gran mayoría mediante muestreos de raíces finas, debido a que el método de barrenamiento aplicado no es destructivo y puede emplearse de manera más amplia que otro tipo de métodos. Los métodos basados en excavaciones muestran la morfología general en un momento dado en el tiempo, pero son de escasa utilidad para estudiar los cambios de la raíz en el tiempo; mientras tanto, los rizotrones y mini-rizotrones pueden ser utilizados para estudiar el patrón temporal de ciertas raíces, pero no permiten visualizar los patrones espaciales; los métodos de barrenamiento y extracción de monolitos pueden usarse tanto para estudiar patrones temporales como patrones de crecimiento espaciales.

La secuencia de actividades para el procesamiento de las muestras obtenidas por barrenamiento es la siguiente:

- Barrenamiento a diferentes profundidades en un mismo punto de muestreo, colocar las muestras en un recipiente hermético, pueden ser bolsas de polietileno; al momento de definir las profundidades de muestreo considerar con fines prácticos la posibilidad de contar con equipo de tracción mecánica.

- Se puede realizar el procesamiento inmediatamente después de tomar las muestras, o bien almacenarlas bajo refrigeración, en general, si se van a almacenar las muestras durante un tiempo es preferible refrigerarlas con tierra, ya que una vez lavadas, las raíces son más susceptibles al ataque de hongos descomponedores.

- El lavado se realiza manualmente o mediante el uso de equipo especializado existente en el mercado (root washing machines); si se realiza manualmente se colocan las muestras sobre tamices de 1 a 0.25 mm de diámetro y se deja pasar una corriente de agua, en lo posible bien distribuida para que la tierra vaya pasando a través de los tamices y las raíces queden atrapadas en ellos.

- Al lavado le suele seguir una separación del material en raíces de diferentes especies y/o raíces vivas de las raíces muertas; lo más confiable es realizar esta separación con pinzas y mediante el uso de algún instrumento óptico; dada la variabilidad de morfológicas radicales que es posible encontrar en bosques naturales, en estudios donde se requiere separar especies, se recomienda obtener estándares morfológicos para cada una de las especies que se estudian y realizar un entrenamiento previo para la identificación de raíces por las siguientes características: color, diámetros típicos, dureza, plasticidad, formas de ramificación, características de la rizodermis/exodermis en raíces primarias y formas típicas en que ocurre el desprendimiento del cortex en raíces secundarias. Un estudio histológico previo del material a separar puede ser de mucha utilidad.

- Cuando es necesario separar raíces vivas y muertas, se suelen presentar problemas con la identificación de raíces muertas, ya que estas van perdiendo sus características morfológicas, en cuyo caso, se puede recurrir a una estimación de la magnitud de raíces muertas a través del uso de proporciones con respecto a las magnitudes de las raíces vivas que si pudieron ser identificadas. También se podría probar el uso de colorantes como por ejemplo, una solución acuosa de Congo Red (sal de difenildisazobis-1-naftilamina-4-ácido sulfónico disódico) al 1% tiñe las raíces vivas de un color rosado oscuro a rojo brillante.

- El almacenamiento de las raíces lavadas y separadas se realiza en frascos de vidrio o cristal; el medio más efectivo y barato es el etanol (al 15%); es preferible colocar los frascos en un sitio fresco y oscuro, pudiendo utilizarse cámaras de conservación.

- Los parámetros a medir son varios, siendo los más frecuentes: la biomasa de raíces y la densidad de raíces en longitud, medida en centímetros de raíces por centímetro cúbico de suelo. La biomasa se estima mediante el uso de balanzas de precisión y muflas, mientas que para la determinación de la densidad de raíces en longitud, se relaciona el número de intersecciones de las raíces dispuestas en una bandeja plana con una cuadrícula de dimensiones conocidas de acuerdo a la regla de Bufón, la longitud de las raíces es proporcional al número de intersecciones según:

$$L = \pi N \frac{D}{4}$$

donde L es la longitud de raíces en la muestra, N es el número de intersecciones en la cuadrícula y D es el tamaño de la cuadrícula, en mm.

- Es necesario considerar la gran cantidad de labor que requieren estos estudios, donde es fácil alcanzar lotes mayores a las mil muestras, en especial para estudios en bosques naturales. En estos casos, es importante considerar la posibilidad de automatizar el trabajo de campo y hacer uso de algún software para la estimación de la densidad de raíces en longitud.

En general, estos estudios revelaron que la concentración de mayor densidad de raíces finas ocurre en las capas superficiales del suelo, con una tendencia de disminución exponencial conforme se profundiza en el suelo y conforme aumenta la distancia al tallo o tronco de la planta (Gale y Grigal 1987; Oyanagi 1994; Dierolf, Arya e Yost 1989; Ball-Coelho *et at* 1992; Wilhelm, Mielke y Fenster 1982, Drew y Saker 1980).

Entre los primeros investigadores en modelar esta tendencia observada en la distribución de las raíces finas, se encuentran Gerwitz y Page (1974), quienes proponen la siguiente expresión matemática: dP/dx = e-fx+c, donde P es el porcentaje de raíces en un horizonte de espesor **dx** a una profundidad de x centímetros; **f** y **c** son constantes.

Un tanto más sofisticado es el modelo propuesto por Hughes y Gandar (1993), quienes además de describir la tendencia decreciente exponencial de las raíces finas con el aumento de la distancia y la profundidad, se mostraron interesados en describir el grado de ocupación del suelo por las raíces. Para este efecto, utilizaron una ecuación de contornos cilíndricos del tipo;

$$\frac{r2 + z2}{(Aj)2(b + cAj)2} = 1$$

para relacionar los datos de densidad de raíces en longitud (Root Length Density) a un sistema de coordenadas cilíndricas conformado por las distancias horizontal, vertical y orientación angular que luego fueron ajustados al modelo mediante una técnica no lineal de mínimos cuadrados. En este modelo, r es la distancia radial del tallo, z es la profundidad del suelo, Ahí son los puntos de intercepción de la elipse con el eje horizontal r; mientras que b y c son las constantes del modelo.

Generalizaciones en el estudio de sistemas radicales: evolución metodológica y modelación matemática

Existen dos tipos de limitaciones al estudio de campo de sistemas radicales. Una de ellas está asociada a la variabilidad fenotípica que caracteriza a la distribución espacial de las raíces de individuos con genotipos similares o cercanos. Las instrucciones contenidas en los cromosomas de las plantas controlan los patrones arquitectónicos y de crecimiento de las raíces dentro del suelo, así como las estrategias a ser empleadas frente a diferentes situaciones ambientales. Sin embargo, individuos de una misma especie, con un pool genético similar reaccionan de manera específica de acuerdo a las condiciones físicas y químicas del suelo: densidad de las partículas sólidas, resistencia a la penetración, humedad, porosidad, cantidad y localización de nutrientes, de sustancias tóxicas, etc. También influyen en el crecimiento de las raíces la competencia intra e interespecífica con raíces de otros individuos, plagas y enfermedades, presencia y grado de desarrollo de organismos mutualistas y simbióticos (i.e. micorrizas). Como resultado, cada genotipo expresa un fenotipo específico ante diferentes condiciones ambientales, construyendo una morfología y arquitectura determinada, que esta condicionada por la variabilidad de las condiciones ambientales. En una cuenca hidrografía, zona de producción o parcela de una finca, las condiciones existentes en los suelos presentan una variabilidad sumamente mayor a las condiciones atmosféricas. Por todo lo anterior, se puede esperar que los fenotipos de la vegetación natural y cultivada tengan raíces con patrones morfológicos y arquitectónicos más complicados que la correspondiente parte aérea y que la variabilidad esperada de longitudes, tamaños, patrones de ramificación, profundidad de enraizamiento de la raíz principal y la cantidad de ápices con zonas de pelos absorbentes sea sumamente variable, inclusive para dos plantas de una misma especie creciendo en vecindad.

La otra limitación al estudio de raíces se refiere a que el medio en que crecen impide la realización de mediciones directas. Los principales problemas que se asocian a esta limitación consisten en la dificultad de extraer sistemas radicales completos de su hábitat natural, la gran cantidad de tiempo requerido para los estudios y la escasa significación estadística derivada de muestras pequeñas en poblaciones altamente variables. Por ejemplo, los coeficientes de variación de masa seca de raíces obtenidos en muestreos con barreno durante una gran cantidad de estudios del Instituto de Fertilidad del Suelo son muy altos (Van Noordwijk, Floris y de Jager 1985; Anderson e Ingram 1993), pudiendo tener una mediana de 43% con un rango intercuartílico de 35-53% en pastizales y de 44% y de 37-61% en cultivos de cereales. Se carece de datos respecto a los coeficientes de variación característicos para especies forestales, pero probablemente, estos podrían inclusive superar los niveles mencionados antes. Por todo esto, una

descripción cualitativa y cuantitativa exacta de sistemas radicales en el campo es una tarea extremadamente difícil de realizar.

Métodos de estudio de raíces

Como se mencionó antes, los estudios de raíces tradicionalmente se han orientado al estudio de raíces leñosas en relación a sus funciones de fijación, sostén y anclaje, y la distribución espacial y crecimiento de raíces finas, a las que se atribuye la función principal de absorción de nutrientes y agua. Las raíces leñosas se estudian principalmente mediante métodos de cavado del suelo, ya sea en trincheras, en calicatas o directamente a partir del tronco principal de la planta siguiendo la dirección de las raíces principales, este tipo de excavaciones requiere mucho cuidado para extraer las raíces con el menor grado de disturbación posible, evitando la perdida de material con diámetro mayor a 1 ó 2 milímetros. Por su lado, las raíces finas se estudian principalmente mediante la toma de muestras del suelo con barrenos y con monolitos o mediante observaciones con rizotrones u otros equipos más especializados. También existe la posibilidad de realizar experimentos de campo y de laboratorio utilizando bolsas subterráneas de crecimiento radical, bolsas de descomposición, macetas, cajas de cristal y otros diversos equipos. En general, dependiendo de los objetivos del estudio de raíces se pueden aplicar métodos de investigación experimental y métodos de investigación no experimental; en ambos casos, existen actualmente diversas técnicas que posibilitan obtener resultados con elevado rigor científico.

♦ *Breve descripción del desarrollo histórico de los métodos de estudio de raíces*

Los estudios de raíces se inician de manera más o menos sistemática a inicios del presente siglo, siendo representativos de la época las investigaciones clásicas de Weaver, J. E. (1926, 1927), quien describe los sistemas radicales de los principales cultivos de campo y hortalizas, así como un trabajo pionero sobre las relaciones ecológicas de las raíces en ecosistemas templados (Weaver 1919). En sus investigaciones, Weaver utiliza básicamente el método de cavar trincheras a cierta distancia de los individuos en estudio para dibujar mapas de raíces, también realiza excavaciones superficiales siguiendo la dirección de las raíces principales a fin de dibujar su distribución horizontal; en ambos casos emplea una cuadrícula de referencia con base en algún punto de origen elegido en el sitio. En el estudio de relaciones ecológicas emplea colores para identificar las raíces de especies diferentes, con lo cual produce unos mapas de raíces que permiten una buena visualización de sus distribuciones espaciales.

En la época actual, dos trabajos clásicos (Schuurman y Goedewaagen 1965; Böhm 1979) recopilan y describen los principales métodos de estudios de raíces. De manera sorprendente, hasta la fecha no han existido cambios substanciales en estos métodos y se los sigue empleando de manera rutinaria con algunas modificaciones orientadas básicamente a mejorar su rapidez y exactitud. Por ejemplo, el método para estimar la longitud de raíces mediante el conteo de intersecciones de una cuadrícula propuesto por Newman (1966) y modificado por Tennant (1975), se utiliza hasta la fecha con pocas modificaciones, inclusive dentro de software comercial como el Delta-T Scan.

Los diferentes métodos utilizados en las investigaciones de raíces arrojan resultados a veces poco confiables, por ejemplo, estimaciones realizadas sobre la producción neta de raíces dio origen a una polémica aún no resuelta: ¿cuál es la verdadera magnitud de la biomasa radical en un ecosistema? (Vogt *et al.* 1986; Lauenroth *et al.* 1986). A partir de la década de los noventa se empieza a notar un cierto resurgimiento de innovaciones técnicas y metodológicas, probablemente favorecido por el desarrollo de tecnologías de análisis y modelación espacial.

La abundante literatura sobre estudios de raíces permite complementar este breve esbozo histórico en cuatro temas metodológicos aún no totalmente esclarecidos y que requieren un futuro desarrollo:

- Las pérdidas de biomasa radical durante la manipulación de las muestras en las etapas de muestreo, almacenamiento y lavado pueden llegar al 30 a 40% de masa seca (Grzebisz, Floris y Van Noordwijk 1989); especialmente, durante el proceso de lavado de raíces existe una relación inversamente proporcional entre la cantidad de pérdidas y el tiempo que toma el lavado de una muestra, lo cual está muy relacionado al tamaño de la apertura de los tamices utilizados; mientras mas pequeña esta apertura, más tiempo se demora en realizar el lavado pero menor es la cantidad de raíces que se pierden. Con fines prácticos, se utilizan tamices con aperturas que fluctúan entre 0.25 y 2 milímetros, de acuerdo al tipo de raíces con que se esté trabajando.

- Existe una carencia de procedimientos estandarizados para el muestreo de raíces con barrenamiento, aunque se hicieron ya algunos intentos en este sentido, como el estudio de Kumar, Prihar y Gajri (1993) en cultivos de trigo sembrados en hileras de 22 cm.; el trabajo de Van Noordwiik, Floris y de Jager (1985) que expone varios esquemas de muestreo que minimizan los sesgos de las estimaciones para diferentes cultivos y métodos de estudio y el manual editado por Anderson e Ingram (1993) que representa ya un primer intento formal de estandarización.

- Durante los últimos cinco años se realizaron varios estudios de comparación de métodos de muestreo y observación de raíces; por ejemplo, Majdi, Smucker y Persson (1992) compararon la longitud de raíces medidas con minirizotrones y muestreos con monolitos, sin hallar diferencias muy claras, evidentemente

ambos métodos tienen ventajas y desventajas. Samson y Sinclair (1994); Smit, Groenwold y Vos (1994) y De Ruijter, Veen y Van Oijen (1996) compararon el método de barrenamiento con las observaciones en minirizotrón, los primeros hallaron que las estimaciones hechas a partir de las observaciones del rizotrón subestiman la densidad de longitud radical, por su lado, los últimos consideran que el método de barrenamiento tiene varias ventajas, siendo el más exacto, no obstante el rizotrón demanda mucho menos esfuerzo de campo. Con mayor propiedad, Smit, Groenwold y Vos trabajando en el Wageningen Rhizolab consideran que un barrenamiento limitado combinado con observaciones en el minirizotrón proveen estimaciones adecuadas de las propiedades radicales relevantes. Heeraman y Juma (1993) compararon los métodos del minirizotrón, barrenamiento y monolito, obteniendo coeficientes de correlación significativos ($p \leq 0.01$) entre los métodos de barrenamiento y monolito para la densidad de raíces en longitud (cm/cm3) en cultivos de *Hordeum vulgare y Vicia faba.*. Kücke, Schmid y Spiess (1995) compararon cuatro métodos de estimación en tres suelos diferentes, concluyendo que el barrenamiento y el monolito arrojan las estimaciones más confiables. Publicover y Vogt (1992) por su lado, compararon varios modelos para la estimación de producción de raíces finas en base a datos obtenidos por muestreo secuencial a diferentes plazos con barreno mediante un modelo de simulación, encontrando que un método denominado de "compartimento-flujo" fue el más exacto; en este caso se incorporó en el estudio la dimensión temporal o dinámica de raíces finas, lo cual implica tomar en cuenta raíces finas vivas al momento del muestreo, raíces finas muertas, la producción, mortalidad y desaparición de raíces en un periodo de tiempo determinado. También se comparó la habilidad de distintos trazadores (14 C,B6 Rb) y la excavación total para determinar la distribución horizontal y vertical de raíces, tomando como patrón de comparación el barrenamiento; el método del monolito correlaciona muy bien con las estimaciones obtenidas por barrenamiento, el 14C puede representar mejor la actividad radical que la biomasa aunque sobrestima las raíces superficiales y subestima las profundas, mientras que la actividad de ~36 Rb es altamente variable y distribuida aleatoriamente (Milchunas *et el* 1992).

- Algunos de los avances tecnológicos que se vienen adoptando en el estudio de raíces, contemplan estimaciones más robustas de las intersecciones en minirizotrones (Buckland *et al* 1993); el procesamiento de imágenes auxiliado por computadora con técnicas de composición de colores (Heeraman, Crown y Juma 1993); también se propone el uso de un scanner tridimensional en sustitución del método de intersección de líneas para estimar la longitud de raíces muestreadas con barreno (Smit *et al* 1994); por su parte, Dalton (1995) propone relacionar *in situ* la capacitancia eléctrica de la planta con la biomasa y desarrollo de las raíces, el método tiene gran potencial aunque aún se requiere mayor investigación sobre las diferentes posibilidades, calibración y ubicación de los electrodos en la planta

Modelación de sistemas radicales

De manera directamente proporcional al incremento de las innovaciones metodológicas, durante la presente década la modelación de sistemas radicales ha tenido grandes avances.

La modelación de raíces tiene varios objetivos, pero tal vez dos enfoques predominan durante los últimos años, el primero procura relacionar la arquitectura y distribución espacial de raíces con la presencia o ausencia de diferentes factores y recursos ambientales, especialmente nutrientes y agua, este es un enfoque fisiológico. El segundo enfoque se centra en reconstruir los patrones morfológicos, estructurales y arquitectónicos de las raíces, sin relacionarla necesariamente con los factores del medio ambiente, este se puede llamar un enfoque morfológico.

El enfoque fisiológico de la modulación de raíces tiene actualmente varios representantes; por ejemplo Guillespie (1989), propone una modulación mecanicista de la competencia por nutrientes entre dos cultivos intercalados, según su modelo, existe una reducción de la concentración de nutrientes y agua en la zona adyacente a las raíces, mediante una fórmula aproximada es posible estimar la mitad de la distancia entre raíces, si esta distancia está por debajo de cierto límite, se supone que existe competencia entre especies. Grant (1993, a) propone un modelo matemático que relaciona los dos efectos principales de la compactación del suelo sobre el crecimiento de la raíz: la resistencia mecánica a la elongación radical y el decremento de transporte de oxígeno a las superficies de la raíz; en un siguiente trabajo valida la consistencia del modelo comparando corridas de simulación con datos reales de campo, este modelo podría ser útil para estimar efectos sitio-específicos de compactación de suelos sobre el ciclaje de carbón en agroecosistemas y ecosistemas forestales naturales o intervenidos (Grant 1993, b).

Benjamin, Ahuja y Allmaras (1996) proponen un modelo bi-dimensional para investigar los efectos de absorción de agua por la planta y el movimiento de agua y nitratos en el suelo, ligados a la densidad y longitud de raíces. Clausnitzer y Hopmans (1994) pasan a un enfoque tridimensional para realizar una simulación dinámica y simultánea del movimiento del agua en el suelo y el crecimiento de la planta; la morfología de la raíz observada en su hábitat natural puede ser aproximada mediante una descripción del ambiente edáfico.

Deans y Ford (1983) realizan uno de los intentos primarios para modulación de raíces con el enfoque morfológico; el modelo propuesto utiliza la reconstrucción de patrones en base a información topológicas de las raíces

primarias. Con el incremento de las capacidades computacionales y los nuevos avances teóricos de las matemáticas ligadas a los procesos biológicos, por ejemplo, la modulación estocástica del proceso de ramificación mediante cadenas de Markov (Costes et al 1992) o el empleo de la geometría de fractales en las ciencias forestales (Lorimer, Haight y Leary 1994), la modelación morfológica de sistemas radicales tiene un nuevo impulso durante la década actual. Como ejemplos se pueden citar el programa ROOTMAP que provee una descripción topológica tridimensional del crecimiento de sistemas radicales, habiéndose verificado sus grandes potencialidades para investigar los efectos de diferentes geometrías de raíces sobre parámetros como la densidad de raíces en longitud y el número de intercepciones de raíces en un plano de suelo horizontal o vertical, los cuales se podrían obtener cavando trincheras (Bengough, Mackenzie y Diggle 1992). Este programa también permite investigar las relaciones de la raíz con el ambiente edáfico, como diferentes niveles de resistencia a la penetración (Tsegaye, Mullins y Diggle 1995).

Otra corriente de investigaciones trata de encontrar ciertos patrones fundamentales de crecimiento, como el trabajo de Newson, Parker y Barlow (1993), quienes lanzan la hipótesis de que la distribución de distancias entre raíces hijas (las raíces de segundo orden se conocen como "hijas" con respecto a las raíces de primer orden) podría ser multimodal y que las magnitudes de estas modas podrían ser múltiplos de alguna distancia fundamental que tendría una naturaleza de carácter hereditario, aunque las pruebas realizadas en *Licopersicum esculentum* **Miller** todavía no dieron resultados estadísticamente concluyentes.

Pages, Jordan y Picard (1989) presentan un modelo arquitectónico que toma en cuenta la morfogénesis de la raíz del maíz, la evolución del patrón simulado se logra en tres pasos: la emisión de nuevas raíces primarias del vástago, la etapa de crecimiento o aumento en longitud y espesor y la ramificación de las raíces.

Jourdan, Rey y Guedon (1995) modelaron el proceso de ramificación de una raíz de *Elaeis guineensis* Jacq. aplicando un proceso estocástico definido por una cadena de Markov, como un primer paso para la elaboración de un modelo estocástico de la arquitectura del sistema radical de la palma aceitera; este enfoque parece ser correcto, debido a que la concentración de raíces en un determinado sitio responde más a la presencia o ausencia de raíces leñosas de primer y segundo órdenes que a una distancia determinada del tronco del árbol. Las cadenas de Markov incorporan esto a través de unas probabilidades de transición que indican la posibilidad que tiene una raíz de ramificarse o no. Si se ramifica y el espacio que explora la raíz hija probablemente contendrá una mayor cantidad de raíces finas que los espacios que carecen de raíces hijas, aún si la distancia a la base del tronco es la misma

Pages y Pellerin (1996) observaron que mapas de distribución vertical de raíces simulados siguen aproximadamente los mismos patrones que mapas reales de raíces de maíz. Por su parte, Shibusawa (1994) desarrolla un modelo de crecimiento de la raíz de maíz, extendiendo la técnica de los algoritmos "L-systems" (los cuales transforman patrones complicados en patrones de regularidad establecida y por lo tanto, simples), a sistemas radicales e incorporando el efecto de ciertos patrones de anisotropía en fractales 1[1] como resultado de diferentes niveles de densidad aparente del suelo; con ello logra un modelo sofisticado que simula muy bien la arquitectura radical.

También existen algunos esfuerzos por combinar el enfoque morfológico con el fisiológico; el programa SimRoot es un sistema tetra-dimensional (espacio y tiempo) de estructura de datos y visualización que simula el crecimiento de la raíz en base a parámetros morfológicos y fisiológicos de la raíz [(Nielsen *et al. (1994)*].

Aplicaciones de la computadora en estudios de raíces

El software existente para estudios de raíces puede ser clasificado en dos tipos: (a) los que permiten modelar y simular la arquitectura y crecimiento de raíces, como por ejemplo el SARAH (Pages y Aries 1988), el ROOTMAP (Diggle 1988), el SimRoot mencionado antes, etc. (b) El software para el análisis de muestras de raíces finas.

En este último grupo figuran dos representantes importantes durante los últimos años; el Delta-T Scan y el WinRhizoMacRhizo.

El Delta-T Scan es un software especializado en el análisis de imágenes digitalizadas que son capturadas del mundo real mediante scanners o videocámaras. Las imágenes son obtenidas en formato "raster" (cuadrícula) y son almacenadas en archivos tipo *.BMP, *.TIF, o *.PCX. Las salidas de este programa son: longitudes, distribución de diámetros, distribución de tamaños, áreas y perímetros de los objetos analizados (Delta-T Scan 1993).

El WinRhizo/MacRhizo incorpora además de las medidas de longitudes, diámetros perímetros y áreas, el análisis topológico de raíces centrado en el análisis de las ramificaciones y el análisis de la arquitectura de raíces por el método de fractales.

Tanto el Delta-T Scan como el WinRhizo/MacRhizo permiten la adquisición de imágenes a través de scanners. Estos equipos pueden adaptarse para estas investigaciones a través de bandejas de cristal que se colocan sobre el scanner para obtener imágenes que pueden ser luego procesadas por el computador.

[1] La anisotropía en fractales es algo así como deformaciones o escalamientos diferenciados de los Fractales. En términos formales, anisotropía es la dirección preferida o la dirección de mayor o menor continuidad entre dos datos puntuales. Por ejemplo, si se dibuja un plano en que la escala de ambos ejes es igual (nx=ny), el plano es isotrópico. Si en este mismo plano se coloca un factor de escalamiento a alguno de los ejes, digamos que nx=2ny, entonces ya existe un efecto anisotrópico, con un radio de anisotropía de 1: 2.

A menudo no se tiene acceso a este software especializado, pero si es posible acceder al software que se utiliza para el manejo de sistemas de información geográfica (SIG), es posible explotar las potencialidades de este software para el estudio de raíces. Por ejemplo, si se tiene acceso al IDRISI (software para SIG), se pueden diseñar procedimientos para importar las imágenes obtenidas por el scanner con la ventaja de que estas imágenes pueden ser "filtradas" del ruido a través del comando RECLASS. Una vez reclasificadas las imágenes, se puede emplear el método de interceptos, como hace el Delta T Scan o realizar una medición directa de la imagen, como hace WinRhizo/MacRhizo, notar que la diferencia entre ambos procedimientos es que para el método de interceptos, se requiere disponer las raíces que serán escaneadas de manera aleatoria dentro de la bandeja, mientras que para la medición directa esto no es necesario.

Si se utiliza el método de las intercepciones, el comando OVERLAY de IDRISI permite obtener la imagen de las intercepciones, mientras que el comando HISTO calcula rápidamente el número de intercepciones , aunque también es posible almacenar las imágenes en un formato ASCII y luego realizar el análisis a través de algún lenguaje de programación. Por ejemplo, la siguiente subrutina escrita en QBASIC (lenguaje standard del DOS) permite calcular la densidad de raíces en longitud a partir de una imagen ASCII, con una corrección para intercepciones horizontales.

```
REM CONTEO DE RAÍCES E N IMÁGENES ASCII
REM ARCHIVO TEST1.DAT ES IMAGEN PROCESADA POR IDRISI
I$ = "C;\TEST1.DAT'
OPEN I$ FOR INPUT AS #1
count = 0: MAR = O
DO WHILE NOT EOF(1)
INPUT #1, REG
IF REG=1 THEN
IF MAR = 0 THEN count = count + 1: MAR = 1
ELSE
IF MAR = 1 THEN MAR = O
END IF
LOOP
PRINT "El numero N es:          "; count
rld= count * 3.14159265359# * 12.7/4
PRINT "La densidad de raíces en longitud es: "; rld
```

Conclusiones

- Esta ponencia justifica la necesidad de realizar estudios de raíces en plantaciones forestales y bosques naturales en términos de identificar las relaciones de competencia de raíces por recursos del suelo y conocer los roles de las raíces en el ciclaje de nutrientes. Se espera que los resultados de estos estudios permitan sugerir mejoras en el diseño y manejo de plantaciones forestales y bosques naturales, fundamentalmente en lo que respecta a:

  - Definir distanciamientos idóneos para la plantación de especies forestales tropicales tanto en sistemas de monocultivo como en sistemas mixtos (policultivo) y/o sistemas agroforestales, de manera de evitar o reducir los efectos de competencia intra o interespecífica
  - Elaborar sistemas de abonamiento orgánico y mineral, en lo que respecta a plazos, dosis y formas de aplicación (distribución al voleo, al pie de los árboles, en gavetas, en dirección opuesta a la pendiente, etc.)
  - Establecer las relaciones de competencia por recursos del suelo (fundamentalmente, nutrientes y agua) entre las diferentes especies que coexisten dentro de los bosques naturales tropicales, para apoyar en la toma de decisiones respecto a su manejo.
  - Estimar la biomasa, ocupación del espacio subterráneo, aprovechamiento de recursos del suelo relaciones entre diversos tipos de suelo con las raíces y efecto de factores edáficos (pH, densidad aparente, presencia de horizontes compactados o impermeables, régimen hídrico, etc.) sobre el desarrollo y crecimiento de raíces, para conocer el papel de la parte subterránea de los bosques naturales tropicales en el ciclaje de nutrientes y justificar la necesidad de realizar un manejo adecuado.

- La clasificación práctica entre raíces finas y leñosas ha gobernado la investigación realizada sobre sistemas radicales durante los últimos años. No obstante, es necesario definir con criterios claros los límites entre raíces finas y leñosas, en lugar de seguir considerando a *priori* un diámetro de 1 ó 2 milímetros.

- El desarrollo metodológico para la investigación de raíces no sólo en el área forestal sino también en el ámbito agronómico, todavía no ha sido explorado completamente, existiendo grandes potencialidades para la creación de nuevos procedimientos en los niveles de diseño de esquemas de muestreo de raíces; desarrollo de equipos para la obtención de muestras en el campo; desarrollo de procedimientos para el lavado, separación y conservación de raíces y, por último para el desarrollo de métodos específicos para la adquisición, manejo y análisis de datos de campo.

- El aprovechamiento de las posibilidades que actualmente ofrecen los equipos de computación permitirían entre otras cosas:

  - Facilitar la adquisición de datos a través del interfase con el mundo natural que ofrecen los scanners adaptados para el efecto.

  - Desarrollar modelos arquitectónicos para especies en las que se tenga un interés especial, simular las interacciones entre raíces de diferentes especies, etc., con la finalidad de generar rápidamente información necesaria para el diseño de sistemas de manejo. Esto es

importante en el sentido de que para obtener la misma información, mediante experimentos o investigaciones de campo, se requiere una elevada cantidad de recursos humanos y materiales, además de que los plazos requeridos para obtener la información son más prolongados.

Haría posible ir saliendo de la abstracción matemática que suponen los métodos estadísticos tradicionales, para ingresar a aplicaciones geoestadísticas en el espacio bi y tridimensional.

Como resultado de lo anterior, se podría pensar, por ejemplo, en crear bases de datos georeferenciadas, o sistemas de información geográfica, para fines de manejo y monitoreo de la parte subterránea de los bosque naturales y plantaciones forestales.

Bibliografía

Anderson, J. M.; Ingram, J. S. I. (eds.) 1993. Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods. CAB International. 221 p.

Ball-Coelho, B.; Samplxo, E. V. S. B.; Tiessen, H.; Stewart, J. W. B. 1992. Root dynamics inplant andratoon crops of sugar cane. Plant and Soil 142: 297-305.

Bengough, A. G.; Mackenzie, C. J.; Diggle, A. J. 1992. Relations between root length densities and root intersections with horizontal and vertical planes using root growth modelling in 3-dimensions. Plant and Soil 14S: 245-252.

Benjamin, J. G.; Ahuja L. R., Allmaras, R.R. 1996. Modelling corn rooting patterns and their effects on water uptake and nitrate leaching. Plant and Soil 179: 223-232

Bohm, W. 1979. Methods of studying root systems. Springer-Verlag, Berlin. 188 p.

Bronshtein, I. N.; Semiandsev, K. A. 1986. Manual de matemáticas para ingenieros. Moskera, Nauka (en ruso). 544 p.

Bruner, W. E. 1927. Root development of vegetable crops. McOraw-Hill Book Co. New York, E.U.A 351 p.

Bucklan:D, S. T.; *et al.* 1993. A method for counting roots observed in minirhizotrons and their theoretical conversion to root length density. Plant and Soil 153: 1-9.

Burke, M. K; Raynal, D. J. 1994. Fine root growth phenology, production, and turnover in a northern hardwood forest ecosystem. Plant and Soil 162: 135-146.

Clausnitzer, V.; Hopmans, J. W. 1994. Simultaneous modeling of transient threedimensional root growth and soil water flow. Plant and Soil 164: 299-314.

Costes, E., *et al.* 1992. Stochastic modelling of apricot growth units and branching. Acta Horticultural 313: 89-98.

Coutts, M. P. 1983. Root architecture and tree stability. Plant and Soil 71: 171-188.1987. Developmental processes in tree root systems. Canadian Journal of Forest Research 17: 767.

Crabtree R. C.; Bernston, G. M. 1994. Root architectural responses of Betilla Zenta to spatially heterogeneous ammonium and nitrate. Plant and Soil 158: 129-134.

Cremer K. W. 1993. Taper and heartwood in roots and tree stability. Australian Forestry 56(1): 38-44.

Crown, P. H.; Juma, N. G. 1993. A color composite technique for detecting root dynamics of barley from minirhizotron images. Plant and Soil 157: 2?5-287.

Cuevas, E.; Medina, E. 19B8. Nutrient dynamics within Amazonian forests: Part II. Fine root growth, nutrient availability and litter decomposition. Oecologia 76: 222-235.

Dalton, F. N. 1995. In-situ root extent measurements by electrical capacitance methods. Plant and Soil 173: 157-165.

De Reffye, P.; Houllier, F.; Blaise F.; Barthelemy, D.; I)Auzat, J.; Auclair, D. 1995. A model simulating above- and belowground tree architecture with agroforestry applications. Agroforestry Systems 30: 175-197.

De Ruijter, F. J.; Veen, E. W., Van Oijen, M. 1996. A comparison of soil core sampling and minirhizotrons to quantify root development of field-grown potatoes. Plant and Soil 182: 301-312.

Deans, J. D. 1981. Dynamics of coarse root production in young plantation of Picea sitchensis. Forestry 54: 139-155.

Delta-T Scan 1993. User Manual. Delta-T Devices Ltd. Cambridge, UK. 246 p.

Dhyani, S. K.; Narain, P.; Singh, R. K. 1990. Studies on root distribution of five multipurpose tree species in Doon Valley, India Agroforestry Systems 12: 149-161.

Dierolf, T. S.; Arya, L. M.; Yost, R. S. 1989. Root distribution in an alley cropping system. In: Nitrogen Fixing Tree Research Reports (EUA). v. 7: 9-11.

Diggle, A. J. 1988. Rootmap-a model in three-dimensional coordinates of the growth and structure of fibrous root systems. Plant and Soil 105: 169-178.

Drew, M. C.; Saker, L. R. 1980. Assessment of a rapid method using soil cores, for estimating the amount and distribution of crop roots in the field. Plant and Soil 55: 297-305.

Ford, E. D. 1983. Modelling root structure and stability. Plant and Soil 71: 189- 195.

Gale, M. R.; Grigal, D. F. 1987. Vertical root distributions of northern tree species in relation to succesional status. Canadian Journal of Forest Research 17: 829-834.

Gerwitz, A.; Page, E. R. 1974. An empirical mathematical model to describe plant root systems. Journal of Applied Ecology 11: 773-7B1.

Gillespie, A. 1989. Modelling nutrient flux and interspecies root competition in agroforestry interplantings. Agroforetry Systems 8: 257-265.

Grant, R. F. 1993 (a). Simulation model of soil compaction and root growi. I. Model structure. Plant and Soil 150:

1-14.1993 (b). Simulation model of soil compaction and root growth. II. Model perfomance and lidation. Plant and Soil 150: 15-24.

Groenwold, J.; Vos, J. 1994. The Wageningen Rhizolab - a facility to study soil root-shoot-atmosphere interactions in crops. Plant and Soil 161: 289-298.

Grzebisz, W.; Floris, J.; Noordwuk, M. van 1989. Loss of dry matter and cell contents from fibrous roots of sugar beet due to sampling, storage and washing. Plant and Soil 113: 53-57.

Heeramans D. A.; Juma, N. G. 1993. A comparison of minirhizotron, core and monolith methods for quantifying barley (Sordeum vulgare L.) and fababean root distribution. Plant and Soil 148: 29-41.

Huck, M. G. 1983. Root distribution growth, and activity with reference to agroforestry. In: Consultative MeetinB Plant Research and Agroforestry Proceedings. ICRAF, Nairobi, Kema p. 527-542.

Hughes, K. A.; Gandar, P. W. 1993. Length densities, occupancies and weights of apple root systems. Plant and Soil 148: 211-221.

Jourdan, C.; Rey, H.; Guedon, Y. 1995. Architectural analysis and modelling of the branching process ofthe young oil-palm root system. Plant and Soil 177: 63-72.

Kockes M.; Schmid, H.; Spiess, A. 1995. A comparison offour methods for measuring roots of field crops in three contrasting soils. Plant and Soil 172: 63-71.

Kumar, K.; Prihar, S. S.; Gajri, P. R. 1993. Determination of root distribution of wheat by auger sampling. Plant and Soil 149: 245-253.

Lauenroth, W. K.; Huni, H. W.; Swift, 1. M.; Singh, J. S. 1986. Reply to Vogt *et al.* Ecology 67: 580-582.

Lorimer, N. D.; Haight, R. G.; Leary, R. A. 1994. The fractal forest: fractal geometly and applications in forest science. General Technical Report NC-170. North Central Forest Experimental Station, Forest Senoice, USDA. 43 p.

Majdi, H.; Smucker, A. J. M.; Persson, H. 1992. A comparison between minirhizotron and monolith sampling methods for measuring root growth of maize (Zea mays L.). Plant and Soil 147: 127-134.

Milchunas, D. G.; Lee, C. A.; Lauenroth, W. K.; Cofe; E, D. P. 1992. A comparison of 14 C, E8Rb, and total excavation for determination of root distributions of individual plants. Plant and Soil 144: 125-132.

Newson, R. B.; Parker, J. S.; Barlow, P. W. 1993. Are lateral roots of tomato spaced by multiples of a fundamental distance? Annals of Botany 71: 549-557.

Nielsen, K. L.; Lynch, J. P.; Jablokow, A. G.; Curtis, P. S. 1994. Carbon cost of root systems: an architectural approach. Plant and Soil 165: 161-169.

Oyanagi, A. 1994. Gravitropic response growth angle and vertical distribution of roots of wheat. Plant and Soil 165: 323-326.

Pages, L.; Aries, F. 1988. Sarah: Modele de simulation de la croissance, du developpement et de l'architecture des systemes racinaires. Agronomie 8: 889-896.

Pellerin, S. 1994. Evaluation of parameters describing the root system architecture of field grown maize plants (Zea mays L.) II. Density, length, and branching of first-order lateral roots. Plant and Soil 164: 169-176.

Pet.T.F.Rin, S.; Pages, L. 1994. Evaluation of parameters describing the root system architecture of field grown maize plants (Zea mays L.). I. Elongation of seminal and nodal roots and extension oftheir branched zone. Plant and Soil 164: 155-167.

Publicover, D. A.; Vogt, K. A. 1993. A comparison of methods for estimating forest fine root production with respect to sources of error. Canadian Journal of Forest Research 23: 1179-1186.

Puri, D. N.; Naran, P. 1996. Biomass production and rooting behaviour of EacaZyptsrerericornis Sm. on deep soils and riverbed bouldery lands of Doon Valley, Indian Forester 128-136.

Purnomosii Hi, P. 1995. Root architecture in relation to tree-soil-crop interactions and shoot pruning in agroforestry. Agroforestry Systems 30: 161-173.

Ruhigwa, B. A.; Gichuru, M. P.; Mambani, B.; Tariah, N. M. 1992. Root distribution of Acfoa harterf, Alchornea cordffolfa, Cassia sfamea and Gmelina arborea in an acid ultisol. Agroforestly Systems 19: 67-78.

Russell, R. S. 1977. Plant root systems: their function and interaction with the soil. McGrawHill Book Co. (UK). 29B p.

Samson, K. B.; Sinclair, T. R. 1994. Soil core and minirhizotron comparison for the determination of root length density. Plant and Soil 161: 225-232.

Saninju, U. M.; Good, R. E. 1993. Vertical root distribution in relation to soil properties in New Jersey Pinelands forests. Plant and Soil 150: 87-97.

Santantonio, D. 1990. Modelling growth and production of tree roots. In: Dixon, R. K.; Meldahl, R. S.; Ruah, G. A.; Warren, W. G. (eds.) Process modeling of forest growth responses to environmental stress. p 124-141.

Schroth, G. 1995. Tree root characterisitics as criteria for species selection and systems design in agroforestry. Agro- forestry Systems .

Schuurman, J. J.; Goedewaagen, M. A. J. 1965. Methods for the examination of root systems and roots. Second edition. Pudoc. Wageningen. The Netherlands. 86 p.

Shibusawa, S. 1994. Modelling the branching growth fractal pattern of the maize root system. Plant and Soil 165: 339-347.

Smit, A. L.; Sprangers, J. F. C. M.; Sablik, P. W.; Groenwold, J. 1994. Automated measurement of root lengi with a three-dimensional high-resolution scanner and image analysis. Plant and Soil 158: 145-149.

Spek, L. Y.; Van Noordwijk, M. 1994. Proximal root diameters as predictors of total root system size for fractal branching models. II. Numerical model. Plant and Soil 164: 119128.

Spek, L.; De Willigen, P. 1994. Proximal root diameter as predictor of total root size for fractal branching models. I. Theory. Plant and Soil 164: 107-117.

Stokes, A.; Ball, J.; Fitier, A.H.; Brain, P.; Couits, M. P. 1996. An experimental investigation of the resistance of model root systems to uprooting. Annals of botany 78: 415-421.

Tatsumi, J.; Yamauchi, A.; Kono, Y. 1989. Fractal analysis of plant root systems. Annals of Botany 64: 499-503.

Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. Journal of Ecology 63: 995-1001.

Toky, O. P.; Bisht, R. P. 1992. Observations on the rooting patterns of some agroforestty trees in an arid region of north-west India Agroforestry Systems 18: 245-263.

Tsegaye, T.; Mullins, C. E.; Diggle, A. J. 1995. An experimental procedure for obtaining input parameters for the "ROOTMAP" root simulation program for peas . Plant and Soil 172: 1-16.

Van Noordwijk, M.; Floris. J.; De Jager A. 1985. Sampling schemes for stimating root density in cropped fields. Netherlands Journal of Agicultural Science 33: 241-262.

Vogt, K A.; Grer, G. C.; Gower, S. T.; Sprugel, D. G.; Vogt D. J. 1986. Overestimation of net root production: a real or imaginary problem. Ecology 67: 577-579.

Weaver, J. E. 1919. The ecological relations of roots. Publ. No. 286, Carnegie Institution of Washington.1926. Root development of field crops. McGraw-Hill Book Co. New York, E.U.A. 2glp.

Wilhelm, W. W., Mielke, L. N.; Fenster, C. R. 1982. Root development of winter wheat as related to tillage practice in Western Nebraska A8ronomy Journal 74: 85-88.

Wullschleger, S. D.; Lynch, J. P.; Berntson, G. M. 1994. Modeling the belowground response of plants and 80il biota to edaphic and climatic change-What can we expect to gain? Plant and Soil 165: 149-160.

La Fauna Silvestre y sus Recursos: ¿Qué Sabemos y Cómo Podemos Aplicarlo al Manejo Sostenible de Bosque en Bolivia?

Damián Rumiz; Lilian Painter; Robert Wallace; Daniel Guinart; José Carlos Herrera

Resumen

En esta presentación se resumen algunos resultados de investigaciones locales sobre vertebrados mayores del bosque de tierras bajas de Bolivia, y basándose en estos ejemplos y en principios ecológicos, se sugieren medidas que pueden aplicarse al manejo de bosques para reducir sus impactos negativos sobre la biodiversidad. Aunque el énfasis de estos estudios y recomendaciones está puesto en mamíferos frugívoros y otros vertebrados mayores, se asume que el éxito de la conservación de estas especies en los bosques manejados aseguraría el mantenimiento de un número mucho mayor de especies menores (Soulé y Simberloff 1986). Muchísimas especies de vertebrados pequeños, invertebrados y microorganismos no podrían ser foco de atención individual por limitaciones logísticas o porque aún ni las conocemos.

En general, los mamíferos son más propensos a extinguirse cuando mayor es su tamaño (Robinson y Redford 1989), efecto que se hace más evidente en ecosistemas modificados o fragmentados, ya sea por disminución en la disponibilidad de alimentos, de espacio para mantener poblaciones viables, o por que son objeto de cacería. La mayoría de ellos, debido a su tamaño y capacidad de desplazamiento, tiene importantes roles en la ecología del bosque a través de la dispersión de semillas que aseguran la regeneración, la predación de semillas y la herbivoría que mantienen la diversidad vegetal, y la depredación de herbívoros por carnívoros que mantiene cierto equilibrio en todos estos procesos (Terborgh 1988). La interacción entre los carnívoros grandes (jaguar, puma) que se comen a los predadores de semillas grandes (chanchos, jochis), los carnívoros medianos (gatos, aves rapaces) que lo hacen con los predadores de semillas pequeñas (ratas, perdices), y la competencia entre los árboles de semillas grandes y pequeñas, son ejemplos de procesos que si son mantenidos, favorecen la diversidad de los bosques tropicales (Terborgh 1992).

Las estrategias propuestas mundialmente para conservar la diversidad biológica en bosques de producción se basan principalmente en la reducción del impacto de las operaciones, en el establecimiento de reservas para proteger ecosistemas, y en la designación de refugios dentro de áreas de aprovechamiento (Blockhus et al. 1995, Sayer et al. 1995). En el caso concreto de Bolivia, presentamos algunas opciones acordes a esta estrategia, modificadas de acuerdo a la realidad del país y los resultados de investigaciones locales.

Area de estudio

Los datos sobre fauna silvestre utilizados provienen principalmente de tres sitios de estudio de BOLFOR, en la Chiquitanía y en el Bajo Paraguá, del Departamento de Santa Cruz. En los tres sitios principales se condujeron relevamientos de vegetación, mamíferos, aves y reptiles, y se examinaron las principales actividades productivas que podrían tener impacto negativo en la vida silvestre. También se realizaron relevamientos rápidos de fauna en otras concesiones forestales de la misma región. A continuación se describen las características más importantes de cada sitio.

Proyecto de Manejo Forestal Sostenible, BOLFOR
Prolongación Beni 149 Santa Cruz, Bolivia
Dirección: Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
Email: bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

El territorio comunal de Lomerío se extiende por unas 300.000 has de la Provincia Ñuflo de Chávez, presenta un relieve ondulado característico del escudo precámbrico, y recibe unos 1100 mm anuales de precipitación concentrados en los meses del verano austral. El invierno es seco y presenta esporádicos "sures" en los que la temperatura puede bajar de 10°C. La cobertura vegetal es un mosaico de bosque semideciduo, bosque ribereño, sabanas arboladas, humedales, afloramientos rocosos con vegetación saxícola y cultivos de subsistencia. Las 25 o más comunidades allí asentadas (unas 5000 personas) subsisten de la agricultura, recolección de productos del bosque, cacería, pesca, ganadería y venta de mano de obra. La extracción forestal realizada comunitariamente subsidia a la organización intercomunal y financia obras de interés común. Cazadores locales interesados intervienen en los estudios de fauna y colaboran con datos provenientes de los animales cazados para consumo.

La concesión empresarial de Oquiriquia, de unas 312.000 has, está ubicada en la Provincia Velasco a unos 200 km al norte de Lomerío, presenta un relieve con menos colinas, y comparte un clima similar pero algo más húmedo (1.300 mm de lluvia anual). El bosque es semisiempreverde, con creciente proporción de especies deciduas en terrenos altos y rocosos. Hay franjas de bosque ribereño estacionalmente inundables, que limitan las actividades forestales a los ocho meses más secos del año. No hay habitantes permanentes en el área, pero durante las operaciones forestales se instalan varios campamentos madereros y se practica una intensa cacería para consumo y comercio. Otras concesiones de la región que fueron estudiadas menos intensamente comparten estas características.

El tercer sitio, llamado Lago Caimán, está situado en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado a orillas de un meandro del río Iténez cerca de la frontera con Brasil. Es uno de los pocos sitios que no ha sufrido explotación maderera ni está sujeto a presión de cacería. Es algo más húmedo que los anteriores sitios, y presenta varios hábitats que se extienden desde el bosque inundadizo de Igapó, pasando por bosque de tierra firme, de pie de monte, y llegando a la sabana y afloramientos rocosos encima de la meseta de Huanchaca (600 m s.n.m.). En este sitio se realizaron estudios intensivos de la ecología, comportamiento, y recursos clave para marimonos (*Ateles chamek*), chanchos de tropa (*Tayassu pecari*), y otros mamíferos del bosque. Estos estudios tienen como objetivo simular el impacto de la extracción de diferentes especies arbóreas en la disponibilidad de alimento para frugívoros.

Fauna amenazada e impactos directos de actividades en el bosque

Los relevamientos de diversidad de vertebrados mayores en varios sitios de estudio del norte de Santa Cruz muestran una considerable proporción de especies que están mencionadas en categorías de conservación en el Libro Rojo de los Vertebrados de Bolivia (Ergueta y Morales 1996). Dichas categorías varían entre "en peligro", "vulnerable", "rara", "indeterminada", "insuficientemente conocida" y "comercialmente amenazada" según la clasificación de la UICN de 1990, y otras según variantes posteriores (Ribera 1996). El número de especies amenazadas en cada sitio (Tabla 1) depende en parte de la extensión del sitio considerado, su diversidad de hábitats y la profundidad de los relevamientos (Rumiz *et al.* en prep., Painter *et al.* en prep.). Especies "en peligro" como londra (*Pteronura brasiliensis*) y caimán negro (*Melanosuchus niger*), o "vulnerables" como jaguar (*Panthera onca*) y lobito de río (*Lutra longicaudis*) fueron intensamente perseguidos durante el auge del comercio de cueros; mientras que otras ahora vulnerables o en peligro como parabas (gen *Ara,*) y monos eran buscados como mascotas o para el mercado de animales de laboratorio (Ribera 1996). Actualmente estos mercados internacionales han disminuido y las poblaciones de estas especies, aunque aún escasas, parecen recuperarse en áreas remotas.

Sin embargo, y a pesar de la prohibición expresa en la ley, una intensa cacería se registra asociada a actividades extractivas en áreas de bosque (madera, palmito, castaña, minería) y que sustenta la provisión de carne y el comercio local de mascotas. Resultados de visitas a campamentos forestales en áreas del este de Santa Cruz y un estudio de monitoreo de actividades de los buscadores de madera en una concesión en el Bajo Paraguá (Solar 1996) demuestran la frecuencia de la cacería durante las operaciones forestales (Tabla 2).

La disminución poblacional y extinción local de especies sujetas a cacería excesiva es un fenómeno conocido para muchos bosques tropicales (e.g. Glanz 1991, Silva y Strahl 1991). La abundancia relativa de algunas especies en

Tabla 1: Número de especies con estatus de conservación en sitios del norte de Santa Cruz

	Bolivia Oriental[1]	Reserva Ríos Beni y Negro[2]	Concesión Nueva Esperanza	Concesión San Miguel[3]	Concesión Lago Rey[3]	Concesión CIMAL[3]	Concesión Tarumá[3]
Mamíferos	52	23	15	14	15	9	22
Aves	22	6	2	2	12	0	6
Reptiles	14	9	1	2	2	1	7

1 Ergueta y Morales 1996; 2 FAN-WCS 1994; 3 Rumiz y Herrera en prep.

sitios de Santa Cruz que han sufrido cacería por largo tiempo como Lomerío es menor que en sitios sólo accesibles recientemente, como Oquiriquia (Rumiz *et al.* en prep.). Además, los niveles de cosecha estimados para la cacería ejercida por empleados madereros en Oquiriquia no parecen sostenibles para varias especies y probablemente las llevarían a desaparecer (Townsend *et al.* en prep.). Claramente, especies muy apetecidas por su carne como antas (*Tapirus terrestris*), huasos (*Mazama americana*) y mutunes (*Mitu tuberosa*), han desaparecido cerca de aserraderos y campamentos en gran parte de Bolivia. Aparte de las especies típicamente buscadas para carne, otras más raras que también son abatidas esporádicamente pueden ser extinguidas por la cacería. Es el caso de especialistas de lento crecimiento, vulnerables o en peligro, como el pejichi (*Priodontes maximus*), el oso bandera (*Myrmecophaga tridactyla*), y las aves rapaces grandes (*Harpia harpyja, Harpyhaliactus coronatus, Morphnus guianensis*). La captura de mascotas como las parabas (gen. *Ara*), otros loros y crías de monos (e.g. *Ateles chamek*) es también una práctica común pero que a menudo es subestimada en su magnitud debido a la corta supervivencia de estos individuos en cautiverio. No obstante, el impacto negativo de esta actividad es mucho mayor que el que aparenta por que la captura implica generalmente la muerte de hembras reproductivas de los monos y la destrucción de nidos en las aves.

Impactos sobre recursos para la fauna

Poco se sabe con respecto a los recursos alimen-ticios que requiere cada especie animal del bosque, pero estudios en progreso ilustran sobre la diversidad de plantas consumidas y la importancia de algunas de ellas. Los marimonos, frugívoros especialistas que desaparecen en bosques muy modificados o sujetos a cacería, usan al menos 91 especies de plantas a lo largo del año en Lago Caimán, de las que consumen principalmente frutos, aunque también hojas nuevas, flores y otros (Wallace en prep.). Ungulados como chanchos de monte, huaso y anta consumen al menos 77 especies vegetales en el mencionado sitio (Painter en prep.). En Lomerío, conocimientos locales y examinación de estómagos y heces identifican 62 especies de plantas cuyos frutos, flores o brotes son consumidos por unas 16 especies de vertebrados importantes en la cacería de subsistencia (Aguape 1997, Guinart 1997). De estos estudios surgen especies o géneros de plantas particularmente importantes para frugívoros como las palmeras (motacú *Attalea phalerata*, asaí *Euterpe precatoria*, chonta *Astrocaryum sp.*, totaí *Acrocomia aculeata*, etc.) los bibosis o higuerones (gen. *Ficus*), y otros árboles (gen. *Spondias, Hymenaea, Brosimum*, etc.) (Wallace & Painter, 1997). Varias de estas especies califican como "recursos clave" según el concepto de Terborgh (1986) en otras selvas neotropicales ya que son de las pocas disponibles en períodos de escasez de otros alimentos y entonces constituyen la clave para la supervivencia de muchos frugívoros. Hasta tanto no se cuente con datos específicos acerca de la dependencia de poblaciones de frugívoros sobre la producción de frutos de estas especies, deberían tomarse medidas precautorias sobre su explotación como recursos maderables o no maderables.

Otro recurso utilizado por especies de mamíferos y aves para suplir sus requerimientos minerales son los sedimentos del suelo en sitios comúnmente conocidos como salitrales o lamederos. Estos sitios húmedos, a menudo encharcados, muestran huellas de frecuente visita de ungulados, carnívoros, edentados, roedores, crácidos, y palomas; mientras que barrancas poco accesibles son sitios de reunión de loros y parabas. Los conocedores locales y los relevamientos rápidos de fauna aprovechan estos hábitats críticos para encontrar animales. El manejo debe minimizar los disturbios en estos sitios.

Vinculado a la disponibilidad de recursos, los patrones de uso del espacio por algunos mamíferos en los bosques estacionales de Santa Cruz muestran que éstos necesitan desplazarse por distintos tipos de hábitats para sobrevivir a lo largo del año (Wallace y Painter, 1996). Una comunidad de marimonos en Lago Caimán utilizó en el año un área total de al menos 250 has incluyendo bosque inundado, bosque alto de tierra firme, bosque bajo con lianas, bosque de pie de serranía e incluso los afloramientos rocosos de los farallones; pero durante cuatro meses del verano, los monos usaron exclusivamente el bosque de pie de serranía donde dos especies (blanquillo, *Ampelocera ruizi*, y luego azucaró, *Spondias mombin*) fructificaron sucesivamente (Wallace, en prep.). Una comparación de la densidad de primates en diversos sitios del norte de Santa Cruz mostró una mayor abundancia en sitios que tenían un mosaico de distintos tipos de bosque adyacentes (desde hábitats ribereños hasta serranías) (Wallace *et al.* en prep., Sainz, 1997). Otras observaciones en áreas con marcada estacionalidad demuestran la importancia de fuentes de agua permanente, refugio y alimento alrededor de curichis, ríos y arroyos (Aguape, 1997).

Reducción de impactos durante el manejo

Cacería y otros impactos directos a la fauna amenazada

Sin duda, la supresión de la cacería en zonas de manejo forestal sería la reducción de impacto que tendría mayor efecto positivo e inmediato sobre la fauna. Esta medida está respaldada por la legislación vigente y en la mayoría de las situaciones necesitaría sólo de la aplicación de medidas de fiscalización y control. Ejemplo de estas medidas sería la inspección de campamentos, aserraderos, y transportes de madera en carreteras buscando animales vivos, desperdicios, carne, cueros y otros productos de la fauna. Otros elementos a considerar en la fiscalización de operaciones de campo lo constituyen el suministro de carne doméstica al personal, la presencia de armas largas y la frecuencia de cartuchos encontrados en el campo.

Tabla 2: Registros de uso de fauna en campamentos forestales

Fuente	Nombre Vulgar	Nombre Científico	Estatus UICN, LRB[1]	IND. Para Carne, etc	IND. Para Mascotas
UNA VISITA A 10 CAMP. EN LA CHIQUITANÍA	Anta	*Tapirus terrestris*	V,CT	2	
	Huaso	*Mazama americana*	CT	4	
	Jochi pintado	*Agouti paca*	CT	1	
	Paviche	*Mitu tuberosa*	CT	1	
	Peta amarilla	*Geochelone sp.*	V,K	7	
	Taitetú	*Tayassu tajacu*	V,CT	2	1
	Tatú	*Dasypus sp.*	K	1	
	Tigrecillo	*Felis pardalis*	V	1	
UNA VISITA A 10 CAMP. EN EL BAJO PARAGUÁ	Anta	*Tapirus terrestris*	V,CT	4	
	Anaconda	*Eunectes murinus*	K	1	
	Cotorras	*Aratinga sp.*			1
	Crácidos	*Mitu tuberosa*	CT	2	
	Marimono	*Ateles paniscus*	V		1
	Pecari	*Tayassu pecari*	V,CT	4	
	Pejichi	*Priodontes maximus*	V	2	
	Parabas	*Ara sp.*	E,V		2
	Tortugas	*Geochelone sp.*	V,K	3	
75 DÍAS DE MONITOREO A 9 CAMP. EN RIO S. MARTÍN (Solar 1996)	Tatús y Pejichis	*Edentados*	V	8	
	Monos	*Primates*	V	4	1
	Tejones, gatos	*Carnívoros*	V,R,I	2	
	Antas	*Perisodáctilos*	V,CT	10	
	Huaso, etc.	*Artiodáctilos*	CT	15	
	Jochis	*Roedores*	CT	6	
	Perdices	*Tinámidos*	V	huevos	1
	Patos	*Anátidos*	V	1	
	Pavas, paviches	*Crácidos*	CT	82	
	Loros, cotorras	*Psitácidos*	E,V		4
	Lagartos	*Crocodílidos*	E,CT	3	
	Tortugas	*Testudínidos*	V,K	4	

1 Estatus según UICN 1990 en Libro Rojo (Ergueta y Morales 1996) E: en peligro, V: vulnerable, R: rara, I: indeterminada, K: insuficientemente conocida, CT: comercialmente amenazada

Las contravenciones deben ser penalizadas de acuerdo a su gravedad y los gerentes de las operaciones forestales considerados responsables de lo que ocurre en su concesión o propiedad.

Será importante iniciar actividades de difusión y capacitación sobre los impactos de la cacería y la extracción forestal para los forestales responsables del manejo, el personal de campo de las empresas y los funcionarios de las oficinas de fiscalización. Algunas reglamentaciones incluidas en la nueva legislación, como la realización de censos de aprovechamiento anual, indirectamente disminuirán el efecto sobre la fauna ya que evitan las repetidas entradas al mismo sitio a buscar nuevas especies y disminuyen el tiempo y el área impactada por las actividades.

Las comunidades nativas que dependen de la cacería de subsistencia en áreas de manejo forestal deberán asumir medidas que minimicen el efecto negativo sobre las poblaciones silvestres que utilizan, desarrollando planes participativos de manejo de fauna. Medidas como el establecimiento de áreas para reserva sin cacería, la protección de especies críticamente amenazadas, el manejo del agua y el fuego para beneficio de la fauna, y la búsqueda de fuentes alternativas de proteínas son posibles paliativos que pueden implementarse en un plan de manejo de fauna.

Otras medidas puntuales importantes pueden tomarse con respecto a especies sensitivas que podrían ser dañadas por la extracción. Por ejemplo las águilas, las parabas y las londras pueden ser significativamente afectadas por la destrucción de nidos o cuevas y por otros disturbios que fácilmente podrían evitarse durante las operaciones forestales. La demarcación de áreas de nidificación colonial (garceros), nidos individuales de águilas, refugios de colonias de murciélagos, cuevas de londras u otros carnívoros, etc. debe incluirse en planes de aprovechamiento para reducir los impactos de la extracción.

Recursos importantes para la fauna

La reducción de impacto sobre los recursos importantes para la fauna durante el manejo puede enfocarse de dos maneras principales, una con respecto a la selección de especies e intensidades de corta de estos recursos, otra con respecto a la designación de reservas dentro de la concesión. La intensidad de extracción de las especies alimento que son explotadas comercialmente debería ser tal que no produjera pérdidas significativas de biodiversidad en el bosque. Primero, la continuidad del recurso forestal debe ser asegurada a largo plazo ya sea por la regeneración natural o por prácticas silviculturales que la favorezcan, y segundo, la disminución en la abundancia del recurso para la fauna no debería producir extinciones o disminuciones drásticas de las especies que lo utilizan. Los conocimientos acerca del impacto de la disminución de un recurso para quienes lo utilizan son escasos y es difícil demostrar este punto experimentalmente debido a la multitud de factores que pueden influir en los resultados. Sin embargo, algunos elementos de juicio para tomar decisiones sobre la corta de estas especies se hallan disponibles en los datos de los inventarios forestales. La diversidad y abundancia de especies arbóreas productoras de frutos y su regeneración natural puede ser analizada para identificar potenciales problemas de escasez de alimento luego de la extracción. Las recientes normas técnicas promulgadas incluyen el inventario de palmeras (junto con el de árboles potencialmente maderables) con el fin de evaluar los recursos para la fauna. Es necesario establecer registros de fenología y disponibilidad de frutos en distintos bosques, y comenzar estudios de impacto de la disminución de estas especies (Painter & Wallace, 1996). Los planes de manejo pueden incorporar estos resultados en la designación de reservas ecológicas, de manera que éstas tengan el mayor tamaño y diversidad de hábitats posible (Wallace & Painter, 1996). Las áreas críticas en épocas desfavorables, como las fuentes de agua y alimento durante la sequía, deben ser protegidas y controladas para que las operaciones no causen disturbios a la fauna.

Las medidas propuestas son, en teoría, fáciles de implementar; y aunque no estén sustentadas en resultados de experimentos rigurosos, el sentido común sugiere que tendrían consecuencias positivas para la fauna en los bosques manejados. Estudios más profundos y el monitoreo de cambios a largo plazo mejorarán el entendimiento de los impactos del manejo y servirán para sugerir nuevas medidas, más adecuadas para minimizar las pérdidas de biodiversidad. Sin embargo, la aplicación y el éxito de estas medidas depende principalmente de un cambio en la actitud de profesionales y empresarios del sector forestal con respecto al uso y conservación del bosque.

Bibliografía

Aguape R. 1997. Frutos del bosque ribereño como alimento para la fauna silvestre de Lomerío. Tesis de Licenciatura, Carrera de Biología, UAGRM, Santa Cruz.

Blockhus, J.M, M.Dillenbeck, J.A. Sayer y P. Wegge. 1995. Conservación de la diversidad biológica en los bosques tropicales bajo ordenación. UICN/OIMT, 271 pp.

Ergueta, P. y C. de Morales, 1996 (eds.) Libro rojo de los vertebrados de Bolivia. Centro de Datos para la Conservación, La Paz, 347 pp.

FAN-WCS 1994. Plan de manejo, Reserva de Vida Silvestre Ríos Blanco y Negro. Fundación Amigos de la Naturaleza, Wildlife Conservation Society, PL480. Santa Cruz, Bolivia.

Glanz, W.E. 1991. Mammalian densities at protected versus hunted sites in Central Panama. Pp. 163-173 en: J.G. Robinson y K.H. Redford (eds), Neotropical Wildlife Use and Conservation, University of Chicago Press, 520 pp.

Guinart D. 1997. Los mamíferos (no voladores) de Lomerío, y las interacciones humanas. Informe interno BOLFOR, 90 pp.

Painter R. L. E. En preparación. The role of neotropical ungulates in forest ecology. Doctoral dissertation, University of Liverpool, U. K..

Painter R.L.E., and R.B. Wallace 1996. A simulation model on the effects of selective logging on keystone resources. Ponencia presentada en el Simposio Efectos de la extracción forestal sobre la vida silvestre, WCS-BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

Painter, R.L.E., R.B.Wallace, and A.B.Taber. En preparación. Biogeographical variations in the large mammal communities of Northern Department Santa Cruz, Bolivia.

Ribera, M.O. 1996. Guía para la caracterización de vertebrados amenazados. Centro de Datos para la Conservación. La Paz, 105 pp.

Robinson, J.G. y K.H.Redford, 1989. Body size, diet, and population variation in neotropical forest mammal species: predictors of local extinctions? Pp. 567-594 en Advances in Neotropical Mammalogy (K.H. Redford y J.F.Eisenberg eds.), Sanhill Crane Press, Gainesville, Florida.

Rumiz, D.I., D.Guinart, L. Solar y J.C. Herrera. En preparación. Logging and hunting in community forests and corporate concessions: Two contrasting case studies in Bolivia.

Sainz. L. 1997. Censo de primates en un área de explotación forestal del Bajo Paraguá. Tesis de Licenciatura, Carrera de Biología, UAGRM, Santa Cruz, 114 pp.

Sayer, J.A., P.A. Zuidema y M.H. Rijks 1995. Managing for biodiversity in humid tropical forests. Ponencia presentada en el XXth. IUFRO World Congress, Finlandia.

Silva, J.L y S.D. Strhal, 1991. Human impact on populations of chachalacas, guans, and curassows (Galliformes: Cracidae) in Venezuela. Pp. 37-52 en: J.G. Robinson y K.H. Redford (eds), Neotropical Wildlife Use and Conservation, University of Chicago Press, 520 pp.

Solar, L. 1996. Aprovechamiento de la fauna silvestre y actividades de búsqueda maderera en el Bajo Paraguá, Santa Cruz, Bolivia. Tesis de Licenciatura, UAGRM, 92 pp.

Soulé M. y D. Simberloff 1986. What do genetics and ecology tell us about the design of nature reserves? Biological Conservation 35:19-40

Terborgh, J. 1986. The big things that run the world: a sequel to E.O. Wilson. Conservation Biology 2:402-403

Terborgh, J. 1992. Maintenance of diversity in tropical forests. Biotropica 24(2b): 283-292

Townsend W. R., D.I. Rumiz y L. Solar. En preparación. The impact on wildlife populations made by Logging Personnel in Bolivian tropical dry forests.

Wallace R. B. En preparación. The ecology and conservation of the black spider monkey (*Ateles chamek*) in northern Department Santa Cruz, Bolivia. Doctoral dissertation, University of Liverpool, U. K..

Wallace R.B., and Painter R.L.E. 1996. Frugivore seasonal habitat use, keystone resources and sustainable forest management. Ponencia presentada en el taller Efectos de la extracción forestal sobre la vida silvestre, WCS-BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

Wallace R. B., and Painter R. L. E. 1997. A Preliminary Report on the Research Conducted during 1995 - 1997 at the Lago Caiman Research Site, Parque Nacional Noel Kempff Mercado, Department Santa Cruz, Bolivia.

Wallace R.B., R.L.E. Painter, D.I. Rumiz, and A.B. Taber. En preparación. Primate diversity, distribution and relative abundances in the Reserva Vida Silvestre Rios Blanco y Negro, Department Santa Cruz, Bolivia.

Utilidad del Conocimiento Local para la Planificación del Manejo Forestal

Wendy Townsend

Resumen

Durante muchos años, los profesionales forestales latinoamericanos han dependido del conocimiento local para encontrar e identificar árboles valiosos; pero este conocimiento básico surgido de la memoria colectiva de las comunidades locales podría tener un papel básico en el manejo forestal sostenible. En esta ponencia, se demuestran algunos de los tipos y niveles de información que pueden obtenerse de informantes locales, los cuales podrían ser de gran utilidad para la planificación del manejo de bosques naturales. También se discuten las ventajas y limitaciones de la información recolectada de los habitantes locales.

La investigación sobre manejo forestal tropical es una tarea costosa y que requiere tiempo. La gran variación entre lugares hace necesario el uso de grandes tamaños de muestra para la descripción adecuada de los procesos forestales. La complejidad de los bosques tropicales hace que la determinación de tendencias sea particularmente difícil, requiriendo generalmente estudios de largo plazo, en lugares permanentes de estudio, lo cual implica un compromiso de investigación a largo plazo. Estas labores científicas son muy necesarias y deberán promoverse en lo posible. Sin embargo, cierta información forestal básica y localizada se puede obtener mediante el uso de métodos participativos con comunidades locales. Las líneas de base obtenidas a través de estos métodos pueden ser un excelente punto de partida para mayores investigaciones científicas, además de proporcionar instrumentos útiles para el manejo forestal, tales como mapas de zonas críticas e identificación de especies claves o ubicaciones que indiquen suelos delicados o uso frecuente por la fauna.

El primer paso para la persona encargada del manejo forestal es identificar y mapear las zonas de producción forestal. En Lomerío, donde el Proyecto BOLFOR colabora al proyecto forestal de la comunidad chiquitana, se comenzó trabajando con los cazadores de las comunidades locales, utilizando talleres participativos en los que el manejo de fauna silvestre se presentó como una opción y se desarrollaron varios instrumentos de manejo de fauna para su uso en el proceso de planificación del manejo comunitario de la fauna silvestre. Estos instrumentos incluyen: formularios en chiquitano para el autoregistro del uso, ciclos de fructificación y mapas de zonas de cacería. Estos, junto con otra información, serán la piedra fundamental para los planes de manejo forestal integrado.

Zonificación de Lomerío

Los habitantes locales sobreviven en base al conocimiento de su entorno; pues conocen el área y los lugares donde están ubicados los recursos. Suponiendo que exista un interés creado para que colaboren, éstos pueden proporcionar una gran variedad de información y ubicaciones detalladas de recursos específicos, además de la razón por la que un recurso se puede encontrar en una localidad dada.

CIDOB
Villa 1ro. de Mayo
477050 526919 477050
wendyt@wara.bolnet.bo
Santa Cruz, Bolivia

Dietas de la fauna silvestre

Durante el segundo taller realizado en Lomerío, los participantes describieron el ciclo de fructificación de las especies relacionadas con la fauna de la zona. En el Cuadro I (ver final de esta exposición) se presenta una lista de especies alimenticias para la fauna y su ciclo de fructificación, la cual es el resultado de la participación de cazadores en el taller. Los cazadores proporcionaron los nombres locales de las especies de plantas y éstos fueron posteriormente correlacionadas con los nombres científicos provenientes de otras fuentes. Los resultados incluyen la identificación de más de 60 especies de frutos y los meses del año en que se encuentran disponibles como fuente alimenticia para la fauna. Con esta información, las personas encargadas del manejo forestal integral podrán identificar los períodos de escasez de cada alimento y planificar en conformidad a éstos.

Indicadores de la presencia de fauna

Durante el taller realizado en Lomerío, los participantes dialogaron sobre la forma para saber dónde se encuentra la fauna en el bosque. Se solicitó que los participantes listen las especies de plantas u otros elementos, biológicos y no biológicos, que indican la presencia de fauna. Los indicadores listados por los participantes se encuentran en el Cuadro II (ver final de esta exposición). Se incluyen en la lista las especies que proveen agua durante la época seca (papa silvestre, pica pica). Los participantes también indicaron los elementos particularmente críticos para las especies de la fauna de Lomerío (Cuadro III, ver final de esta exposición), varios de los cuales están relacionados con la obtención de agua durante la época de sequía.

Detalles ecológicos

Los investigadores pueden obtener ocasionalmente detalles sobre la ecología básica de un área, mediante entrevistas completas a las personas con mayores conocimientos del lugar. Según experiencia de la autora en Colombia, se obtuvo información detallada de un informante Murui (Hiutoto) (Townsend 1985, 1995) sobre la historia natural de varias especies de la fauna silvestre, mediante lo que se denomina mitología. Las largas y detalladas descripciones de la ubicación y las relaciones planta-animal se aclararon al conectar los nombres científicos con los nombres de la "mitología" Murui. Lo que en realidad se desprende de esto es un relato del comportamiento de los pecaríes, sus alimentos, patrones de formación de rebaños y rutas de migración (datos sin publicar). Al comparar la información sobre la historia natural de los primates de la zona con la bibliografía sobre este tema, un 97% coincide, incluyendo géneros y especies de árboles productores de frutos (Townsend 1995).

Los pueblos indígenas también cuentan con mecanismos intrincados para la clasificación de su entorno. En efecto, generalmente el sistema local de clasificación es muy similar al concebido por Linneo, particularmente debido a que ambos sistemas se basan en observaciones morfológicas. Es en la parte donde la clasificación vernácula varía de la morfología observada, que la "cultura" toma control de la observación (Berlin 1995). Debido a que la capacidad de observación para clasificar elementos de grupo en el medio ambiente es la misma tanto para habitantes locales como para científicos, la utilidad del conocimiento de dichos elementos utilizados por los habitantes locales para describir su entorno es considerable. En Lomerío, los participantes del taller identificaron e indicaron listas no inclusivas de especies de los tipos de hábitat de su área (Townsend 1996). En el Departamento del Beni, Bolivia, los Sirionós indican los varios hábitats, diferenciando tipos de bosques, mediante las especies particulares de Heliconia que crecen en el sotobosque (Townsend 1995).

En la mayoría de los casos, se puede obtener información específica de la gente de la zona, si se traduce adecuadamente esta información. Por ejemplo, en Colombia, cuando se preguntó al informante Murui, Vicente Macuritofe, si se podían capturar ratas debajo de una planta que él había listado como uno de sus alimentos, éste respondió cuidadosamente indicando que en ciertas ocasiones las ratas se convertían en saltamontes. Y, en efecto, sólo se atraparon saltamontes en las trampas ubicadas debajo de dichas plantas. Sin embargo, a lo que Vicente en realidad se refería era la naturaleza cíclica de las poblaciones de estas dos especies en el bosque. Si la autora no hubiese hecho un esfuerzo para entender lo que el informante le trataba de decir, se podía haber pensado que éste carecía de conocimiento. Piland (1992) ha traducido el conocimiento de los Chimanes sobre los suelos de la zona y ha demostrado que este grupo étnico es muy explicito para describir sus suelos, derivando una clasificación la cual es, de varias formas, coherente con las descripciones científicas.

Generalmente se pueden obtener listas de especies de mamíferos y aves de los habitantes conocedores del área. Para alguna gente habitante del lugar, los insectos polinizadores productores de miel también son conocidos y generalmente se pueden identificar a nivel de sub-especies (Posey 1985, Montaño 1996). El trabajo de clasificación vernacular también puede indicar extensiones de áreas de distribución de ciertos peces, aves y mamíferos.

Limitaciones del conocimiento local

La información obtenida a través del conocimiento local es difícil de cuantificar. Por ejemplo, la información sobre patrones de uso de recursos es particularmente difícil de poner en un contexto exacto de tiempo o espacio, para obtener tasas de aprovechamiento de fauna. La información de entrevistas debe diseñarse adecuadamente para

que la información cuantificable sea válida. Probablemente no es posible obtener tasas de aprovechamiento de fauna de ninguna especie a través de reuniones participativas.

Existen muy pocas traducciones del conocimiento indígena al conocimiento científico, de modo que la obtención de información ecológica detallada requeriría una comprensión considerable de percepciones y expresiones locales. Es particularmente importante que estas "traducciones" integren las lecciones culturales con los nombres científicos, de forma que el conocimiento pueda ser validado. Esto es particularmente importante en el caso de los pueblos indígenas que deseen manejar sus bosques. El validar su visión cognoscitiva del bosque, a través de su percepción y con los debidos nombres científicos, es una tarea extremadamente importante.

En ciertos casos una de las principales limitaciones del uso de conocimientos locales sería la dificultad de mantener una relación participativa con la gente de la zona. Obviamente se trata de un problema mayor para las empresas dedicadas exclusivamente a la extracción, sin embargo esto no se puede considerar manejo de bosques naturales, sino más bien una actividad similar a la minería. Se supone que el profesional forestal moderno deberá enfocar sus actividades en la sostenibilidad e incluir la cooperación de los habitantes de la zona, especialmente en áreas que buscan la certificación.

Conclusión

Además de la valiosa información para la planificación del manejo forestal que se puede obtener a través de la cooperación local, las metas regionales de planificación deberían ser más realistas. Si la gente de la zona participa en la planificación de las áreas forestales, será más posible que siga las reglas y limitaciones que ha ayudado a elaborar. La verdadera participación de los habitantes del lugar en el proceso de planificación, garantiza una mayor operatividad de los planes de manejo.

Bibliografía

Berlin, B. 1992. Ethnobiological Classification: Principles of Categorization of Plants and Animals in Traditional Societies. Princeton Univ. Press. Princeton, N.J. 335 pp.

BOLFOR Technical Report #45/1996.

Montaño, C., M.E. 1996. La Explotación de Miel Silvestre y su Importancia en la Comunidad Indígena Sirionó de Ibiato, en el Beni, Bolivia. Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia.

Piland, R. 1991. Traditional Chimane Agriculture and its Relation to Soils of the Beni Biosphere Reserve, Bolivia. Tesis de Maestría, MALAS, University of Florida.

Posey, D.A. 1983. Folk Apiculture of the Kayapó Indians of Brazil. Biotropica 15(2): 154-158

Townsend, W.R. 1996. Nyao Ito: La Caza y Pesca de los Sirionós. Instituto de Ecología, La Paz, Bolivia. 136 pp.

Townsend, W.R. 1996. Participatory Wildlife Management Workshop in Lomerío, Bolivia.

Townsend, W.R. y V. Macuritofe. 1995. Cultural Teachings as an Ecological Database: Murui (Witoto) Knowledge about Primates. Latinamericanist 31 (1): 1-7.

Townsend, W.R., R. Nuñez y V. Macuritofe. 1985. Contribuciones a la Etnozoología de la Amazonía Colombiana: El Conocimiento Zoológico entre los Huitotos. Colombia Amazónica, 1(2): 37-74.

Cuadro I

Ciclo de Fructificación de las Especies Alimenticias para la Fauna Silvestre de Lomerío, Bolivia

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Notas
Achachairú	*Rheedia brasilensis*	x	x	x										
Aguaí	*Chrysophyllum gonocarpum* (b) *Pouteria* cf. *lucinifolia* (b)						x	x						
Alcornoque (flor)	*Tabebuia* sp. (b)							x	x					Pampa
Almendro	*Dipteryx alata*			x										
Ambaibo	*Cecropia* spp.			x	x									
Azucaró	*Spondias mombin*			x	x									
Azucaró de la pama	*Linociera* cf. *hassleriana*												x	
Bí	*Genipa americana*	x	x											
Bibosi chico	*Ficus* sp.	x	x	x	x									
Blanquillo			x	x										
Cabeza de mono	*Apeiba tibourbou*	x	x											Jochi, puerco espín, mono
Chichapí	*Celtis spinosa*	x												
Chirimoya de monte	*Rollinia hertzogii* *Duguetia guitarensis* (b)		x	x										
Coco	*Guazuma ulmiforlia*								x	x				
Conservilla	*Alibertia* sp.	x												Pampa

Fuente: Taller sobre Fauna Silvestre, Lomerío. "Plantas Útiles de Lomerío", ident. de Marisol Toledo, con la excepción de (b):archivos de datos del Programa de Fauna Silvestre

Cuadro I (continuación)
Ciclo de Fructificación de las Especies Alimenticias para la Fauna Silvestre de Lomerío, Bolivia

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Notas
Cusi	*Orbignya phalerata*												x	
Flor de tajibo (amarillo)	*Tabebuia* sp.												x	
Flor de toborochi	*Chorisia* sp.					x	x							
Gallito (flor)	*Pogonus tubulosus* *Erythrina dominguezii* (b)						x							
Garabatá	*Pseudoananas sagenarius* (b)			x	x									
Guapurú	*Myrciaria cauliflora*											x	x	
Guapomó	*Salacia eliptica*	x	x											
Guayaba	*Psidium guajaba*	x												
Guayabilla	*Psidium guineense*	x	x											Pampa
Güembé	*Philodendron undulatum*			x										
Isotoubo	*Sapindus saponaria*						x	x						
Jorori	*Sacoglottis mattogrosensis* (b)								x					Huaso, taitetú
Juno	*Pithecellobium scalare* (b)					x	x	x						
Limoncillo												x		
Macararú	*Caryocar brasiliensis* (b)						x	x	x					Pampa

Fuente: Taller sobre Fauna Silvestre, Lomerío. "Plantas Utiles de Lomerío", ident. de Marisol Toledo, con la excepción de (b):archivos de datos del Programa de Fauna Silvestre

Cuadro I (continuación)
Ciclo de Fructificación de las Especies Alimenticias para la Fauna Silvestre de Lomerío, Bolivia

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Notas
Lúcuma de monte	*Pouteria macrophylla*												x	
Machochose	*Hexachlamis* sp.					x	x							Pama, urina, taitetú
Maní de monte	*Sterculia* sp. *Pithecebellium corymbosy* (b)								x					
Maslillo							x							
Motacú	*Scheelea princeps*	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Todo el año, la comen todos los anim.
Motecillo				x	x									Pampa
Motoyoé	*Melicocca lepidopetala*										x	x		
Mururé	*Brosinum gaudichaudii, B.* spp. (b)										x	x		Pampa
Pabicillo		x	x											
Pachío de monte	*Passiflora cinncinata*						x	x						
Pacobillo	*Capparis prisca* *Dendropanax arboreus* (b)	x												
Pacay (1)	*Inga* spp.	x											x	
Pacay grande (2)	*Inga* spp.		x	x										
Pequí	*Pseudobombax marginatum*					x								Pampa

Fuente: Taller sobre Fauna Silvestre, Lomerío. "Plantas Utiles de Lomerío", ident. de Marisol Toledo, con la excepción de (b):archivos de datos del Programa de Fauna Silvestre

Cuadro I (continuación)
Ciclo de Fructificación de las Especies Alimenticias para la Fauna Silvestre de Lomerío, Bolivia

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Notas
Penoco	*Samanea saman* *Albizia saman* (b) *Pithecellobium saman* (b)						x	x	x					
Paquió	*Hymenaea courbaril*								x	x				
Pitajaia	*Selenicereus coccineus*												x	Urina
Pitón	*Trichilia anaequilatera* (b) *T. elegans* (b)	x	x											
Pitón	*Talasia esculenta*	x	x	x										
Pluma de piyo	*Strypnodendron* sp. (b)													Pampa, ramonillo, piyo
Ramo (frejol)	*Senna / Cassia ?*										x	x		
Sahuinto							x							
Sinini	*Annona* sp.	x	x											Pampa
Sirari	*Peltogyne* sp.								x	x				
Sumuqué	*Syagrus sancona*												x	
Tarumá	*Vitex cymosa*	x	x											
Toco	*Enterolobium contortisiliquum*								x	x				
Totaí	*Acrocomia aculeata*										x	x	x	Pampa y monte

Fuente: Taller sobre Fauna Silvestre, Lomerío. "Plantas Utiles de Lomerío", ident. de Marisol Toledo, con la excepción de (b):archivos de datos del Programa de Fauna Silvestre

Cuadro I (continuación)
Ciclo de Fructificación de las Especies Alimenticias para la Fauna Silvestre de Lomerío, Bolivia

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Notas
Tutumillo	*Magonia pubescens*					x	x							Pampa
Turere										x				Pampa
Bibosi mediano	*Ficus* sp.					x	x	x						
Bibosi grande	*Ficus* sp.						x							

Fuente: Taller sobre Fauna Silvestre, Lomerío. "Plantas Utiles de Lomerío", ident. de Marisol Toledo, con la excepción de (b):archivos de datos del Programa de Fauna Silvestre

Cuadro II
Elementos que Indican un Buen Hábitat para la Fauna Silvestre

- Retoño de guapasal
- Santa Lucía (*Commelina* sp.) alimento de *Tayassu tajacu*
- Papa silvestre (no indentificada)
- Sipoi de monte alto (no identificada)
- Pudrición de troncos caídos, especialmente motacú (*Attalea phalerata*), utilizados por: *Mazama guazoubira, Myrmecophaga tridactyla, Nasua nasua* y *Tapirus terrestris*
- Paquió (*Hymenea courbaril*), cuyas raíces son consumidas por los jochis (*Agouti paca* y *Dasyprocta fuliginosa*)
- Heliconiaceas (patujús consumidos por *Tayassu tajacu*)
- Patujucillo (más pequeño y de hoja ancha)
- Raíz de pica pica (*Urera* sp., contiene agua)
- Garabatá (Bromeliacea consumida por los troperos)
- Salitrales
- Sipoi de bejucos (no identificada)
- Achachairucitos (no identificadas, pero se encuentran en motacusales - *Attalea phalerata*)
- Areas bajas con muchos anélidos
- Guinda, palmera de curiche de sabana
- Areas cercanas a cultivos, ya que los chacos atraen a los animales.

Cuadro III
Areas de Gran Importancia para la Fauna de Lomerío, Bolivia

- Puquios
- Salitrales
- Pozas profundas en los ríos
- Motacusales (*Attalea phalerata*)
- Manchas de plantas que sirven como reservas de agua: sipoi (no identificada), pica pica (*Urera* sp.)

¿Será Sostenible la Producción Maderera en los Bosques de *Guandal*?: Distrito Forestal Satinga, Colombia

Jorge Ignacio del Valle Arango[1]

Resumen

En el documento se realiza el balance del volumen extraído durante diez años (1986-1995) a los humedales forestales turbosos (bosques de guandal) del Distrito Forestal de Satinga en el Pacífico Sur colombiano, cuya superficie es de 101.300 ha, con el crecimiento del volumen comercial de estos bosques. Los datos de producción de madera aserrada suministrados por el Estado se han transformado en volumen aprovechable en pie, para lo cual se obtuvo una tasa de conversión desde el árbol en pie hasta la madera aserrada del 25,9%. Se encontró que en los últimos diez años se han extraído 4'453.781 m^3, ó 4,397 m^3 $ha^{-1}a^{-1}$, en tanto que el crecimiento es de 3,0 m^3 $ha^{-1}a^{-1}$, ello condujo a una extracción anual de 141.430,6 m^3a^{-1} por encima de la posibilidad anual. De acuerdo con el inventario realizado hace once años el volumen en pie para árboles con dap ≥40 cm sólo alcanzaría 10,3 y 17,0 años a partir de 1996 si se tuviesen en cuenta las especies comerciales y todas las maderables, respectivamente. Ello de mantenerse las tasas promedias de extracción de los últimos diez años.

Introducción

La sostenibilidad de las producciones madereras en los bosques sólo será posible si la extracción real de madera que se le hace al bosque, al menos se compensa con el crecimiento de las especies comerciales remanentes. Empero, a pesar de lo simple del concepto, hasta el momento no se ha realizado una estimación seria de este tipo para ningún bosque o área boscosa natural de Colombia. Ello se debe a que se requiere información confiable sobre el aprovechamiento y la dinámica del bosque, así como acerca de su superficie, volumen, tipos de cobertura y grados de intervención entre la más relevante. Tal información por lo regular, o no existe, o las estadísticas requeridas son tan poco confiables que el ejercicio no pasa de ser una inútil quimera, llena de imprecisiones y de supuestos injustificados. Aunque no se pretende que para los bosques de *guandal* del Distrito Forestal de Satinga, en el litoral Pacífico Sur colombiano, abunde la información, existe lo mínimo para intentar acometer este balance con una razonable aproximación a la realidad.

En los bosques de *guandal* de este distrito se conjugan una serie de circunstancias que hacen posible cumplir con tal objetivo; son éstas las más importantes:

- Toda la producción de trozas se asierra en los cerca de treinta aserraderos de la sede del distrito, Bocas de Satinga: no hay aprovechamientos furtivos.
- Toda la madera aserrada se embarca en motonaves que la llevan al puerto de Buenaventura. Existe un adecuado control sobre este proceso.
- Los bosques de *guandal* son humedales forestales tropicales de muy baja diversidad florística; ello hace más fácil el acopio de la información requerida.

Palabras claves: Pacífico colombiano, humedales forestales, bosques de guandal, sostenibilidad, *Campnosperma panamensis*, *Otoba gracilipes*.

[1]Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Apdo. Aéreo 1779, Medellín, Colombia.
e mail: jidvalle@perseus.unalmed.edu.co

- Por la importante contribución que tienen estos bosques en la producción de maderas tropicales de Colombia, existe una mayor información sobre ellos.

La investigación aquí presentada intenta abocar este asunto valiéndose de información acopiada por el autor, por la Corporación Regional de Nariño (Corponariño) y por diversos autores citados en el documento.

Area del estudio

La investigación se realizó en el Distrito Forestal de Satinga, cuya sede, Bocas de Satinga, coincide con la cabecera del municipio Olaya Herrera, adscrito al departamento de Nariño en el litoral Pacífico colombiano (Figura 1). Bocas de Satinga se encuentra entre las coordenadas geográficas 2° 24' 22"21 N y 78°19'08"W a 5 metros de altitud. Su clima ecuatorial promedia 3.500 mm anuales de precipitación y 26°C de temperatura media anual (Del Valle, 1994).

El distrito cuenta con 101.300 ha de bosques de *guandal*, que representan el 72,3% del total de estos humedales forestales del departamento (Marac y Roche, 1987). Estos bosques se caracterizan por una baja diversidad de especies arbóreas, con amplio dominio, entre las maderables, del sajo (*Campnosperma panamensis*: Anacardiaceae) y del cuángare (*Otoba gracilipes*: Myristicaceae).

Métodos y materiales

Crecimiento del volumen comercial y total

Se obtuvo la información de crecimiento de 17 parcelas permanentes establecidas desde 1984 hasta 1993 medidas, generalmente, durante el primer trimestre de cada año hasta 1995. En la Tabla 1 se presenta un resumen de las principales características de las parcelas permanentes y en la Figura 1 su localización aproximada. Las parcelas El Esterón (1 hasta 3) corresponden a la misma área cuyo período de medición total de once años se fraccionó por cuanto entre 1985 y 1988 hubo un aprovechamiento que eliminó todos los árboles comerciales con dap≥ 40 cm.

A los árboles de todas las parcelas se les marcó el diámetro a la altura del pecho (dap), por lo regular a 1,3 m sobre el suelo, a no ser que hubiese bambas lo que implicó el desplazamiento hacia arriba del punto de medición hasta donde se estabilizaba el diámetro del fuste. Esta marca, generalmente, se hizo para el dap ≥ 10 cm; en la parcela Guabillales se marcó a partir del dap ≥ 5 cm, en San Isidro 2 y Uvata para el dap ≥ 1 cm. La marca consistió en una banda perimetral con pintura amarilla de alta calidad de 1,0 a 1,5 cm de ancho en el sitio exacto en que se midió el árbol en la primera ocasión. Además, se enumeraron los árboles con pintura y con rótulos de aluminio grabados. La medición se efectuó con cinta diamétrica metálica y precisión de 0,5 mm. Los árboles con dap < 5 cm se midieron con calibrador y precisión de 0,01 mm; en ellos se marcaron los puntos de apoyo iniciales del calibrador. A la mayoría de los árboles se les midió su altura al menos en una ocasión con clinómetros. Los árboles menores de 12 m se midieron con varas extensibles.

El cambio en la altura de los árboles se asoció con el cambio en el diámetro observado a través de las sucesivas mediciones de las parcelas permanentes. Para ello se relacionó el diámetro con la altura mediante la relación alométrica simple

$$h = \alpha\,(dap)^{\beta} \quad o,$$
$$\ln h = \ln \alpha + \beta \ln (dap)$$

donde:
h = altura total de los árboles, m,
dap = diámetro a la altura del pecho, cm.
ln = logaritmos naturales.

Se empleó una regresión anidada (SAS Institute Inc. , 1992) con el fin de disponer de una sola ecuación que permitiese estratificar y obtener, a partir de élla, ecuaciones particulares para sajo, cuángare y las demás especies. La base de datos estuvo conformada por 5523 pares de mediciones de diámetros y alturas discriminados así: sajo 1.940, cuángare 964, el resto de las especies excluyendo palmas 2.619. A 440 árboles integrantes de la muestra se les midió su longitud una vez apeados. La transformación de las mediciones de diámetro y altura en volumen se efectuó empleando la integración de las ecuaciones de conicidad para sajo, cuángare y para el resto de las especies (Lema, 1994).

Se calculó el crecimiento del volumen total el cual incluye todas las especies de árboles hasta un diámetro tope de 0 cm y el volumen comercial el cual tiene en cuenta las especies comerciales con dap ≥ 40 cm y diámetro tope de 25 cm, que representaría el límite para las trozas más pequeñas. Del análisis de diversas expresiones empleadas para calcular el crecimiento volumétrico de los bosques presentadas por Beers (1962) y retomadas por Bell (1984), se seleccionó la correspondiente al crecimiento bruto del volumen inicial para árboles individuales, o sea

$\Delta V = Vs_2 - Vs_1$, equivalente (Bell, 1984; Beers, 1962) a
$\Delta V = V_2 + M + C - I - V_1$, para el "rodal total",

donde:
ΔV = crecimiento bruto anual del volumen total (ΔVt) o comercial (Vc),
Vs_1 = volumen inicial de los árboles medidos en ambos inventarios,
Vs_2 = volumen final de los árboles medidos en ambos inventarios,
V_1 = volumen de los árboles medidos en el primer inventario,
M = volumen inicial de los árboles que murieron durante el período,

C = volumen inicial de los árboles cortados durante el período,
I = volumen de los árboles que ingresaron a la clase diamétrica inferior,
V_1 = volumen de los árboles medidos en el primer inventario,
V_2 = volumen de los árboles medidos en el segundo inventario.

Información sobre la producción

La totalidad de la producción en trozas del distrito la transportan los *tuqueros* negros (hombres pertenecientes a grupos étnicos negros dedicados a la actividad maderera) en balsas a su cabecera municipal donde se asierran. De allí las tablas, tablones y, ocasionalmente, otros productos, se embarcan en motonaves con capacidad de 50 a 200 toneladas rumbo al puerto de Buenaventura desde donde se distribuyen hacia el interior de Colombia. Corponariño, entidad estatal encargada de regular el proceso, conocedora del tonelaje de las motonaves, transforma su capacidad a m^3 de madera aserrada empleando la gravedad específica de la madera allí embarcada. Estima, además, el volumen "bruto comercial", duplicando el volumen anteriormente obtenido (Corponariño, 1994). Esta es la cifra que la corporación registra en sus estadísticas. Se ha empleado esta información correspondiente a la década 1986 hasta 1995 inclusive (Arteaga y Vargas, 1995).

Para confrontar el crecimiento en volumen comercial en pie de las parcelas permanentes con los registros de la madera aserrada embarcada en Bocas de Satinga, se calcularon las tasas medias de conversión entre la madera en pie y en trozas, y entre estas trozas en los aserraderos y el volumen de madera aserrada. El complemento de las tasas de conversión son las de desperdicio.

Información sobre áreas y tipos de cobertura

Se empleó la información cartográfica más reciente: Marac y Roche (1987) y Galeano (1996), basada en fotos aéreas en blanco y negro a escala 1:58.000 de 1981 que cubren todo el distrito y en fotos en color, escala 1:10.000 de 1993, pero que sólo cubren cerca del 50% de los bosques de *guandal* del distrito, respectivamente.

Tasa media de conversión en el bosque

Se refiere a la proporción del volumen comercial en pie que se transforma en trozas. El cálculo se basó tanto en la información de investigaciones que la han cuantificado anteriormente, como en establecer la diferencia entre el volumen aprovechable de los árboles de especies comerciales de las parcelas permanentes en la primera medición con dap ≥ 40 cm y con un diámetro tope de 25 cm, con el volumen promedio extraído por cada árbol en el distrito. Para determinar el volumen promedio de una troza, se cubicaron al azar en cinco aserraderos 570 trozas. Se halló un promedio ponderado por el número de trozas, entre los datos aquí acopiados con los de otros investigadores.

Tasa media de conversión en los aserraderos

Se refiere a la proporción de las trozas que se transforman en productos aserrados. Se halló mediante la cubicación de 185 trozas y la cubicación posterior de sus productos aserrados. Se obtuvo un promedio ponderado por el número de trozas entre los resultados de estas mediciones con los que han aportado otros autores.

Resultados y discusión

Relaciones alométricas entre el diámetro y la altura

La relación estudiada arrojó la siguiente ecuación lineal

$$Ln\,(h) = ln\,(\alpha_1 + \alpha_2 P_2 + \alpha_3 P_3) + (\beta_1 + \beta_2 P_2 + \beta_3 P_3)\,ln\,(dap)\,,$$

donde:
$\ln \alpha_1 = 0{,}633$; $\ln \alpha_2 = 0{,}838$; $\ln \alpha_3 = -0{,}048$
$\beta_1 = 0{,}704$; $\beta_2 = -0{,}173$; $\beta_3 = 0{,}022$
$P_2 = 1$ para sajo; $P_2 = 0$ para otras especies
$P_3 = 1$ para cuángare; $P_3 = 0$ para otras especies
$R^2 = 0{,}852$.

Todos los estimadores fueron significativos para $p > 0{,}05$. En la Figura 2 se representan las nubes de puntos para los cuatro estratos: sajo, cuángare, los demás árboles y todos los árboles.

Crecimiento de los bosques de guandal

En la Tabla 1 se presentan los resultados del crecimiento bruto del volumen inicial total (ΔVt) y comercial (ΔVc), así como otro tipo de información relevante para la caracterización de las parcelas permanentes empleadas. En cuanto al volumen total, los sajales jóvenes alcanzan altísimas tasas de crecimiento superando las 30 $m^3\ ha^{-1}a^{-1}$. Estos sajales de naturaleza coetánea llegan a ser casi monoespecíficos y su estructura diamétrica unimodal asemeja su crecimiento al de plantaciones altamente densas (Del Valle, 1996a). No hay duda, entonces, de que los sajales en razón de sus altísimas densidades y áreas basales pueden duplicar en ΔVt a los cuangariales y guandales mixtos. No obstante, para que haya volumen comercial se requiere que los árboles empiecen a superar los 40 cm de dap; por ello, en los sajales más densos y jóvenes el ΔVc con frecuencia es cero o casi cero. En los guandales mixtos y cuangariales su naturaleza disetánea, estructura diamétrica en forma de J invertida y composición florística más diversa con abundancia de individuos de especies esciófitas, a pesar de sus menores

ΔVt, rara vez presentan ΔVc nulo. Allí, por lo regular, existen árboles comerciales con dap > 40 cm. Cuando en estas asociaciones se han realizado extracciones selectivas recientes que removieron todos los árboles comerciales, puede ocurrir que también presenten crecimientos nulos o muy bajos como se aprecia en El Esterón 2, Guabillales y Pambul 4.

Dos parcelas, una en un sajal (El Esterón 5) y la otra en un guandal mixto (Naidizales 2) tuvieron ΔVc muy altos (13,9 y 13,6 $m^3\ ha^{-1}\ a^{-1}$, respectivamente) debido a la existencia de muchos árboles comerciales con dap > 40 cm. Estas cifras son puntuales y su extensión a grandes áreas puede conducir a grandes errores por sobreestimación del crecimiento.

Vale la pena detenerse para analizar someramente la representatividad de estas parcelas de crecimiento. A pesar del esfuerzo y alto costo de las parcelas permanentes, ellas adolecen de múltiples falencias; por ello sus resultados son meramente indicativos. Su representatividad estadística es baja por estas razones:

- Aunque se intentó seleccionar los sitios al azar, se debieron tener en cuenta otras consideraciones de tipo logístico, de aceptación por la comunidad y de costos, además de cierto grado de subjetividad por cuanto se tiende a escoger parcelas densas (sin claros), situaciones atípicas en grandes extensiones de bosque. Todo ello hace que las estimaciones no sean totalmente insesgadas.

- La falta de cartografía y estratificación de los tipos de bosques previa al establecimiento de las parcelas impidió muestrear algunos estratos.

- Aún considerando independientes los diferentes períodos de medición de El esterón, la superficie muestreada es de apenas 10,7 ha. Ello implica una fracción de muestreo para todo el distrito de sólo 0,01%.

Tasa media de conversión en el bosque

La medición de 2.392 trozas arrojó un volumen promedio de 0,280 m^3 por troza, cuyas dimensiones promedio fueron 3,07 m de longitud y 34,05 cm de diámetro medio. La muestra estuvo constituida por 270 trozas de Marac y Roche (1897), 26 de Arango (1990), 1.526 de Giraldo (1994) y 570 de este trabajo (Tabla 2). Marac y Roche (1987) afirman que un árbol explotable tiene entre 1,5 y 1,8 m^3 aprovechables; de cada árbol obtuvieron entre 3 y 4 trozas. Giraldo (1994) encontró 3,3 trozas por árbol aprovechado lo cual confirma y precisa la cifra anterior. La Universidad Nacional (1990) estima un volumen comercial en los árboles aprovechados de 1,47 m^3 por árbol. Con base en estas cifras se concluye que el volumen promedio extraído de cada árbol es de 0,924 m^3 (0,280 x 3,3); por tanto, las tasas de conversión estarían entre el 51,3 y 62,9%; el resto serían desperdicios. Parte de estos desperdicios han sido cuantificados así: tocón 0,23 m^3 y cortes con hacha para el troceo 0,087 m^3. Ello arroja un total de 0,317 m^3 por árbol. El resto del árbol, entre 0,229 y 0,559 m^3, se desperdicia en el monte por razones como éstas: no se alcanza a obtener una troza de aproximadamente 3 m de longitud en la última porción del tronco, trozas con ramas gruesas, daños, pudriciones o torceduras (Universidad Nacional, 1990).

Una evaluación directa efectuada por Marac y Roche (1987) arrojó un 30% del volumen desperdiciado, así: 4% en puntas de corte con hacha en el troceo y 3% en puntas de corte del apeo, 13% en trozas sin las dimensiones adecuadas y 10% en trozas que se pierden por falta de agua en los canales o por su hundimiento. La tasa de conversión fue entonces del 70%.

También se ha estimado la tasa de conversión en el bosque acudiendo al cálculo del volumen utilizable en pie de las especies comerciales con dap $\geq$ 40 cm en la primera medición de las parcelas permanentes (Tabla 1). Se considera que ellas reflejan las dimensiones de los árboles que se explotan en la región. El diámetro promedio de estos árboles fue de 47,5 cm cuyo volumen utilizable es de 2,0 m^3. Entonces, si en promedio sólo se extraen 0,924 m^3 por árbol, la tasa de conversión es del 46,2%. Promediando las cuatro cifras se obtiene una tasa promedio de conversión en el bosque del 57,6%. Los desperdicios de volumen aprovechable serían del 42,4%.

Hasta ahora no se ha tenido en cuenta el descuento por trozas defectuosas que llegan a los aserraderos. Por ello resulta pertinente retomar la cifra del 12% de trozas defectuosas en los aserraderos del litoral nariñense citada por Castiblanco (1992), la cual comprende trozas con torceduras, nudos, lesiones fungosas, grietas, ataques de insectos, etc. Restando esta cifra se llega a una tasa promedio de conversión antes del aserrado del 45,6%.

Tasas de conversión en los aserraderos

La Tabla 2 da cuenta de diversos estudios que se han ocupado de calcular las tasas de conversión de los aserraderos que procesan la madera de estos humedales forestales en los últimos treinta años. Ellas varían desde el 23,2 hasta el 60,5% (43% en promedio). Aunque han transcurrido tres décadas desde que se tomó la primera información (Rojas y Díaz, 1966), el aparente mejoramiento en las tasas de conversión no está asociado con mejoramientos tecnológicos; todo lo contrario, los equipos de ahora son, en esencia, los mismos utilizados durante el auge maderero entre 1960 y 1975, sólo que más viejos. Se debe, más bien, a las exigencias de calidad del mercado de exportación al que estaba dirigida parte sustancial de la madera procesada en aquel entonces. Hoy toda la madera va al mercado nacional que no tiene tan alta habilidad discriminante. No obstante, se decidió tener en cuenta sólo las mediciones llevadas a cabo en los últimos diez años y ponderar por el número de trozas examinadas. El resultado es una tasa de conversión en los aserraderos del 56,9%. Este resultado se compara favorablemente con el 43% (con variaciones entre el 26 y el 60%) que arrojó una encuesta en

16 países tropicales (Jhonson, 1995), así como con los resultados de un estudio llevado a cabo en dos países africanos (Gana y Camerún) y en dos asiáticos (Indonesia y Malasia) en los cuales la tasa de conversión promedió 47,4%, con variaciones desde el 36 hasta el 57% (Noack, 1995).

Tomando en forma conjunta las tasas de conversión en el bosque y en los aserraderos; esto es, 0,456 x 0,569, se obtiene una tasa de conversión para todo el proceso del 25,9%. Significa, entonces, que de 100 m^3 de volumen comercial en pie, en el aserradero sólo procesan 45,6 m^3, los cuales producen 25,9 m^3 de piezas de madera aserrada. Este porcentaje es igual al promedio nacional estimado en 26% (Leyva, 1986).

La producción de madera en el distrito forestal de Satinga

En la Tabla 3 se transcribe la información oficial del Estado relativa a la producción de madera en "bruto" del Distrito Forestal de Satinga entre los años 1986 y 1995; esto es, volúmenes de madera en trozas con una tasa de conversión del 50% (Corponariño, 1994). Se llama *guandal* al volumen de las especies que proceden de estos bosques; el resto corresponde a especies que no crecen en los suelos pantanosos tales como cedro (*Cedrela odorata*), chanú (*Humiriastrum procera*) y balsa (*Ochroma pyramidale*), entre otras. En promedio, durante los últimos diez años la producción de las especies del *guandal* ha superado el 95% de la producción total del distrito, siendo de sajo el 82,7% y de cuángare el 13,4% del *guandal*.

Para determinar los verdaderos volúmenes de madera comercial realmente explotada en los bosques de *guandal*, equivalentes a los volúmenes aprovechables en pie, se ajustaron las cifras con base en la tasa de conversión hallada del 25,9%, reemplazándola por el 50% que utiliza Corponariño. Estas cifras aparecen en la última fila de la Tabla 3.

Resulta, entonces, que durante los últimos diez años se han extraído 4'453.781 m^3 de los bosques de guandal; 445.378,1 m^3 a^{-1}. Dado que el Distrito Forestal de Satinga tiene 101.300 ha de estos bosques, se concluye que se han explotado en promedio 4,397 m^3 $ha^{-1}a^{-1}$.

Asociaciones y estratos de los bosques de guandal y su crecimiento en volumen comercial

El estudio de Marac y Roche (1987) encontró para el distrito 103.300 ha de bosque de *guandal* los que discriminó sólo en tres estratos: *guandal, guandal* intervenido y *guandal* en regeneración. Tal estratificación es de poca utilidad por cuanto, además de que no define los estratos más allá de los nombres, pasa por alto las asociaciones forestales de gran importancia en estos humedales forestales. Además, tal estudio ya tiene casi una década y empleó fotos en blanco y negro de 1983 y escala muy pequeña (1:58.000). Se ha preferido entonces emplear la estratificación aportada por la cartografía de Galeano (1996) la cual, aunque cubre cerca de la mitad de los bosques de *guandal* del distrito (48.224 ha), empleó fotos en colores 1:10.000 de 1993. Ello, y el empleo de tecnologías recientes como los Sistemas de Información Geográfica y de Posicionamiento por Satélites, le permitió a este autor un detalle hasta ahora desconocido en el Pacífico colombiano.

En la Tabla 4 la primera columna define los estratos encontrados para las cuatro asociaciones forestales con potencial maderero en los bosques de *guandal:* camaronal (camarón; *Alchorneopsis floribunda:* Euphorbiaceae), sajal y *guandal* mixto & cuangarial. Lamentablemente no fue posible separar en las fotografías aéreas los *guandales* mixtos de los cuangariales, diferenciación que aún en el campo puede ser difícil por cuanto lo que se presenta es un continuo con un aumento gradual en el número de especies arbóreas y una correspondiente disminución del cuángare debido, generalmente, a muy sutiles mejoras en el drenaje. Complica el asunto el hecho de que los cuangariales rara vez son tan homogéneos como los sajales por cuanto comparten su hábitat hasta con cuatro decenas de especies arbóreas en una hectárea. Algunos cuangariales recientemente explotados, al no quedar cuángares en el dosel, en las fotografías aéreas se revelan como guandales mixtos.

Galeano (1996) separó los estratos en primer lugar de acuerdo con la altura del dosel (cuatro clases con amplitud de 10 m y la última clase abierta) y luego de acuerdo con el diámetro promedio de las copas del dosel. En este aspecto su clasificación para las copas del camaronal y del sajal, comunidades sucesionales de especies heliófitas, con "estrategias" ecológicas similares, es más fina que para el *guandal* mixto & cuangarial en sus clases menores y con la clase mayor abierta, también menor (Véase nota de pie de página, Tabla 4). Esta estratificación es sensata y apropiada para estos bosques dada la calidad de la información contenida en las fotografías. La combinación de clases de altura y de copas posibles produjo 30 estratos; pero sólo se encontraron 24 en el campo (Tabla 4): de los diez estratos posibles en el camaronal se encontraron cinco y en el sajal nueve. Debe mencionarse, además, que Galeano (1996) consideró aparte estratos por un total de 1.146 ha cuando ellos contenían, además de los estratos arbóreos mencionados, altas cantidades de yarumos (*Cecropia obtusifolia* subp. *burriada*), palma naidí (*Euterpe oleracea*) u otras palmas. Estos estratos se encuentran subsumidos en las cifras de la Tabla 4 por cuanto no se creyó necesario separarlos en este trabajo, aunque, en alguna forma, reducen el potencial de crecimiento en madera comercial de los estratos donde se incluyeron.

Las 17 parcelas permanentes no alcanzan a cubrir los 24 estratos de la tabla 4; además, algunos estratos tienen varias parcelas que los representan. Otras parcelas, al encontrarse fuera del área cartografiada, tienen una asignación a un estrato determinado menos segura. Además, algunas parcelas fueron explotadas antes de la

toma de las fotografías aéreas. Todo lo anterior implica cierta subjetividad en la asignación de las tasas de crecimiento a cada estrato, dependiendo mucho del buen criterio del investigador. Por no disponer de parcelas en el camaronal que representó el 4% del bosque de *guandal*, se le aplicaron los mismos crecimientos del sajal que representó el 46% del área de estos bosques, en virtud de la similitud ecológica de ambas asociaciones. Para los estratos cuya altura del dosel es menor de 10 m el ΔVc es cero, igual sucede para el estrato 10 < 20 m de altura y copas < 2 m en sajales y < 5 m en *guandales* mixtos & cuangariales. En los sajales se procedió así: para los estratos 2b y 3b se promediaron los crecimientos de las parcelas de Pambul 1, 2 y 5. El estrato 2c se caracterizó con la parcela El Esterón 4. Para los estratos 3c y 3b se promediaron las parcelas El Esterón 4 y 5. La parcela 4c se caracterizó con El Esterón 5. En cuanto al *guandal* mixto & cuangarial los crecimientos por estratos se calcularon así: Para el estrato 2b aportaron las parcelas El Esterón 2, Pambul 3 y 4. Al estrato 2c se le asignó El Esterón 1. Al estrato 3b contribuyeron Pambul 3 y 4. El estrato 3c se calculó con el crecimiento de El Esterón 3 y San Isidro 1; el 3d con Brazo Largo & Zanca Seca y Naidizales 1, e igual promedio se empleó para el 4c. El 4d se estimó como un promedio entre el 4c y la parcela Naidizales 2. En la Tabla 4 se presentan las tasas anuales de ΔVc asignadas a cada estrato, así como el crecimiento acumulado de cada estrato y el total para las 48.224,3 ha de bosques de *guandal* maderable el cual alcanzó 144.736,9 m^3 a^{-1} de crecimiento. Esta cifra debe ajustarse a toda el área de bosques de *guandal* del distrito multiplicándola por el factor 2,1 (101.300÷48.224,3) lo cual arroja una posibilidad anual sostenible de 303.947,5 m^3 a^{-1} de madera comercial en pie para el Distrito Forestal de Satinga.

Análisis de la sostenibilidad

El análisis de sostenibilidad que a continuación se hace se refiere al balance entre el crecimiento anual del volumen maderable de la masa forestal menos la extracción promedia anual. Se trata, entonces, de una sostenibilidad física de la producción maderera.

Páginas atrás se había calculado la extracción media anual de madera del Distrito Forestal de Satinga en 445.378,1 m^3 a^{-1} (4,397 m^3 ha^{-1} a^{-1}) durante el último decenio. En la sección anterior se encontró que el crecimiento del volumen comercial es de 303.947,5 m^3 a^{-1} (3,000 m^3 ha^{-1} a^{-1}) lo cual arroja un déficit de 141.430,6 m^3 a^{-1} (1,396 m^3 ha^{-1} a^{-1}) al restar estas cifras. Ello implica que durante los últimos diez años se ha venido extrayendo 46,5% anual adicional a la capacidad de cosecha sostenible del bosque. En consecuencia, en el mediano y largo plazo la explotación a la cual están sometidos los bosques de *guandal* del distrito forestal de Satinga no se podrá mantener si las extracciones promedias de los últimos años se mantienen y si las tasas medias de conversión y los impactos de la explotación (Del Valle, 1996b) no mejoran substancialmente.

Al contrastar la capacidad de crecimiento de los bosques de *guandal* del distrito con el volumen extraído ajustado (Tabla 3) durante la década 1986-95 se comprueba que durante los últimos nueve años de registro la explotación ha superado el crecimiento entre 108.189 m^3 a^{-1} (1995) como mínimo y 346.695 m^3 a^{-1} (1994) como máximo.

Previamente se había estimado la posibilidad anual de estos bosques de *guandal* del distrito en 245.349 m^3 a^{-1}. El método consistió en multiplicar la superficie del distrito por el rendimiento en volumen comercial, dividiendo este producto entre el turno (Marac y Roche, 1987). No obstante, el turno (70 años para un dap de 50 cm), se basó en la información suministrada por el autor sobre el crecimiento diamétrico promedio del sajo y el cuángare, de las parcelas de El Esteron durante el período 1984-1986, la cual es, obviamente, más precaria que la aquí presentada. Adicionalmente, los autores precitados no especifican el método empleado para determinar los volúmenes de los árboles. La cifra estimada por Marac y Roche (1987) es inferior a la del presente estudio en un 19,3% y conduciría a un desbalance aún mayor entre la extracción y el crecimiento (200.029,1 m^3 a^{-1} ó 1,975 m^3 ha^{-1} a^{-1}). De acuerdo con el inventario realizado por estos mismos autores en 1986, en el distrito existían 3'018.467 m^3 de volumen comercial de madera en pie. Esta cifra dividida por el déficit promedio anual entre el crecimiento y la extracción de madera (141.430,6 m^3 a^{-1}), indica que tales existencias se liquidarían en 21,3 años de los cuales ya han transcurrido 11, restando 10,3 años. Ahora bien, si se empleasen todas las especies del *guandal* cuyo volumen fue de 3'965.810 m^3, el bosque rendiría cosechas durante 28,0 años, 17,0 a partir de 1996. Estos cálculos tienen algún valor indicativo en la medida que las cifras del inventario, del crecimiento y de las extracciones sean correctas y que estas últimas se mantengan durante los próximos quinquenios más o menos constantes. Lamentablemente el inventario de Marac y Roche (1987) adolece de vacíos estadísticos. El informe no incluye el cálculo del error y los datos de crecimiento, a pesar de haber invertido en ellos 11 años (1984-1995), son muy preliminares. Estas cifras, en consecuencia, están lejos de ser exactas y concluyentes pero, indudablemente, reflejan una clara tendencia hacia la liquidación del patrimonio forestal de los silvicultores negros del delta del río Patía.

Vale la pena recordar el apocalíptico pronóstico que sobre los bosques de *guandal* hicieron Inderena y Reid Collins quienes hace veinte años afirmaron: *"Se estima en siete años su capacidad de producción con muchas dificultades."* (Inderena y Reid Collins, 1976 Pag.33). Se basaron para tal afirmación, en un cálculo elemental: dividir las existencias entre las extracciones promedio anuales. Dos graves errores como mínimo hubo en este acierto que resultó obviamente falso. El primero fue considerar que las extracciones de la década de los setenta se mantendrían; pero éstas cayeron con la quiebra de las grandes empresas madereras. El segundo fue trivial; no se consideró la dinámica del bosque: su crecimiento. Ejemplos como estos deben conducir a tener mayor cuidado y responsabilidad al hacer afirmaciones tan contundentes cuando se dispone de muy precaria información.

Los resultados aquí presentados no permiten concluir que el bosque de *guandal* desaparecería del Distrito Forestal de Satinga por cuanto los suelos pantanosos y turbosos, el no empleo del fuego para el desmonte y la no transformación del ecosistema para usos agropecuarios, permite el rápido establecimiento de la regeneración, en particular de sajo. Más bien podría pensarse que, de continuar las tasas actuales de extracción y, más aun si se incrementan, y si los cálculos aquí presentados son acertados y representativos del área, paulatinamente los estratos forestales más jóvenes, con muy bajo crecimiento del volumen comercial, tenderán a ocupar gran parte del área del distrito, hasta llegar el momento en que la cosecha obligatoriamente deberá reducirse drásticamente por escasez de árboles aprovechables. Seguramente continuará la tendencia actual de disminuir el diámetro de corta para acceder a nuevas porciones de la cosecha ecosistémica sin tener que esperar el tiempo requerido para la recuperación del bosque; pero, dado que esta madera tiene un precio más bajo debido a las menores tasas de conversión en los aserraderos y a su inferior calidad, tal estrategia tendría un límite en el futuro; aunque dependería también de la evolución de los precios de la madera en los próximos lustros. Este proceso limitará el número de silvicultores o *tuqueros* que pueden acceder a la madera, principal fuente de recursos monetarios del distrito.

La economía de los aproximadamente 22.600 habitantes del municipio Olaya Herrera y, por supuesto, la de su cabecera Bocas de Satinga, depende en una alta proporción de la madera, al punto que el 90% de los ingresos monetarios provienen de esta actividad (Martínez, 1996). La situación debe ser similar en el resto del dstrito que comprende además de Olaya Herrera, todo el municipio de Mosquera y parte de Roberto Payán así como en los municipios vecinos como el Charco, La Tola y Francisco Pizarro. El colapso de la industria maderera en el distrito, y muy seguramente en todo el delta del río Patía, por agotamiento del recurso, tendría graves consecuencias económicas, sociales y ambientales y aun de orden público. En la medida que la cosecha disminuya, parte de la población masculina joven migrará principalmente hacia los cercanos puertos de Buenaventura, Tumaco y a Cali; otros, seguramente, se establecerán en el vecino Parque Natural Nacional Sanquianga para derivar su sustento de la rica pesca estuarina. Ello acentuaría los problemas del parque que es hoy el más densamente poblado del país.

Desde 1984, aproximadamente, se inició en el delta del río Patía el cultivo de la coca en pequeñas parcelas. Aunque no existe suficiente información sobre este cultivo ilícito, los datos revelan que para algunos habitantes es ya la primera o la segunda fuente de ingresos monetarios (Molina, 1996). No resulta por ello improbable que otros silvicultores negros del Distrito opten por depender cada vez más del cultivo de la coca, en la medida que la madera de los bosques se agote y su ciclo extractivista, que ha durado casi medio siglo, termine. Colapsos similares ocurrieron ya antes en la región con las semillas de tagua, *(Phytelephas spp.)* el caucho negro *(Castilla elastica)* y la corteza del mangle (*Rhizophora spp.*) (Del Valle, 1993). Si tan lamentables pronósticos se cumplen, se habrá perdido una de las más bellas oportunidades de lograr el manejo sostenible de un bosque tropical, de construir una cultura de la selva, y este rincón del Pacífico colombiano, podría dejar de ser pacífico para entrar a participar de la hecatombe en la que se debaten amplísimos sectores rurales de Colombia.

Agradecimientos

Durante once años muchos de mis alumnos de silvicultura han colaborado en el establecimiento y medición anual de las parcelas permanentes aquí empleadas; además, mis colegas Rosa Eugenia Galeano, Luis Jairo Toro, Duván Correa, Rodrigo Caballero y Nolberto Marín. A todos ellos les expreso mis agradecimientos. Igualmente a Jairo Andrés Agudelo por su ayuda en los cómputos y a Nelly Valencia por la digitación del documento.

El autor expresa también su agradecimiento al gobierno del Reino de los Países Bajos, quien financió el Programa de Investigación del Proyecto Bosques de Guandal PNUD Col/89/011, ejecutado por la Universidad Nacional de Colombia en convenio con Corponariño y el PNUD, en el marco del cual se realizó esta investigación.

Bibliografía

Arango, M. L. 1990. *Diagnóstico de la industria del aserrío en la localidad de Bocas de Satinga en el departamento de Nariño.* Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ciencias Forestales, Medellín, 48 p.

Arteaga, Gerardo y VARGAS, O. 1995. *Estadísticas forestales: Volumen de Madera en Bruto Movilizada en la Costa Pacífica de Nariño Durante 1986 a 1995, por Especie y Distritos.* Corponariño, Tumaco, 45 p.

Beers, Th. W. 1962. Components of forestal growth. *Journal of Forestry* 60:245-248 p.

Bell, J. F. 1984. Section on timber measurement. In Karl F, Wenger (ed). *Forestry Handbook.* Pp.: 253-360. Wiley & Son, New York.

Castiblanco, O. E. 1992. Cuantificación de la Oferta, Disponibilidad y Mercado Potencial de Residuos Madereros de Aserraderos del Litoral Pacífico Nariñense. Tesis de grado, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá.

CORPONARIÑO (Corporación Autónoma Regional de Nariño). 1994. *Estatuto Forestal y de Flora.* San Juan de Pasto, 83 p.

Del Valle, J. I. 1993. Silvicultura y uso sostenido de los bosques. En: Leyva, Pablo (ed.). *Colombia Pacífico,* Tomo 2. Pp.:692-713. Fondo Fen, Santafé de Bogotá.

_____. 1994. Anotaciones sobre el clima de los bosques de guandal del delta del río Patía. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín* 47 (1y2):145-159.

_____. 1996a. Silvicultura en los bosques de guandal del Pacífico Sur colombiano. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín. 22p.

_____. 1996b. Impacto de la explotación maderera en la regeneración de humedales forestales de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín. 18p.

Galeano, O. J. 1996. *Mapa de los tipos de bosques del Área del Proyecto Bosques de Guandal.* Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuaria, Medellín.

Garrido, L , Gutiérrez, H. y Martínez, E. 1967. *Mercado de la Madera en la Costa del Pacífico.* Tesis Ing. Forestal, Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Bogotá, 78 p.

Garrido, L. N. 1970. *Algunos Aspectos Económicos de la Industria Maderera de la Costa Pacífica de Nariño, Colombia.* Tesis *Magister Scientiae,* IICA, Costa Rica, 98 p.

Giraldo, O. I. 1994. *El Sistema de Aprovechamiento Forestal en los Bosques de Guandal.* Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Programa de Investigación Proyecto Bosques de Guandal, Medellín, 34 p.

INDERENA y Reid Collins. 1976. *Informe sobre el Recurso Forestal y la Industrias Forestales de la Zona Pacífico de Colombia,* Tomo 1. Inderena, Bogotá, 142 p.

Jhonson, S. 1995. La producción y el comercio de la madera aserrada. *Actualidad Forestal Tropical (Boletín de la OIMT)* 3:20-22.

Lema, A. 1994. *Forma y Ecuaciones Volumétricas para el Bosque de Guandal con Énfasis en Componentes Principales.* Tesis Magister en Silvicultura y Manejo de Bosques, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 98 p.

Leyva, P. 1986. Los recursos naturales renovables. En: Machado, A. (ed). *Problemas Agrarios Colombianos,* Pp. 163-204. CEGA-Siglo 21 Eds. México.

Martinez, A. 1996. Campesinos de los bosques de guandal. En: Del Valle, J.I. y Restrepo, E. (eds.). *Renacientes del Guandal: Grupos Negros de los ríos Satinga y Sanquianga.* Pp.: 121-188. Biopacífico. Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá.

Molina, L. A. 1996. Tierra, producción y trabajo en la economía campesina de los bosques de guandal. En: Del Valle, J.I. y Restrepo, E. (eds.). *Renacientes del Guandal: Grupos Negros de los ríos Satinga y Sanquianga.* Pp.: 189-242. Biopacífico. -Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá.

Marac y Roche. 1987. *Reactivación del Sector Forestal Industrial de la Costa Pacífica del Departamento de Nariño.* Informe Final del Estudio de Prefactibilidad, Alberta, Canadá, 169 p.

Noack, D. 1995. Como aprovechar mejor las maderas de los trópicos. *Actualidad Forestal Tropical (Boletín de la OIMT)* 3 (2): 12-13.

Rojas A. y Díaz, A. 1966. *Análisis del Aprovechamiento Forestal Maderero de la Costa de Nariño.* Tesis Ing. Forestal, Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", Bogotá, 291 p.

SAS Institute Inc. 1992. *SAS Language and Procedures, Usage Version 6.*

Universidad Nacional de Colombia. 1990. *Estudio Preliminar de la Economía Forestal de los Bosques de Guandal.* Departamento de Ciencias Forestales. Medellín, 40 p.

Tabla 1. Resultados del crecimiento anual en volumen total (ΔVt), comercial (ΔVc) para los árboles con dap ≥ 40 cm y diámetro tope de 25 cm y algunas características de las parcelas empleadas para tal fin. En todos los casos se incluye la corteza.

Parcela [a]	Tipo de bosque	Lapso años	Área ha	N ha^{-1} [e] ≥ 10 cm	G [e] m^2 ha^{-1}	ΔVt [e] m^3 ha^{-1}	ΔVc m^3 ha^{-1}
El Esterón 1[b]	Cuangarial	1,2	1,27	184	9,9	9,3	1,9
El Esterón 2[b]	Cuangarial	2,8	1,27	170	8,7	7,5	0,0
El Esterón 3[b]	Cuangarial	6,9	1,27	243	10,3	18,8	6,5
El Esterón 4	Sajal [c]	4,0	0,13	554	26,8	21,2	2,5
El Esterón 5[c]	Sajal [c]	6,9	0,21	538	29,9	27,8	13,9
Brazo Largo y Zanca Seca	Guandal mixto	4,0	1,24	243	11,1	14,2	7,6
Naidizales 1	Guandal mixto	4,2	1,00	348	16,8	16,6	6,7
Naidizales 2	Guandal mixto	1,0	0,50	346	18,6	22,6	13,6
Guabillales	Cuangarial	2,0	0,50	402	17,2	15,4	0,0
				842≥5cm	18,9	16,1	0,0
Pambul 1	Sajal	4,0	0,50	1022	32,9	30,3	0,1
Pambul 2	Sajal	4,0	0,50	988	29,8	24,4	0,0
Pambul 3	Guandal mixto	3,9	0,50	348	15,8	14,4	1,6
Pambul 4	Guandal mixto	4,0	0,50	358	12,2	14,9	0,7
Pambul 5	Sajal [d]	3,4	0,16	1865	49,1	31,7	1,4
San Isidro 1	Guandal mixto	2,2	1,00	487	15,7	13,3	3,1
San Isidro 2	Sajal	1,9	0,09	1822	22,8	31,8	0,0
				7967≥1cm	39,4	35,8	0,0
Uvata [d]	Sajal	1,6	0,06	1050	14,8	30.6	0,0
				2333≥1cm	20,1	33,1	0,0

[a] El nombre de la parcela coincide con el nombre de la vereda.
[b] Son la misma parcela; entre 1984 y 1988 sólo se midieron los sajos y los cuángares; desde 1988, todas las especies arbóreas.
[c] Sajal segregado de la parcela b; en 1988 se aumentó el área en 0,08 ha.
[d] Cinco parcelas de 0,03 ha cada una.
[e] Valores iniciales; no se incluyen las palmas.

Tabla 2. Dimensiones y tasas de conversión de trozas aserradas en los bosques de *guandal* del litoral Pacífico colombiano según diversos autores

No	Dimensiones		Tasas de conversión	Tasas de desperdicio	No.de trozas empleadas	Fuente (Año: Pags.)
	Long	Diámetro				
	m	m	%	%		
1	5,00	0,52	27,60	72,40	17	Rojas y Díaz
2	4,58	0,54	30,54	69,46	32	(1966:184,197,205)
3	---	---	60,79	39,50[a]	---	Garrido *et al.*
						(1967:27)
4	---	---	46,40	53,60[b]	---	Garrido
5	---	---	23,20	76,80[c]		(1970:36)
6	---	---	37,00	63,00	---	Inderena y Reid Collins (1976:70)
7	3,29	0,35	60,50	39,50	270	Marac y Roche
						(1987:94)
8	3,20	0,36	48,50	51,50	26	Arango *et al.*
						(1990:38)
9	3,00	0,35	---	---	1526	Giraldo
						(1994:17)
10	3,10	0,33[d]	52,88	47,12	185	Este trabajo
	(±0,08)	(±0,06)		(±11,58)		

[a] Información de todos los dueños de aserraderos del litoral Pacífico.
[b] Con base en los pies tablares (Doyle) de las trozas de los 57 aserraderos del Pacífico nariñense *vs.* Los pies tablares producidos.
[c] Ajustado con base en el descuento del 50% que implica la regla Doyle.
[d] Basado en 570 trozas.

Tabla 3. Producción de los bosques de *guandal* y total del distrito de Satinga en m^3 de "madera en bruto" discriminada por años y especies. La última fila es la producción de madera comercial en pie, ajustada según las tasas de conversión en el bosque y en los aserraderos

Especies [a]	Años									
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Sajo	81.069	180.538	172.120	171.054	202.594	184.908	231.051	253.741	275.686	162.139
Cuángare	19.821	4.009	42.309	42.951	25.169	25.047	24.907	17.357	43.777	47.328
Garza				76	160	1.246	9.856	15.561	7.926	2.574
Tangare	345			979	364	1.218	430	430	2.659	1.146
Roble						401				
Nato								4.302	5.370	
Machare	144								725	
Sebo		42.390							890	300
Σ*Guandal*	101.379	226.937	214.429	215.060	228.287	212.820	266.244	291.391	337.032	213.487[b]
ΣDistrito	102.812	234.016	217.807	225.463	233.104	214.686	272.549	303.199	383.891	235.805[b]
% *Guandal*	98,60	96,97	98,44	95,38	97,93	99,13	97,69	96,10	87,79	90,53
Σ*Guandal* ajustado	195.712	438.102	413.955	415.173	440.708	410.840	513.984	562.550	650.640	412.137

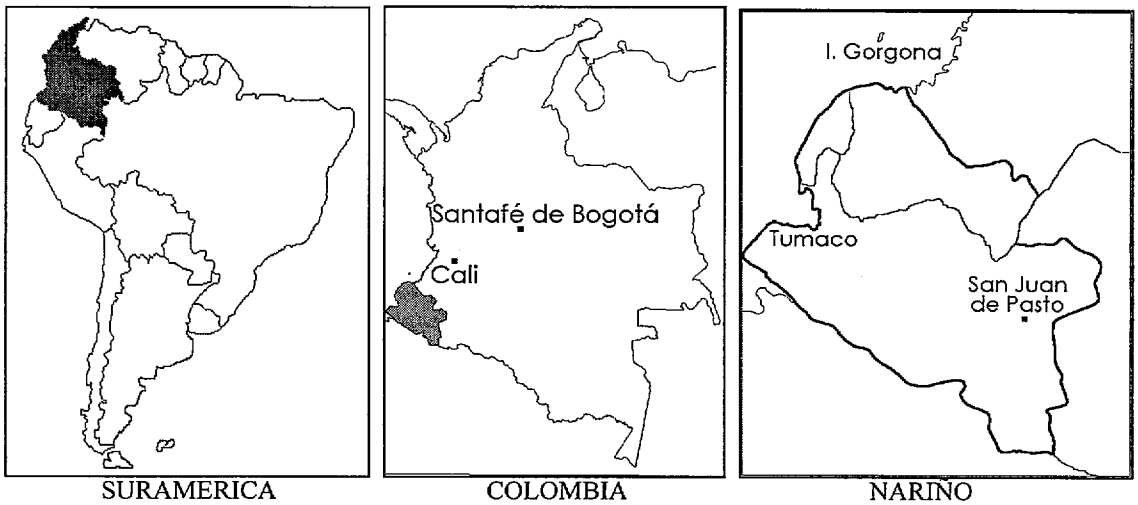
[a] Sajo, *Campnosperma panamensis*; cuángare, *Otoba gracilipes*, garza, *Tabebuia rosea*; tangare, *Carapa guianensis*; roble, *Terminalia amazonia*; nato, *Mora megistosperma*; machare, *Sinphonia globulifera*; sebo, *Virola sebifera* y *V.reidii*.
[b] Se dispuso de información de los ocho primeros meses y se empleó el promedio mensual del año para estimar los otros cuatro meses.
[c] Cifras obtenidas de las de *guandal* multiplicando por 1,9305. Véase la explicación en el texto.

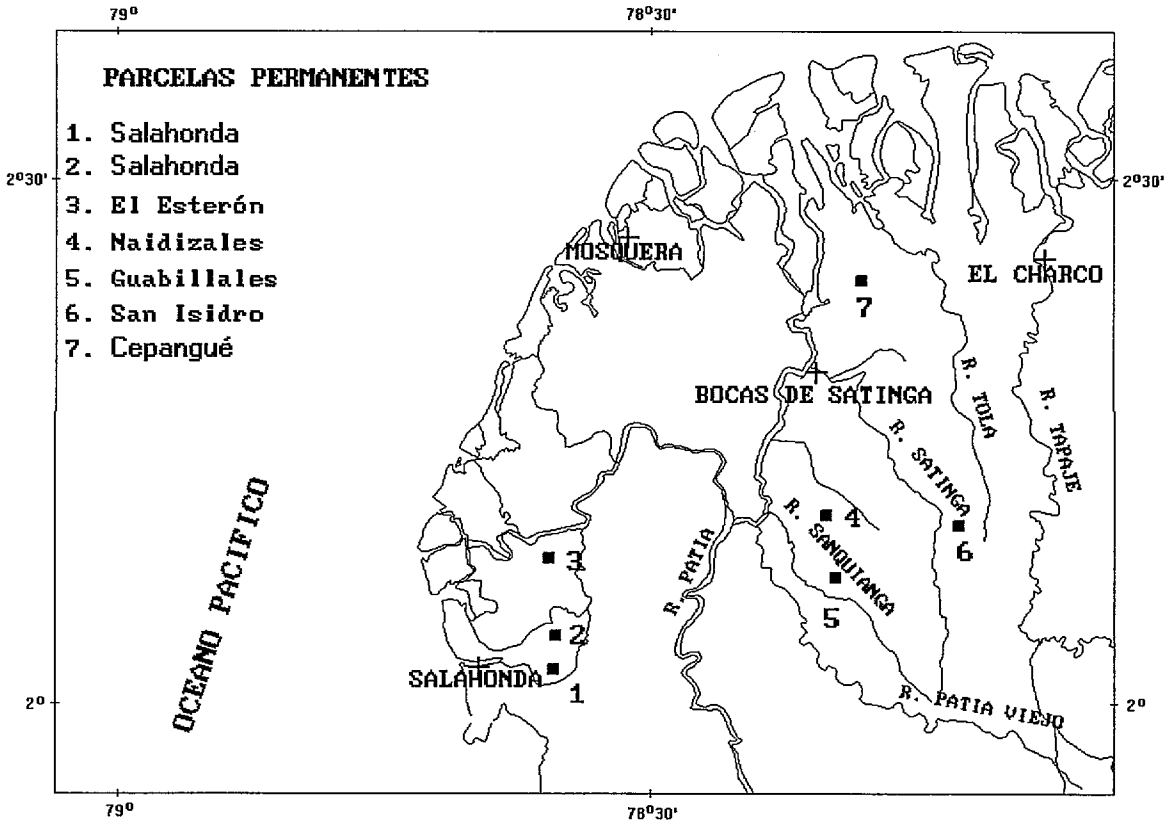
Tabla 4. Superficie por estrato de las tres asociaciones forestales productoras de maderas encontradas por Galeano (1996) en los bosques de *guandal,* así como los crecimientos anuales por hectárea del volumen comercial (cifras inferiores entre paréntesis) obtenidas de las parcelas permanentes (Tabla 1). Véase explicación en el texto.

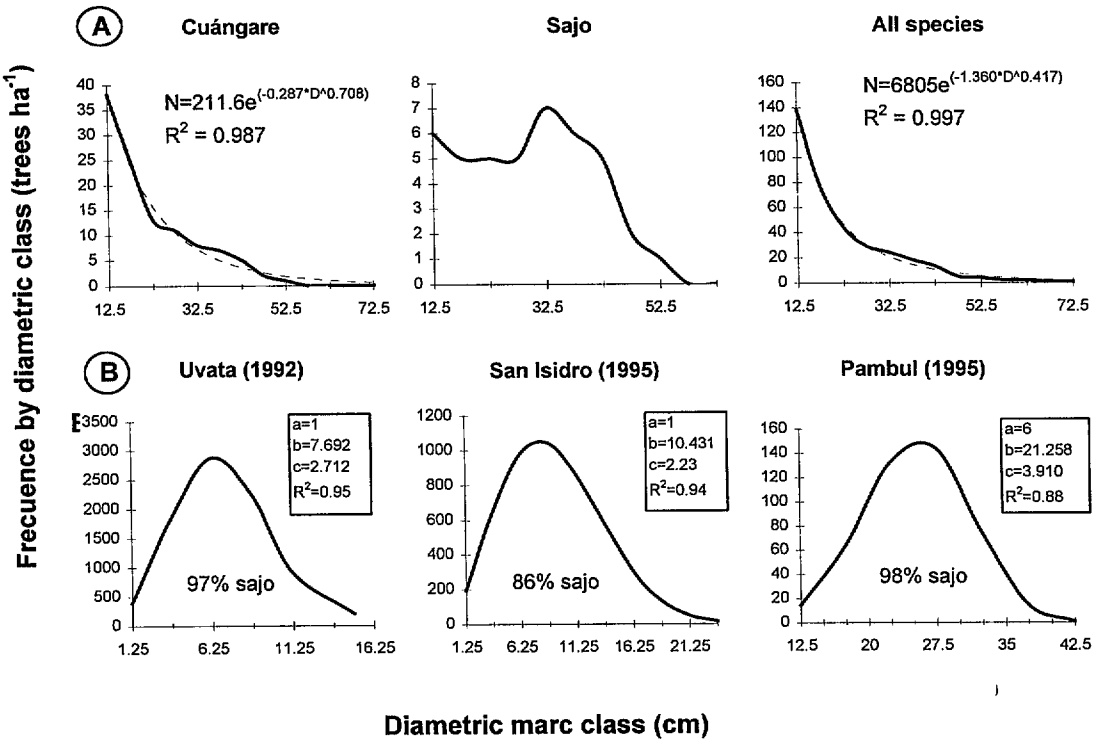
Estratos		Asociacion Forestal (ha)				
Altura	Copa[a]	(Crecimiento (m^3 ha^{-1} a^{-1})			Total	Total
m	m	Camaronal	Sajal	Guandal mixto & cuangarial	ha	m^3 a^{-1}
< 10	a	358,2	7020,4	3235.6	10.614,2	
		(0)	(0)	(0)		———
	b	111,4	4.101,7	1.563,9	5.777,0	
		(0)	(0)	(0)		———
10 < 20	a	———	62,8	136,6	199,4	
			(0)	(0)		———
	b	235,4	3.717,5	3.227,8	7.180,7	
		(0,50)	(0,50)	(0,77)		4.461,8
	c	316,9	3.465,5	2.672,1	6.454,5	
		(2,50)	(2,50)	(1,90)		14.533,0
20 < 30	b	———	169,5	516,0	685,5	
			(0,50)	(0,50)		678,2
	c	921,0	3.648,6	6.152,6	10.722,2	
		(8,20)	(8,20)	(4,80)		67.003,2
	d	———	168,3	2823,2	2.991,5	
			(8,20)	(7,15)		21.565,9
> 30	c	———	7,7	266,2	273,9	
			(13,90)	(7,15)		2.010,4
	d	———	———	3325,4	3.325.4	
				(10,37)		34.484,4
Total		1942,9	22.362,2	23.919.4	48.224,3	144.736,9
Otros (Cultivos, naidizal, natal, caseríos, guandal, manglar, agua etc.					16.077,3	

[a] Código para diámetro de copa. Para sajal y camaronal, a: < 2 m; b: 2 < 5 m; c: 5 < 10 m; d: > 10 m.
Para el *guandal* mixto y cuangarial, a: < 5 m; b: 5 < 10 m; c: 10 < 15 m; d: > 15 m.

Figura 1. Área de estudio y localización de las parcelas permanentes.






A
Cuángare
Sajo
All species
N=211.6e(-0.287*D^0.708)
R2 = 0.987
N=6805e(-1.360*D^0.417)
R2 = 0.997
B
Uvata (1992)
San Isidro (1995)
Pambul (1995)
a=1
b=7.692
c=2.712
R2=0.95
97% sajo
a=1
b=10.431
c=2.23
R2=0.94
86% sajo
a=6
b=21.258
c=3.910
R2=0.88
98% sajo
Frecuence by diametric class (trees ha-1)
Diametric marc class (cm)

Algunas Limitantes para el Manejo Forestal Sostenible

Héctor Vílchez B.

Responsable de Manejo Forestal
Proyecto ITTO PD 9/95,
Puerto Maldonado-Perú

Resumen

Es común hablar de manejo forestal sostenible, pero habría que preguntarnos si los que trabajamos con el recurso forestal sabemos de lo que se trata.

La actividad forestal es un componente dentro del sistema y está afectado por las acciones de retroalimentación positiva y negativa de los otros elementos del sistema.

Para que la sostenibilidad ocurra no debemos centrarnos sólo en la relación hombre-bosque, sino que debemos tener una visión amplia del entorno, con el fin de asegurar que los otros elementos que tienen que ver con la actividad contribuyan a alcanzar el manejo sostenible.

De Camino (1989), define la estructura de un sistema sostenible, como un conjunto de acciones de retroalimentación positiva y negativa que mantiene la estabilidad del sistema. Es decir que es muy dinámico.

Bajo esta consideración debemos tener en cuenta algunos elementos del entorno: sostenibilidad biológica, sostenibilidad de la agricultura, sociedad sostenible, sostenibidad económica, sostenibilidad política, sostenibilidad de la educación, etc.

Este documento toca a grandes rasgos temas, que desde el punto de vista del autor, constituyen limitantes del manejo forestal. En la parte final se presenta una metodología aplicada en la Selva Sur del Perú, de las etapas que podrían darse antes de iniciar la práctica del manejo forestal.

Nuevo enfoque

Sobre la Amazonía existen presiones que podrían afectar principalmente a sus poblaciones, al mantenimiento de su función y la pérdida de su capacidad productiva. Por ejemplo en la Amazonía Sur del Perú las presiones son por: plantaciones ilícitas, empresarios madereros que vienen de otras zonas donde han terminado la madera, la minería pesada y las empresas de hidrocarburos.

Esta presión se ve favorecida por lo siguiente: extracción forestal de madera no planificada y por lo tanto presión demográfica sobre los bosques, incumplimiento de la legislación forestal, ausencia de política del Estado en prácticas de control y vigilancia para el buen uso de los recursos naturales.

A pesar que por algún tiempo más se seguirá aprovechando la madera (todavía sigue siendo el producto más atractivo aunque de mayor impacto negativo al bosque), se sabe de la importancia que van cobrando los otros productos y beneficios del bosque (Vincent, 1996). En esta transición van surgiendo nuevos enfoques que giran alrededor del manejo forestal tradicional, basado sólo en uno de los productos que ofrece el bosque, la madera. A continuación se detalla los nuevos enfoques:

- Luna Lugo (1996) al referirse al manejo forestal dice, -manejo forestal sustentable, simplificado, comunitario, participativo y de bajo impacto ambiental-

- Vincent (1996) precisa que una de las fallas del manejo forestal tradicional es que no se ha producido la participación de la comunidad local en la toma de decisiones y ejecución del manejo

- De Camino (1996) al mencionar las prioridades del CIFOR (Center for International Forestry Research) indica como primera prioridad del CIFOR, "debe contribuir a detener la deforestación, recuperar las áreas degradadas, dar valor al bosque, ofrecer alternativas para combatir la pobreza"

- Vincent (1996) indica que "debe haber flexibilidad en los planes de manejo forestal" en relación a que no se debe retrasar la decisión de iniciar el manejo forestal, bajo el enfoque del manejo experimental, aún sin contar con la información básica completa y en forma paralela ir generando información en base a la investigación aplicada y básica.

- Marmillod (1996) cuando explica las actividades del Proyecto Olafo (Conservación para el desarrollo Sostenible en América Central), menciona el término manejo diversificado del bosque para referirse que el bosque no es sólo madera y que desde hace pocos años los productos no maderables de origen vegetal reciben la atención del manejador del bosque. Adicionalmente, se podría afirmar que el uso de los diferentes productos que ofrece el bosque está asociado a poblaciones humanas que viven y conviven con el bosque.

En resumen, el nuevo enfoque del manejo forestal toma en cuenta aspectos no considerados en la legislación forestal, tales como, participación activa de la población en la toma de decisiones, diversificación de los productos del bosque, urgencia de iniciar el manejo forestal bajo el enfoque experimental y alternativas para combatir la pobreza.

Esto significa que en el nuevo enfoque, la actividad forestal tiene una actitud eminentemente social, que en base a los recursos naturales que posee, puede contribuir a combatir problemas básicos, como la pobreza.

Liberalismo vs equidad social

Sin embargo, vivimos una nueva etapa. Están a la orden del día los conceptos de inversión, productividad, excelencia, competitividad, empleo, entre otros (Herz, 1996).

Habitualmente el crecimiento económico se entiende como un aumento del PBI, el cual se calcula a partir del valor monetario de los bienes y servicios intercambiables en el mercado. El modelo económico del mundo se caracteriza por indicadores globales, número de habitantes, productividad demográfica y el capital industrial (Becker, 1996).

En un contexto urbano moderno esto es así, pero en las zonas rurales alejadas de la Amazonía no es aplicable, porque es una realidad donde el desarrollo no se basa en dominar y transformar la naturaleza sino en conocerla y convivir con ella, un desarrollo donde no existen relaciones de poder y propiedad, donde los valores monetarios no existen y su economía se basa en el autoconsumo.

En la Amazonía, las poblaciones rurales nativas y no nativas hacen uso de las diferentes materias primas que los bosques contienen.

Estos productos, tangibles y no tangibles, que los pobladores amazónicos obtienen no se pueden cuantificar fácilmente. Además, el Estado no asigna recursos económicos apropiados para que estas poblaciones satisfagan necesidades básicas, tales como agua potable y salud. Todo ello lo obtienen de la naturaleza.

Sin embargo, siempre se mide a la actividad forestal según su contribución al PBI. Es indiscutible que esta posición es contraria a la equidad social, donde los pobladores rurales de la Amazonía pueden encajar. En el otro extremo, estas poblaciones difícilmente podrán mantenerse, ya que en ella sobreviven los grandes capitales.

En resumen, la economía neoliberal vigente podría relegar a las poblaciones rurales amazónicas alejadas hacia una situación cada vez más caótica, porque ni siquiera podrán defender sus tierras, ya que ahora nada se regala, todo cuesta y los únicos que pueden acceder a los recursos naturales serán aquellos que tengan grandes capitales. Una alternativa a esta situación podría constituir el ordenamiento territorial, donde se respeten los derechos adquiridos por las poblaciones indígenas y no indígenas.

Filosofía del manejo forestal

En un enfoque de manejo forestal verdadero es necesario desterrar los términos, explotación forestal y extracción forestal, cuando nos referimos a la actividad en su conjunto, es decir al manejo forestal. Un término suavizado pero que tiene el mismo contexto equivocado es el término aprovechamiento forestal.

Por definición, el término aprovechamiento forestal es usado correctamente cuando la intervención silvicultural está regulada de manera que cumpla con los requerimientos de permanencia de existencias de regeneración, que sirva de base para la producción en el siguiente ciclo de corta (Vincent *et al.* 1996).

En otras palabras, el aprovechamiento forestal debe tener una filosofía que apunte al manejo forestal verdadero, en la cual se asegure la sostenibilidad del recurso a usar.

Muchas veces el término aprovechamiento forestal es usado para referirse a las especies a aprovechar, volúmenes, diámetros y equipos a usar. No se refiere al manejo forestal verdadero.

Esto es importante porque, en el Perú el término aprovechamiento forestal se aplica a superficies menores a mil hectáreas y el término manejo forestal se aplica a superficies mayores a mil hectáreas.

El término aprovechamiento forestal debería ser redefinido apuntando a una definición equivalente al término manejo forestal, pero simplificado, sin perder su esencia.

El manejo forestal verdadero implica sostenibilidad del recurso y permanencia del bosque a través del tiempo. Es frecuente que el titular de un contrato forestal, a pesar del compromiso firmado para hacer manejo forestal, no lo hace y a priori está pensando en acabar la madera comercial y solicitar otro contrato. Lo lamentable es que le vuelven a dar otra área para que haga lo mismo.

Por lo tanto, el manejo forestal implica sostenibilidad del recurso, mantenimiento de su capacidad productiva y permanencia del usuario en su contrato a través del tiempo. Si ello ocurre y el usuario puede hacer manejo forestal, previa constatación estricta, se podría adicionalmente dar otra área bajo contrato al titular para que sea manejado en forma paralela al contrato anterior.

Esta consideración debe calar profundo en los funcionarios y usuarios que desean trabajar los recursos forestales y tienen planificado manejarlo.

Desconocimiento peligroso

A nivel de los usuarios existe poco conocimiento de tres aspectos ligados al manejo forestal: legislación forestal, manejo forestal y conservación de recursos naturales.

Estos tres puntos podrían superarse si a los usuarios se les exige, antes que se les otorgue contratos forestales, haber asistido y aprobado un curso conteniendo los temas mencionados.

De lo contrario, a modo de comparación, es como si se diera un auto a una persona que nunca ha visto manejar ni ha manejado un carro y exigirle que maneje de acuerdo al reglamento de tránsito.

Superficie mínima para el manejo forestal

Para hacer manejo forestal no se necesita superficies extensas, porque la unidad elemental del manejo forestal es una planta (árbol, bejuco, helecho, etc.) y esta planta ocupa una superficie pequeña. Si a este nivel no se hace manejo forestal tampoco se hará en superficie mayores.

Por ello, la idea errónea de que el manejo forestal sólo es posible en áreas grandes debe ser superada. Lo que si es aceptable es que desde el punto de vista de rentabilidad de la actividad, es necesario disponer de superficies extensas, pero ese es otro tema.

En este sentido, cuando se otorguen contratos forestales, se podría empezar entregando superficies pequeñas, en calidad de prueba, con el fin de examinar si el titular puede manejar el recurso forestal.

Necesidad del catastro integral

De acuerdo a Luna (1996), la explotación maderera es la causa principal de la rápida degradación y disminución de los bosques tropicales. Esto es corroborado por Vincent (1996) quien afirma que "ésto ocurre en los lugares donde no ha habido algún tipo de manejo forestal organizado y generalmente los bosques tienden a desaparecer ante el proceso de colonización y ampliación de la frontera agrícola", muchas veces promovido por el Estado.

El ordenamiento territorial es una herramienta básica de planificación muchas veces planteada en los diferentes eventos agrarios pero también pocas veces puesto en práctica por las instituciones encargadas.

La poca intención de efectuar el ordenamiento territorial, al parecer está en que no se sabe cómo hacerlo, la aversión a realizar coordinaciones interinstitucionales y la necesidad de constante actualización de los mapas, entre otros.

Al respecto, Bernales *et al.* (1993), indican que el catastro debe ser integral y centralizado, es decir, no debería existir un catastro por cada tipo de actividad (minería, agropecuaria, forestería, etc), sino un departamento de catastro común, que controle y apruebe el uso del espacio.

Los mismos autores señalan que la legislación juega un rol muy importante y mencionan el caso del Perú, donde se prioriza el uso del espacio a las actividades mineras y de hidrocarburos e indican que la justificación es netamente económica.

En este sentido, Chicchón (1997) indica que, si bien el desarrollo energético es importante y necesario, debemos tener en cuenta no sólo las variables económicas, sino también la conservación del patrimonio natural y cultural.

Donde se ha ocupado la tierra no en base a una planificación, el uso de la tierra es un caos. Por ejemplo, en la selva Sur del Perú, se practica la agricultura sobre tierras de aptitud forestal, se efectúan exploraciones petroleras en bosques con megadiversidad, se extrae oro del subsuelo en cauces de ríos y quebradas causando pérdidas irreversibles de tierras muy fértiles para la agricultura, se practican actividades mineras de terceras personas sobre territorios titulados de comunidades indígenas, entre otros.

Por ello, el mapa de ordenamiento territorial debe hacerse en base al uso actual de la tierra y plantear, con perfil bajo, el traslado de actividades en base al uso mayor de la tierra.

De acuerdo a lo mencionado, existe la necesidad de elaborar un mapa de ordenamiento territorial integral y concertado donde se requiere un alto grado de participación de los diferentes actores con el fin de asegurar su puesta en práctica por la población y asegurar su predisposición en hacer algo que ellos han propuesto.

Manejo forestal

Es muy frecuente la creencia de que el manejo de una especie implica la disponibilidad de grandes áreas, pero no es así. Por ejemplo si se extrae los frutos de aguaje (*Mauritia flexuosa*) con equipos que nos permitan acceder hasta los racimos y cortarlos, lo que estamos haciendo es una cosecha sostenible de los frutos de aguaje. Esto permitirá cosechar frutos en forma permanente.

Existe otro nivel de manejo de una especie, donde necesariamente hay que cortar la planta para aprovecharla. Ejemplos hay muchos, cuando se aprovecha uña de gato (*Uncaria* sp) o plantas maderables. En estos casos es necesario tener un programa de reposición de lo que se ha extraído.

A continuación se detalla, a grandes rasgos, los pasos que podrían darse cuando el aprovechamiento de una o más plantas implica su eliminación. Es importante mencionar que esta metodología fue aplicada por la FADEMAD-CI en la Selva Sur del Perú y actualmente están en espera del financiamiento de la infraestructura industrial.

Pasos necesarios:

- saber dónde se encuentra el recurso
- determinar cuánto de recursos hay
  - evaluación exploratoria de los recursos naturales boscosos
  - procesamiento de información para obtener cuadros de abundancia de especies
  - análisis de la información y definición de las especies de interés
  - chequeo de campo
  - definición del objetivo de manejo forestal
  - evaluación detallada de la(s) especie(s) definida(s) en el objetivo de manejo
  - procesamiento de información y determinación de la abundancia
- definir cómo se va a efectuar el aprovechamiento
- determinar cómo se va a reponer
- definir el tipo de industria forestal
- efectuar un estudio económico (por ejemplo, evaluar costo de aprovechamiento, costo de reposición, costo de transformación, costo de transporte, existencia de mercado, precio de venta, rentabilidad, otros)
- elaboración de un plan de manejo forestal

Los puntos claves son la rentabilidad y cómo reponer lo que se aprovecha. Muchas veces se pasa todas las etapas pero resulta que no es rentable. En este caso el manejo forestal queda como un intento.

En lo que respecta a la reposición de lo que se extrae se acude a tres fuentes:

- documentación bibliográfica existente
- conocimientos locales
- trabajo de campo (datos provenientes de la evaluación detallada)

Estas tres fuentes deben permitir conocer lo siguiente: cantidad de luz que necesita la planta durante las diferentes etapas de su ciclo de vida, mecanismos de regeneración natural, dispersores naturales de semillas, depredadores de frutos y semillas, condición silvicultural de la planta, etc.

Si no se completa la información, será necesario iniciar una investigación aplicada en forma paralela.

Nota: FADEMAD (Federación Agraria Departamental de Madre de Dios) y CI (Conservación Internacional), son dos instituciones que trabajan en Madre de Dios-Perú.

Conclusiones

- Es necesario incluir en la legislación forestal mecanismos que promuevan la participación de la población en la toma de decisiones, la diversificación de los productos del bosque y una mayor contribución de la forestería para combatir la pobreza.

- La economía neoliberal vigente basada en el crecimiento económico podría afectar negativamente al modelo de desarrollo de las poblaciones rurales amazónicas alejadas, caracterizadas no por dominar y transformar a la naturaleza sino en conocerla y convivir con ella, bajo una economía de autoconsumo.

- En la actividad forestal, el manejo forestal implica sostenibilidad del recurso, mantenimiento de la capacidad productiva y permanencia del usuario a través del tiempo en su área bajo contrato forestal.

- Es urgente poner en práctica, dentro de los requisitos para solicitar un área de contrato forestal, la aprobación de un curso de manejo forestal, legislación forestal y conservación de recursos naturales.

- No se necesita áreas extensas para hacer manejo forestal, ya que la unidad elemental de manejo es una planta.

- El ordenamiento territorial debe ser centralizado y debería existir un departamento de catastro común, que controle y apruebe el uso del espacio.

- En la actividad forestal es importante diferenciar si el manejo de una o más especies implica la cosecha permanente del producto o la eliminación de la planta.

Bibliografía

Becker, E. 1996. Visión del desarrollo mundial. In. Revista Medio Ambiente, N° 67, Año XI, Enero 1996. pp 33-40.

Bernales, A; Chicchon, A; Glave, M; Rios, M. Conservación y desarrollo sostenible en la zona reservada Tambopata-Candamo. Estudio de pre-factibilidad. Instituto Nacional de Recursos Naturales-INRENA. Lima. 94 p.

Chicchon, A. 1997. Gas y petroleo vs Bosques tropicales. Revista Agronoticias, N° 205, Enero 1997. pp 23-23.

De Camino, R. 1996. El papel del CIFOR en América Latina. Memorias de la consulta regional sobre prioridades de la investigación forestal colaborativa, llevado a cabo en Manaus, Brasil, del 7-9 Marzo 1996. Center for International Forestry Research (CIFOR), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA). pp 47-51

Herz, C. 1996. Más allá del crecimiento Revista Medio Ambiente, N° 67, Año XI, Enero 1996. pp 20-22.

Luna, A. 1996. Nuevas tendencias en el aprovechamiento de los bosques tropicales Revista Bosques y Desarrollo, N° 16, Setiembre 1996. Organización Internacional de Maderas Tropicales. pp 45-45

Marmillod, D. 1996. Efecto del aprovechamiento forestal sobre la población de bayal, una especie no maderable. Implicaciones ecológicas para una silvicultura con fines de producción diversificada en bosques de El Peten, Guatemala. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Proyecto Olafo. Documento presentado en el Seminario-Taller, Experiencias prácticas y prioridades de investigación en silvicultura de bosques naturales en América tropical, realizado en Pucallpa, Perú, del 17-21 al Junio 1996. 11 p

Vincent, Lawrence W. 1996. Evaluación histórica y desarrollos recientes de la silvicultura del bosque tropical alto en América. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Documento presentado en el Seminario-Taller, Experiencias prácticas y prioridades de investigación en silvicultura de bosques naturales en América tropical, realizado en Pucallpa, Perú, del 17-21 al Junio 1996. 55 p.

Opciónes de Manejo e Exploración Sostenible de Florestas Tropicales

Evaldo Muñoz Braz

Resumen

Durante muito tempo a floresta tropical úmida foi considerada um obstáculo ao desenvolvimento. Entretanto nos últimos anos ela tem sido alvo dos mais diversos interesses, temas e intenções, dentre os quais: madeira, uso múltiplo, baluarte ecológico, biodiversidade, etc.

Apesar do atual interesse mundial sobre a floresta tropical dado a seu imenso potencial, principalmente em biodiversidade e como mantenedora de importantes sistemas ecológicos,sem esquecer dos possíveis valores econômicos, os Governos tem sido impotentes para garantir sua manutenção.

Além disso, os debates levantados entre conservacionistas, preservacionistas e outros grupos de interesse, que deveriam esclarecer geralmente ocorrem de forma polarizada, reduzindo a questão para ou uso exaustivo da floresta ou sua intocabilidade Neste meio tempo, o interesse imediato do capital tende ainda a desconsiderála e continua tentando outras formas de produção nesta áreas.

Já as produções madeireiras ou de produtos não madeireiros estão entre os extremos, complexos que são: sustentabilidade e economia. Ou seja, a primeira é acusada de não ser sustentável e a segunda de não ser econômica.

O caminho de abordagem deve ser por essas razões, mais amplo. Para garantir a manutenção da cobertura florestal destas áreas de maneira conveniente, dois requisitos básicos devem ser considerados, o ecológico e de utilização, somado ainda a um terceiro e imprescindível fator: a presença ou não de habitantes da floresta. Entre tanto, as possibilidades existentes de manejo da floresta tropical, seu potencial, limitação ou adequação de uso, são pouco divulgados.

O presente trabalho tentará sistematizar as formas de manejo florestal sustentado já conhecidas ou novas formas e conceitos, possíveis de serem desenvolvidos, abordando os requisitos para sua utilização como base para discussão. Seu principal objetivo é divulgar estes sistemas de manejo junto a instituições governamentais e não governamentais ligadas a floresta tropical, pesquisadores, e manejadores florestais, legisladores e planejadores públicos, dentre outros, procurando dar uma visão geral dos mesmos.

Conceito de manejo florestal e sustentabilidade

Desde a Idade Média sabese de leis relativas às florestas, visando sua produção econômica sustentada , mas somente em 1713 é que Carlowicz cria o termo *sustentabilidade* relacionado a exploração de florestas.

O termo significava tradicionalmente o uso do solo (independente da atividade), a longo prazo, com rendimentos estáveis.

Segundo Andrae (1994) a Engenharia Florestal reconhece este princípio e o introduz no seu planejamento: "Desta forma, para o engenheiro florestal, a sustentabilidade sempre foi um conceito relacionado com espaço físico limitado e conhecido como *área de referência do regime sustentado*". Isto é importante para compreender o manejo florestal sob o prisma de uma utilização ótima e regular

Engenheiro Florestal, EMBRAPA-
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
CPAF-Acre
Apartado aereo 392, Rio Branco, Acre, Brasil

dos produtos da floresta em uma determinada área limitada.

Para o objetivo do trabalho, o conceito a seguir de manejo florestal é suficiente: "Explorar a floresta de um modo a prover rendimento sustentado dos produtos florestais, sem destruir ou alterar radicalmente a composição e estrutura da floresta como um todo." (Wyatt-Smith, 1987).

Formas de manejo florestal

A seguir, serão identificadas, as formas atuais e viáveis de utilização da floresta tropical, suas limitações e potencial econômico.Outras opções como, florestas para reservas biológicas ou turismo serão citadas apenas de forma geral, pois o interesse do artigo é enfocar as mesmas somente quando inseridas no conceito de manejo florestal. Nem sempre, entretanto, será possível diferenciálos, devido as possíveis combinações de formas de manejo florestal. Contudo é necessário sua fragmentação em conceitos individuais para facilitar o entendimento.

Manejo madeireiro

Sabese que somente 4% das florestas produtivas tropicais, recebem algum nível de exploração florestal regulada ou tratamento silvicultural (Lanly, 1982).

Isto ocasiona confusão na opinião pública, que não diferencia o manejo de exploração não regulada , sendo, talvez, um dos principais argumentos dos conservacionistas contra o manejo florestal.

Outra dúvida, esta sim já mais complexa e pertinente, seria se mesmo sob adequado manejo florestal (com as técnicas atuais e o correto controle) a sustentabilidade estaria garantida. Poore et al. (1989), asseguram "que não é possível demonstrar conclusivamente que alguma floresta tropical, para produção madeireira foi manejada com sucesso, pois a resposta rigorosa é possível somente, depois da terceira rotação. A primeira rotação não serve de base para avaliar qualquer declínio posterior." "Além disso", continua, "a taxa anual de corte, sofrerá provavelmente redução, uma vez que o incremento não será o mesmo dos anos anteriores."

Higuchi e Freitas (1993), consideram que a produção das florestas da Amazônia, no futuro conterão árvores de espécies desejáveis com diâmetro menor do que 70cm, e que isto entretanto resultará positivamente facilitando a organização dos trabalhos de exploração florestal.

Silva (1993) considera que as limitações do manejo florestal são apenas de ordem econômica , social e institucional e não mais de ordem técnica. Realmente, os 20 anos de pesquisa em manejo de floresta tropical da EMBRAPA/CPATU proporcionam uma base sólida para tal afirmação.

♦ *Principais limitantes*

Além do tema sustentabilidade, outros fatores não técnicos concorrem para dificultar a real implementação do manejo madeireiro:

- Financeiro: as escalas de tempo das rotações e taxas utilizadas são inadequadas para a viabilidade do manejo madeireiro. O "custo do manejo florestal", ainda não é admitido (Johnson et al., 1991) e considerações sobre escassez e dispersão da espécie de interesse são negligenciadas. Sendo assim, as florestas são subvalorizadas. Se não é considerado o "custo do manejo", o produtor abandona as práticas sustentáveis de manejo florestal (Silva, 1993).

- Ambiental: haveria perda (redução) do potencial de diversidade da floresta manejada.

- Social: este tipo de manejo poucas vezes envolve as populações marginais e as estradas de acesso, são muitas vezes um estímulo para a invasão, em busca de áreas para a produção de alimentos.

- Controle: as instituições de controle não estão capacitadas atualmente para proteger as áreas manejadas, de invasão, ou avaliar a adequada exploração e tratamentos silviculturais, seja por falta de equipamentos adequados, pessoal treinado ou mesmo sistemas de monitoramento .

Ainda devem ser citados a falta de uma política nacional para evitar que áreas potencialmente florestais sejam convertidas para outros usos (Silva, 1993) e por último falta de pessoal técnico qualificado.

♦ *Considerações*

Possivelmente, de acordo com a região, uma melhoria significativa na transformação, pode ser um dos primeiros passos para a viabilização do manejo madeireiro agregando um maior valor aos produtos madeireiros (Gama e Silva & Braz, 1991).

Outra sugestão seria considerar diferentes níveis de manejo, baseados no custo dos tratamentos silviculturais e seu nível de intervenção.

Áreas permanentes de manejo devem ser definidas por um rigoroso macro zoneamento evitando o confronto com átividades potencialmente inadequadas para estas regiões.

As populações vizinhas a qualquer área florestal manejada devem ser envolvidas (Buschbacher, 1990) no processo.

Eficientes serviços florestais devem ser desenvolvidos para o perfeito controle e fiscalização das florestas manejadas.

As técnicas atuais de manejo garantirão a manutenção de grandes áreas sob cobertura florestal, valorizando a floresta tropical úmida, enquanto a pesquisa avança no seu aperfeiçoamento.

Além disso, é importante enfatizar que muitos trabalhos tem sido realizados visando definir, nas palavras de Silva (1993), "um sistema silvicultural brasileiro". Os resultados das pesquisas na Floresta Nacional do Tapajós em resumo definiram o seguinte sistema:

- exploração de no máximo 40 m3/há;
- abate direcional;
- inventário a 100%;
- liberação das árvores para o ano seguinte;
- monitoramento mediante parcelas permanentes;
- tratamentos silviculturais a cada 10 anos.

Com este sistema, é esperado, segundo o mesmo pesquisador, uma produtividade em torno de 2 m3/há/ano com um ciclo de corte estimado de 30 anos.

Manejo de produtos não madeireiro

Esta forma de manejo referese a produtos não madeireiros que podem ser extraídos da floresta com possibilidade de manejo florestal sustentado dos mesmos. Entre estes produtos encontramse, óleos, resinas, bambu, produtos medicinais, látex, frutas, etc.

Em alguns destes tipos de exploração (ou colheita), pode ser necessário o abate da árvore, o que requisitará cuidadoso planejamento para sustentabilidade da espécie.

Inventário detalhado deverá ser elaborado, condicionando a dispersão à escassez da espécie de interesse. Deverá ser considerado, também o enriquecimento em áreas compatíveis.

Peters (1996) coloca as seguintes questões para o correto planejamento do manejo dos produtos não madeireiros: a) Qual o impacto ecológico atual quando da exploração de quantidades comerciais de produtos não madeireiros da floresta tropical? b) Algumas espécies ou recursos são mais resilientes a exploração contínua do que outros? c) O que pode ser feito para minimizar estes impactos? d) Que tipo de atividades de monitoramento, práticas de manejo e técnicas silviculturais podem ser utilizadas para assegurar que os recursos não serão aniquilados? Estas questões não são comumente mencionadas, segundo o autor, por serem menos visíveis ao longo do tempo, mas acontecem evidentemente. Ele dá como exemplo a coleta comercial de frutos e sementes que pode tornar problemática o recrutamento de novas mudas na floresta. Existe a necessidade portanto de se difinir pouco a pouco técnicas e sistemas de manejo também para os produtos não madeireiros. Este autor considera cinco passos básicos para o manejo dos produtos não madeireiros: 1) Planejamento inicial (recolha de toda informação básica e bibliográfica possível da área, como mapas, mapas de solo, dados climatológicos, tipologia preliminar florestal e outros levantamentos); 2)Inventários florestais detalhados (considerando distribuição, abundância dos diferentes recursos e tipologia florestal); 3) Seleção das espécies à serem manejadas (considerando fatôres econômicos e sociais e potencial de manejo. Esta avaliação de potencial será baseada nas caraterísticas do ciclo de vida da planta, tipos de recursos produzidos, abundância em consideração as diferentes tipologias florestais e estrutura de população); 4) Rendimento do manejo (tem o objetivo de prover uma razoável estimativa da quantidade de recurso que pode ser produzida em bases sustentáveis em um habitat particular. Neste caso deverá se selecionar amostras e métodos de análise adequados); 5) Definição final do método de manejo a ser utilizado. Subsequentemente as "aproximações"e ajustes e correto monitoramento irão definir o manejo mais correto dos produtos.

Para Pearce (1990), os produtos não madeireiros podem representar importante fonte de renda. O mesmo autor cita a Indonésia, que deu um salto nas exportações, de 17 milhões de dólares (1973), para 154 milhões (1985) e 238 milhões de dólares (1987).

Peters e colaboradores (1989), citado por Pearce (1990), em análise de frutas e látex em 01 (um) hectare de floresta tropical úmida (Peru) afirmam que a renda dos produtos não madeireiros podem igualarse ou até mesmo superar a da madeira. O mesmo autor sugere que este fator é forte argumento (lucratividade financeira) à manutenção da cobertura florestal e que provavelmente grande parte da floresta tropical é danificada devido a falta de regimes alternativos de manejo para "safras" alternativas.

♦ *Principais limitantes*

O Harvard Institute for International Development em trabalho preparado para a ITTO (1988), considera que os produtos não madeireiros diferem nos seguintes aspectos dos produtos madeireiros:

- exibem grande variedade de produtos e espécies;
- o habitat nos quais economicamente e ecologicamente os produtos podem ser obtidos;
- baixo rendimento por unidade de área; e
- alto valor monetário somente quando em quantidades consideráveis.
- a exploração (ou coleta) requer intensa mão-de-obra.

♦ *Considerações*

Normalmente estes produtos podem ser encontrados em qualquer floresta tropical úmida.

Apesar de grande número destes produtos já terem sido identificados, o número de produtos não madeireiros comercialmente exploráveis é ainda uma pequena fração do potencial disponível (ITTO, 1988).

Estes produtos podem suprir ainda, necessidade inerentes ao próprio habitante da floresta.

Os produtos não madeireiros são geralmente a base para produção artesanal e industrial de pequena escala.

Além de gerar empregos para praticamente todos os níveis de população, mesmo emprego próprio uma vez que a exploração requerida é de intensa mão-de-obra (ITTO, 1988).

Como sugestão (baseado em ITTO, 1988) os esforços requeridos para o sucesso desta comercialização, seriam:

- maiores informações econômicas e estatísticas
- buscar estabelecer mercado mundial
- identificar potencial de suprimento destes produtos e padrão de qualidade para os mesmos
- desenvolver tecnologias de estocagem e transformação
- desenvolver regulamentos de manejo e estudos de custos para os mesmos
- buscar marketing adequado
- criar o conceito de comercialização conjunta de vários produtos ao mesmo tempo, buscando o mesmo canal de comercialização.

Braz et al. (1995) escolheram os seguintes princípios básicos visando o manejo dos produtos florestais não madeireiros para o Plano de Manejo da Floresta Estadual do Antimari (Projeto PD 94/90-ITTO, executado pela FUNTAC):

- pequena complexidade de processamento dentro da floresta;
- possibilidade de comercialização em escala de mercado;
- sustentabilidade dos recursos;
- possibilidade do desenvolvimento de técnicas adequadas de manejo dos recursos considerando taxa de extração, compartimentalização, etc.).

Manejo de uso múltiplo

Como *manejo de uso múltiplo* entendese, principalmente, o manejo conjunto dos principais produtos que a floresta pode oferecer. Este conceito esta intimamente ligado com o plano de uso da terra (Leuschner, 1992). Neste caso considerase todas as alternativas possíveis de possibilidade de administração dos recursos da floresta, como produtos madeireiros e não madeireiros em conjunto, produção de alimentos, turismo, proteção da vida silvestre, água, etc.

Hall (1972) define manejo de uso múltiplo como o manejo dos vários recursos da superfície das florestas (nacionais no caso dos Estados Unidos) de modo que elas sejam utilizadas em uma combinação que melhor atenda as necessidades das populações, fazendo o mais sensato uso da terra.

Entretanto, para esta condição de manejo, existe a necessidade de forte sistema e critérios de gerenciamento dos produtos. No caso do Plano de Manejo da Floresta do Antimari (Braz et al.,1995), será utilizada (pela primeira em área de floresta tropical com população) a modelagem proporcionada pela Programação Linear (parte da Pesquisa Operacional) para avaliar os retornos econômicos baseados nas alternativas práticas e sistemas produtivos envolvendo diversos insumos. Vários fatores devem ser considerados neste caso, como: restrições na mão- de-obra, restrições quanto aos recursos naturais disponíveis, mercado, orçamento, estocagem, escoamento, limitação do tempo para execução das atividades, entre outros. Para esta combinação ótima, quando estão em causa vários produtos, será utilizada a Programação Linear , a qual considera que os rendimentos líquidos apresentam uma relação linear com os fatores variáveis (Duerr, 1972). Em caso, mais específico, em manejo de uso-múltiplo, será utilizado a Programação por Metas, uma variante da programação linear. Esta técnica é destinada, especificamente, a articulação de múltiplos objetivos e sua solução simultânea (Leuschner, 1992). Este modelo, quando desenvolvido, determinará o uso ótimo dos recursos a fim de maximizar os retornos, mantendo assim, rendimentos sustentados a nível das diferentes situações de manejo e na Floresta do Antimari como um todo.

Dentro destas otimizações dos recursos, serão buscadas as seguintes possibilidades de soluções ótimas de modelo:

- manejo dos produtos não-madeireiros;
- manejo dos produtos madeireiros;
- manejo dos produtos madeireiros e não-madeireiros em conjunto.

Manejo florestal em área com população

O manejo florestal deve ser adaptado não apenas as características das florestas, como também as características das populações que habitam estas florestas. Assim as estratégias para intervenção em áreas despovoadas devem ser diferenciadas para as florestas ocupadas por populações tradicionais (Braz e Oliveira,1994).

Normalmente os planos de manejo madeireiro são planejados para áreas sem população ou no mínimo desconsiderando as mesmas. Todos os planejamentos consideram apenas técnicas adequadas a extração propriamente dita.

Neste caso as limitações ou considerações assemelhamse ao caso anterior, entretanto, existe a participação ou envolvimento dos habitantes da área.

O Estado do Acre é um exemplo de situação em que a floresta tropical encontrase densamente povoada. Neste tipo de manejo, há necessidade de identificar a forma de retorno, do valor da madeira explorada para a população a nível individual. As cooperativas e associações terão papel importante.

Na parte relativa a implementação, o lançamento das estradas, compartimentos e pátios de estocagem devem ser repensados. Os efeitos na caça de subsistência devem ser avaliados.

A existência de população na área, pressupõe anterior atividade coletora desta comunidade, o que implica em

cuidados nos planejamentos de abate e extração (Braz e Oliveira, 1996). Na Floresta Estadual do Antimari, por exemplo, caracteristicamente uma área de produção de borracha e castanha estes cuidados foram tomados. Cada família controla 300 ha que são tornados acessíveis por caminhos (estradas de seringa). A distribuição irregular destes caminhos, a distribuição das árvores de borracha, castanha ou outras plantas alimentícias não favorecem a divisão em compartimentos e rede de estradas segundo a prática de manejo normal.

Assim a unidade "colocação"(área de moradia e atividade do seringueiro) foi considerada a unidade básica de produção e toda planificação feita neste sentido. As taxas de extração foram bem abaixo da realizada em florestas que só possuem a função de extração madeireira e de acordo com a tipologia florestal. O pessoal local foi treinado também em técnicas de exploração cuidadosa para o povoamento remanescente (Braz e Oliveira, 1996).

Condições gerais para o manejo florestal

Zoneamento

Talvez o zoneamento seja o principal requisito e o de mais difícil compreensão. O conceito de zoneamento em regiões de floresta tropical úmida é (ou deveria ser) completamente diferente do puro conceito de zoneamento agronômico. O zoneamento deve partir do ponto de vista das variáveis da floresta. Neste caso, a existência de população na floresta, por exemplo, já deve ser considerado como uma nova variável (a existência de áreas com atividades extrativistas é outro exemplo de fatores que devem ser imediatamente assimilados).

Outras variáveis ou utilizações da floresta (produção madeireira em áreas para isso determinadas, reservas biológicas, corredores, áreas de produção de alimento, etc) devem ser considerados, sem necessariamente, se opor entre si.

O Zoneamento deve considerar a macro distribuição espacial destas áreas transcendendo fronteiras de estado ou país. A produção madeireira, de maneira geral, deve localizarse somente em "áreas permanentes de manejo florestal madeireiro".

Qualquer possível combinação entre os diferentes tipos de manejo (madeireiro e de uso-múltiplo), diz respeito a análise e decisão das próprias comunidades moradoras de áreas florestais. No caso das reservas extrativistas (que visam somente borracha e castanha) Viana (1991) defende a extração madeireira sob manejo sustentado salientando entretanto que a produção madeireira para comercialização, requer um nível de organização social elevado e regularização da estrutura fundiária, para impedir que ela resulte em saque às reservas extrativistas. É claro que a opção por mais este recurso diz unicamente respeito ao extrativista.

Após esta macro distribuição espacial, entre os vários usos da floresta tropical, sem dúvida o papel dos *corredores* e seu levantamento e planejamento, tem crucial importância. Deverão ser planejados de maneira a diminuir a fragmentação das áreas sob cobertura. Eles serão fundamentais para facilitar o movimento da fauna, concorrendo para dar suporte a diversidade biológica (Saunders, 1991).

Após a quantificação, qualificação, planejamento e distribuição de todas estas macro áreas de uso da floresta, outras atividades podem ser então definidas (áreas de conversão).

Ambiental

Os requisitos ambientais não podem ser estudados em separado. O caso do correto zoneamento abordado anteriormente, refletirá positivamente sobre o item ambiente.

O impacto do manejo madeireiro deve ser avaliado e pode ser reduzido mediante praticas adequadas (Costa Filho, 1991) e também localizado de acordo com as áreas especificas para manejo madeireiro segundo zoneamento.

O impacto que possa ter o uso múltiplo, já é questionado pela IUCN (The World Conservation Union), no encontro sobre o extrativismo na América Latina, em Amacayacu em 1992 e por Peters (1996).

Entretanto se deverá admitir, que nas áreas destinadas a manejo, a manutenção completa da diversidade, jamais poderá ser garantida. Por isso em cada caso de ecossistema podese indicar, através de estudos, qual o índice suportável.

Além disso uma política de estudo exaustivo das diversidades regionais e criação de modelos de monitoramento, podem ser implementados unindose entidades de pesquisa. É claro que projetos assim deverão contar com o total apoio dos governos e estas linhas de pesquisa serem identificadas como prioritárias e transcenderem os mesmos.

Social

Uma das principais causas da falha em todo mundo dos planos de manejo é a incapacidade dos responsáveis pelo manejo em controlar o uso da terra, mesmo em áreas que outros pré-requisitos como a regeneração após o corte é adequada (Buscbacher, 1990).

A invasão das áreas sob manejo sustentado após o primeiro corte é uma constante em vários países tropicais. A própria estrada florestal tornase um fator importante de acesso a estas áreas.

Goodland et al. (1991) e Buscbacher (1990) consideram que a sustentabilidade das florestas passa pela estabilização das populações vizinhas a estas.

Leslie (1987) analisa que qualquer exame superficial da causa dos desmatamentos passa pela questão de pobreza do III Mundo.

Deve ser lembrado que os estímulos dado pelos governos à áreas tropicais, classificandoas principalmente

como *fronteira agrícola*, tem maior influência nos desmatamentos.

Pesquisa

Segundo King (1990), não existe ainda modelos de manejo verdadeiramente tropicais e os atuais seriam adaptações do manejo florestal de áreas temperadas. Devese considerar a necessidade de novos conceitos ou modelos de manejo florestal mais adaptados a floresta tropical úmida à partir das experiências já realizadas e viabilizar a replicação destas pesquisas em vários pontos da Amazônia.

Carvalho (1992) considera que existem áreas na Amazônia sem regeneração satisfatória portanto experimentos e pesquisas na floresta tropical devem ser iniciados e diferentes métodos e técnicas devem ser testados.

A possibilidade da perfeita combinação no manejo de produtos madeireiros e não madeireiros deve ser perseguida não só em projetos de pesquisa, mas associandoos a projetos de implementação real. O envolvimento de populações da floresta e pequenos e médios produtores é fundamental.

Um nível suportável de diversidade biológica deve ser garantido. Qual o nível e como mantêlo é função da pesquisa determinar para garantia inclusive da sustentabilidade do sistema.

As instituições de pesquisa da Amazônia nacional e internacional devem criar um polo de pesquisa que possibilite o suporte a planos reais de manejo florestal em diferentes tipologias florestais e ambientais.

A manutenção das linhas de pesquisa e a formação de pessoas tecnicamente capacitadas em floresta tropical também dois fatores importantes a considerar.

Entretanto, um fator importante a ser considerado é identificado por D'Silva e Appanah (1995) que é a falta de financiamento adequado para a pesquisa florestal (em torno de 0,05 a 0,12 % do valor dos produtos florestais) e isto é uma constante para todo o mundo tropical.

Custo do manejo

Como mencionado antes, o custo do manejo não é considerado. Não apenas o custo do documento e levantamentos necessários ao mesmo para apresentação no órgão controlador.

Existem também custos e taxas adequadas as rotaçoes ou ciclos de corte. Custos estes compostos de todas as atividades de planejamento, implementação de rede de estradas, logística, exploração, tratos silviculturais, transporte final entre outros. Mais tarde identificando o real valor da floresta de acordo com suas espécies.

Além disso, o mercado nacional ou internacional não reconhece ainda a diferença entre madeira produzida com ou sem sustentabilidade, tornando o preço da primeira muito abaixo para remunerar os custos de sua produção (Jonhson et al., 1991).

Leslie (1987) concorda com a viabilidade do manejo sustentado, salientando a importância da escolha adequada da taxa interna projetada durante o período e ainda a importância de se considerar os benefícios dos produtos sem remuneração (qualidade da água, microclima, conservação do solo, etc.).

Outro fator é o número de espécies com mercado garantido. Um maior numero de espécies com mercado, proporcionará recursos mais concentrados, necessitando poucos metros lineares de estrada por metro cúbico de madeira no caso, aser produzido (Buschbacher, 1990). As espécies devem ser oferecidas no mercado externo ou interno por grupos com as mesmas qualidades tecnológicas e uso final. Lanly (1976), comentando o planejamento de inventários florestais menciona que famílias botânicas inteiras apresentam características muito semelhantes e espécies correspondentes podem ser agrupados sem dificuldade, em outros casos continua, o agrupamento é possível dentro da mesma família.

A adaptação de mecanismos de financiamento dos planos, adequados a duração dos ciclos biológicos florestais são indispensáveis a concretização do manejo sustentável (Barthod et al., 1991).

Condições imediatas para implantação do manejo florestal

Qualidade dos planos de manejo

Atualmente a maior parte dos planos de manejo em floresta tropical no Brasil, tem função meramente burocrática ou de "aval". Ou seja, depois de preenchidos os requisitos exigidos pelo órgão controlador, sua implementação efetiva, como os tratamentos silviculturais necessários, planejamento da rede de estradas, compartimentos ideais, não passa para a realidade.

Muitas vezes quem elabora os planos de manejo, desconhece (ou prevê) a realidade futura, quando da implementação destes, no campo. Existem planos de manejo forjados em dados de outros levantamentos. Normalmente estes apresentam custos muito abaixo do esperado, pois não foram executados todos os levantamentos necessários.

Existem "indústrias de planos de manejo florestal" completamente dissociados da realidade, buscando apenas a aprovação no orgão competente.

Siqueira (1989) levanta ainda a necessidade de formação de profissionais qualificados a nível de pesquisa em manejo sustentado devido a escassez de pessoal nessa área com a devida formação.

Melhoria no planejamento

A exploração em floresta tropical úmida, até a presente data tem sido realizada de forma extensiva e sem o devido planejamento (Oliveira e Braz, 1995).

Atualmente, uma das discussões básicas sobre a floresta tropical é a possibilidade ou não da sua sustentabilidade quando manejada. Poore (1989), Graaf (1986) e as diretrizes da ITTO identificam que um excelente auxiliar a sustentabilidade da produção madeireira é a chamada exploração cuidadosa (ou *bom manejo*) das florestas tropicais. Sabese que, com uma sistemática adequada de exploração florestal, os danos ao povoamento podem cair de 26% (Uhl e Vieira, 1989) quando sem planejamento, para 6 - 15% (Poore, 1989) com exploração cuidadosa do povoamento. Costa Filho (1991) identificou os seguintes percentuais de danos ao povoamento após os trabalhos de exploração sem cuidados especiais: 29,9% causado pelas operações de exploração, 16,51% devido as picadas de arraste e 1,94% por danos no estoque em pé.

Além destes fatores, o adequado planejamento das diferentes fases da exploração e seu interface pode reduzir os custos destas atividades. Este planejamento pode ser facilitado por vários instrumentos existentes, como análise de modelo, programação linear, adequado planejamento da rede de estradas (Braz, 1992).

Um grande impacto no custo de exploração reside na abertura das estradas, além do dano ao povoamento, por isso devem ser cuidadosamente planejadas.

Controle eficiente

Existe falta de pessoal, seja em número, seja em capacitação para o controle eficiente em toda a Amazônia. Com exigências burocráticas pesadas e muitas vezes conflituosas a preocupação no controle tende a cair mais sobre a documentação necessária do que sobre as necessidades técnicas.

O controle de campo é um dos principais problemas. Controle eficiente não significa mais burocracia (excessiva no caso do Brasil), mas sim que os órgãos fiscalizadores devem estar capacitados do ponto de vista de pessoal e equipamento ou os planos de manejo continuarão sendo uma falácia.

Sistema produtivo

O mercado interno não diferencia a origem da madeira (ou outros produtos de origem florestal) se de área manejada ou não (Jonhson et al., 1991; Oliveira & Braz, 1994), desestimulando assim, o manejador (produtor) em potencial.

Mas o problema fundamental da produção madeireira no Estado do Acre (e quem sabe em toda a Amazônia) está no sistema produtivo. Segundo Oliveira & Braz (1994) a produção de madeira no Acre ocorre quase que totalmente vinculada a conversão das florestas naturais para a agricultura e pastagens. Assim a madeira de espécies comerciais presente na área é retirada e vendida, ficando difícil para a atividade manejo florestal, com seu planejamento, execução complexa e pessoal técnico especializado possa competir em custos e mercado com este tipo de exploração.

Deveriam ser criados sistemas de controle e desenvolvidos critérios que possam diferenciar estes dois modelos produtivos à nível de mercado.

Entendimento e vontade política

Os governos são os responsáveis pela manutenção dos recursos naturais.

Linhas de pesquisa, controle ou implementação dos trabalhos muitas vezes ficam comprometidos na transição de governos.

O motivo é a não compreensão destas atividades como tão básicas como produção de alimentos ou outro fim e transcendente a governos. É a não compreensão da necessidade de zoneamento de uso da terra, que pode determinar várias sugestões de uso em que se enquadram todas as necessidades e pode se tornar uma alavanca de desenvolvimento regional. Este desinteresse histórico leva sem dúvida a diminuir a importância da própria pesquisa florestal ante a opinião pública.

Atualmente o Governo Federal passa a pensar suas regiões de floresta tropical com por exemplo, a proposta de Política Nacional Integrada para a Amazônia Legal (MMA,1995) onde o uso sustentável de seus recursos naturais, o povo que habita estas áreas, o desenvolvimento integrado destas regiões, o desenvolvimento de tecnologias de baixo custo e o privilégio a atividades que fomentem empregos, entre outras preocupações, são a base do documento.

Conclusão

A pesquisa e sua continuidade são fatores básicos para o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos diferentes conceitos de manejo florestal. Existe um longo caminho a percorrer com relação ao manejo da floresta tropical, principalmente com relação ao manejo dos produtos não-madeireiros e o do uso-múltiplo da floresta tropical como um todo.

A pesquisa deve buscar novas opções de sistemas de manejo junto ao pequeno e médio produtor e populações inseridas na floresta. Devese estudar o estímulo à pequenos proprietários rurais, à elaboração de planos de manejo conjunto, coordenados através de cooperativas. A estabilização e envolvimento das populações marginais, a melhoria de vida e adequado plano de uso da terra é fundamental para a implementação dos planos de manejo. A sustentabilidade das florestas sustentase no tripé básico: social, ambiental e econômico.

É importante a abrangência da pesquisa de planos de manejo, os quais envolvam o florestal-econômico-social-comunitário-produtividade.

O "custo do manejo florestal" deve ser avaliado em toda sua estrutura. A admissão por parte dos países importadores do custo do manejo deve ser analisada.

A comercialização de espécies deve definir para oferta no mercado não espécies individuais, mas agrupamento,

baseado nas características tecnológicas e de uso evitando a pressão nas mais conhecidas.

Outros produtos ou benefícios da floresta devem ser considerados e avaliados. O próprio valor da árvore em pé deve ser reavaliado.

Devem ser elaborados mecanismos de financiamento compatíveis com as rotações da floresta tropical.

Novas técnicas de exploração já estão sendo utilizadas com ótimos resultados. Estas técnicas devem ser imediatamente difundidas, pois são a garantia da sustentabilidade das próximas rotações. Neste caso, a identificação de novos inputs para o planejamento da rede de estradas florestais e situações de arraste é importante, não só para a manutenção da sustentabilidade como da diversidade.

A adequada discussão do zoneamento tornará compatível as diferentes utilizações da floresta tropical úmida. O zoneamento deve partir do ponto de vista das variáveis da floresta. Qualquer empreendimento em áreas florestais deve estar limitado por rigoroso zoneamento.

Os governos através dos órgãos fiscalizadores devem procurar exercer um forte controle nas áreas florestais determinadas como "áreas permanentes de manejo". Estas áreas devem ser criteriosamente delimitadas e monitoradas. Devem ser desenvolvidos e pesquisados sistemas adequados de monitoramento do uso das florestas tropicais. Seria ideal que o Estado tivesse o controle das maiores áreas cedendoas por concessões. Estas áreas são a garantia do manejo e manutenção de grandes áreas com florestas e devem ser discutidas, a nível nacional, sua implementação. Os órgãos responsáveis pela fiscalização, devem buscar junto as instituições de pesquisa e governo apoio no controle e análise dos planos de utilização da floresta tropical.

Novas tecnologias devem ser buscadas pelos países ou estados produtores que possam agregar maior valor ao produto na medida em que possibilita novos experimentos em sistemas de manejo florestal.

A opinião pública em sua maioria desconhece a finalidade e importância de atividades sustentáveis para a manutenção das florestas tropicais. Os governos devem procurar trabalhar junto as instituições de pesquisa, primeiro compreendendo sua função, depois apoiandoas e procurando esclarecer a opinião pública como um todo.

Qualquer forma de utilização da floresta tropical úmida se corretamente manejada, concorrerá para manutenção de sua cobertura e de seus benefícios..

Bibliografia

Andrae, F. A Sustentabilidade em um mundo de sistemas abertos. 17-27. Revista Ciência & Ambiente, Santa Maria,Rs, v.1, n.1,p.17-27,1994.

Barthod, C.; Chevalier, B.: Devos, J-P.; Riedacker, A.; Faure, J-J; Caillez, F.; Clément, J. Conventions Internationales sur la Foret - sur quelles bases techniques negocier? Revue Bois et Forets de Tropiques, Paris, v.277, p.5-10, 1991.

Braz, E. M. Main constraints to implementation of forest management in tropical moist forest.In:Simpósio Internacional sobre Ecossistemas Florestais-Forest 92,2,1992, Rio de Janeiro.Resumos. Rio de Janeiro: BIOSFERA, 1992.

Braz, E.M.; Oliveira, M.V.N. D'; Gama E Silva, Z. A. G. P.; Calouro, A.M.Plano de manejo de uso-múltiplo da floresta estadual do Antimari. Rio Branco, Ac: FUNTAC, 1995.

Braz, E. M.; Oliveira, M.V.N. d'. Manejo florestal para áreas com populações tradicionais. In: III Simpósio Internacional deEstudos Ambientais sobre Ecossitemas Florestais-Forest 94,31994. Resumos expandidos,Porto Alegre. RS: BIOSFERA,1994.

Braz, E.M.; Oliveira, M.V.N. d'- Planning to reduce damage. Tropical Forest Update. Yokohama, Japão,1996. v.6, n. 9,1996.

Buschbacher, R. J. Natural forest management in the humid tropics: ecological, social and economics considerations. Ambio, v. 19, n. 6. 253-258.1990.

Carvalho, J.O.P. de. Structure and dynamics of a logged over brazilian rain forest. University of Oxford, 1992. 215p. Tese Doutorado.

Conselho Nacional Dos Seringueiros (Rio Branco, Acre). Diretrizes para um programa de reservas extrativistas na Amazônia. Rio Branco, 1993.

Costa Filho, P:P. Mechanized logging and the damages caused to tropical forest: case of tke Brazilian Amazon. EMBRAPA-CPATU.1991.

D'silva, E.; Appanah, S. Forestry management for sustainable development. An EDI Policy Seminar report. n.32. The International Bank for Reconstruction and Development. 1995.

Duerr, W.A. Fundamentos de economia florestal. Lisboa, Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 754 p.

Gama E Silva, Z. A. G. P; Braz, E. M. The Production Cost of The Management for forests Sustainable Production and Their Economics Impacts on the Acrean Wooden Industry, FUNTAC. 1991.

Goodland, R. Tropical moist forest management: The urgency of transition to sustainability. In: COSTANZA, R. Ecological economics: The science and management of sustainability. New York, Columbia University Press, 1991. p.486-515.

Graaf, N. R. de. A Silvicutural System for Natural Regeneration of Tropical Rain Forest In Suriname. Agricultural Universty Wageningem. The Netherlands. 1986.

Hall, G.R. The Myth and Reality of the Multiple Use Forestry.IN: Thompson,D.L. Politics, Policy and Natural Resources. New York, Collier-Macmillan.1972.363-375.

Higuchi, N.; Freitas, J. V. Experimental forest management on a sustainable yield. Basis at ZF-2 (Manaus, Amazonas, Brasil). 1993.

ITTO. The Case for Multipli-use Management os Tropical Hardwood forests. Harvard University.Cabridge. Massachusetts. 1988.

IUCN.El Extrativismo en America Latina. Conclusiones del Taller IUCN-CEE. 1992.

Jonhson, N., Cabarle B., Mead, D. Development Assistence, Natural forests Management and the Future os tropical forests. World Resources Institute. Washington. 1991.

King, K.F.S. The failure of tropical forestry management. Seminar on Sustainable Development of tropical forests. Yokohama, Japão.p.5-13.1990.

Leuschner, W.A. Introduction to forest resource management.Florida, Krieger Publishing Company, 1992. 298 p.

Lanly, J-P.Tropical Forest Resources. Food and Agriculture Organization.Rome.Italy.1982.

Lanly, J-P.. Tropical moist forest inventories. Unasylva. p. 42-51. 1976.

Leslie, A. J. A second look at the economics of natural management systems in tropical mixed forests. Unasylva. 155. v. 39. 46-58. 1987.

Oliveira, M. V. N. D' & Braz, E. M - Proposta para Politicas Florestais e Manejo Florestal Adequado, para o Estado do Acre.p.30. Simpósio Internacional de Estudos Ambientais sobre Ecossistemas Florestais. Porto Alegre. 1994. Resumos expandidos.p.42.

Oliveira, M. V. N. D' & Braz, E. M - Reduction of damage to tropical moist forest through planned harvesting. Commonwelth Forest Review.v.74, p. 208-210. Oxford Forest Institute. Oxford.1995.

MMA (Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal). Política Nacional Integrada Para a Amazônia Legal. Brasília. 1995.

Pearce, D. Recuperação Ecológica para conservação das Florestas a Perspectvivas da Economia Ambiental. Conferência IBAMA/ODA/ICI sobre recuperação ecológica para conservação das florestas. Brasília. 1990.

Peters, C.M. The Ecology and Management of Non-Timber Forest Resouces. The World Bank technical paper. Washington.1996.

Poore, D. et al. No Timber Withoud Trees: Sustainability in the tropical forests. Earthscan. London. 1989.

Saunders, D. A., Editor, Hobbs, R. J. Nature Conservation: The Role of Corridors. Surrey Beatty & Sons Pty Limited. 1991.

Silva, J. N.M. A Experiência do Manejo sob Rendimento Sustentado em Florestas Tropicais Úmidas. 1o. Congresso Florestal Panamericano. 1993. Curitiba.

Siqueira, J. D. P. . Sustained Forest Management in the Amazon: Need Versus Research. Amazônia: Facts, Problems and Solutions. S. Paulo. 1989.

UHI, C. , Vieira, I.C.G. . Ecological impacts of Seletive Logging in the Brazilian Amazon: A case study from Paragominas Region of the State of Pará. Diotrópica 21 (2). 98-106. 1989.

Viana, V. M. . Manejo Integrado dos Recursos Florestais nas Reservas Extrativistas: A questão da extração da madeira. Seminário sobre alternativas econômicas para reservas extrativistas. CNS/IEA. 1991.

Wyatt-Smith, J. The Management of Tropical Moist forest for Sustained Production of Timber: some issues. IUCN/IIED. Tropical Forests. Policys Paper 4. IUCN. Gland. Switzerland. 1987.

Planes de Manejo Forestal y Necesidades de Información para el Manejo Operacional

César Sabogal

CIFOR
Jl. CIFOR, Situ Gede, Sindungbarang,
Bogor Barat 16680, Indonesia.
Fax: +62 (251) 622 100
E-mail: C.Sabogal@cgnet.com

Resumen

El propósito central de esta contribución es presentar algunas reflexiones alrededor del manejo de bosques naturales, los planes de manejo, las necesidades de información para planificar el manejo, algunas deficiencias técnicas que se presentan y cómo mejorarlas a través de un plan de investigación paralela al proceso de manejo. Se da énfasis al manejo para fines de producción en bosques naturales latifoliados neotropicales y en los aspectos de información e investigaciones biofísicas y silviculturales requeridas para la planificación, implementación y evaluación de las operaciones técnicas de manejo.

Los puntos principales del documento son:

- *Una forma de promover la "entrada" al manejo de usuarios directos del bosque (propietarios, concesionarios, comunidades) es mejorando las deficiencias técnico-administrativas asociadas con los planes de manejo y su implementación. Se debe buscar que estos planes sean herramientas útiles para conducir y evaluar actividades de manejo responsable.*
- *En la planificación del manejo existen deficiencias notables en el uso de la información existente para cubrir aspectos importantes para el éxito de un manejo sostenible, como en el caso de las prescripciones sobre regeneración del bosque, la regulación de la producción forestal y las medidas para prever y/o mitigar los impactos negativos de las operaciones de manejo.*
- *La contribución potencial de la investigación al proceso de manejo forestal es muy importante, pero actualmente es bastante limitada. Se hace necesario sistematizar y diseminar más ampliamente los resultados de las investigaciones y las experiencias prácticas. Buena parte del conocimiento biológico, ecológico y silvicultural relevante para el manejo actualmente no es suficientemente accesible para quienes planifican y/o toman decisiones sobre el manejo de los bosques.*

Introducción

Manejo forestal y la importancia de los actores del manejo

Un principio básico en el uso racional de un recurso renovable es el aprovechamiento de su capacidad de producción sin comprometer en el tiempo los procesos que la sustentan. Traducido esto al manejo de bosques, nuestra preocupación debería expresarse en asegurar que un bosque conserve a través del tiempo su capacidad para generar beneficios derivados de la producción forestal (madera y productos diferentes de la madera), los servicios ambientales y el valor socio-cultural inherente. A partir de esta simple premisa podemos derivar las implicancias que conlleva el manejo forestal.

Una primera condición básica para que haya manejo forestal es que el bosque no sea convertido a otros usos (Finegan *et al.* 1993), de allí la necesidad de definir (y proteger) un área forestal permanente. Siendo una forma

de uso de la tierra donde se espera desarrollar una actividad económica, debe interesarnos que esta sea competitiva con otros usos alternativos, o expresado en otros términos, el manejo forestal debe ser lo suficientemente rentable para dedicarse a él.

Según los objetivos que se planteen, el nivel de beneficios que se espera obtener del bosque a través de su manejo debe estar basado en la capacidad de producción y auto-sostenimiento del recurso, y aquí deben reconocerse los límites biológicos del ecosistema. Partiendo de que cualquier intervención de manejo va a causar un cierto impacto sobre el ecosistema y aún en el medioambiente físico externo, el manejo forestal como actividad a largo plazo debe buscar que los impactos indeseables se minimicen para no comprometer los procesos que aseguran en última instancia los beneficios que proporcionan los bosques.

El manejo forestal implica un proceso de planificación en el cual se definen objetivos, se recoge información, se seleccionan alternativas, se definen acciones y estas se implementan y evalúan, con resultados que sirven para retroalimentar el proceso. El manejo se relaciona con los efectos futuros de decisiones actuales, y como tal requiere de una buena planificación de las acciones, tanto a nivel de la unidad de manejo forestal como de su entorno.

El manejo forestal incluye tanto el manejo de la empresa como del recurso. La experiencia parece indicar que el abandono o la falla de intentos de manejo del bosque tropical se han debido rara vez a factores técnicos o ecológicos, sino más bien a fallas en el manejo empresarial (esto es, a nivel de planificación, organización, administración de personal y control), así como a macro influencias en lo social, económico, administrativo y político (Palmer y Synnott 1992 - ver también de Camino 1987; Dourojeanni 1987; Poore *et al.* 1989; Kiernan *et al.* 1992). Esta habilidad gerencial se puede aprender, pero sobre todo requiere desarrollarse en la práctica cotidiana. En este sentido, habrá que aceptar como una limitante para promover el manejo de bosques que las condiciones para desarrollar esta capacidad no están dadas por igual para todos los usuarios directos. Así, no se puede asumir que esta capacidad de emprendimiento y/o de acceso a recursos externos sea similar entre empresas propietarias o concesionarias y pequeños propietarios o comunidades rurales.

Lo que es importante tener en cuenta en estas consideraciones teóricas es que, para que "se de" realmente un manejo sostenido en la práctica, hay una influencia y rol decisivo de los actores directos, o sea, de quien maneja o debe manejar el bosque, y de quien decide cómo debería ser manejado. En primera instancia, podemos plantear que estos actores van a responder a sus necesidades, aspiraciones y su propia capacidad de acción. Entre los factores que más podrían influenciar en su toma de decisiones se señalan principalmente el acceso efectivo a la propiedad (o usufructo legal, de la tierra y el bosque), y el *status* sociocultural (con el poder relativo que ello puede representar, por ejemplo, a nivel político, cultural, financiero, etc.). Otros factores serían las características del recurso (valor actual y potencial, limitaciones biofísicas, etc.), los medios disponibles (recursos de capital y mano de obra, infraestructura de transporte, etc.), los mercados (actuales y potenciales) y el marco político y legislativo en que se desarrollaría el manejo forestal.

Ya que la adopción del manejo tiene que ver primeramente con la gente, sus actitudes y motivaciones, tenemos que reconocer que, en busca de implantar el manejo de bosques en nuestras condiciones, se ha descuidado al *sujeto* (quién va a manejar), sus intereses y la lógica que está detrás de sus decisiones (compárese por ejemplo: Flachsenberg 1993; Cristensen y van Montfort 1994; Guzmán y Cordero 1996). Una consecuencia de la visión demasiado "ecologista-tecnologista" que ha prevalecido hasta hace poco parece expresarse por la brecha existente entre lo que se sabe (a nivel de la comunidad científica y el personal técnico), lo que llega al usuario directo de este conocimiento (los decisores sobre el uso del bosque) y lo que efectivamente se aplica en la práctica. Para mejorar esta situación debemos empezar por adoptar una visión más humana del manejo de bosques.

Expectativas y posiciones respecto al manejo

En la realidad de América tropical, el manejo "responsable" de los bosques naturales es todavía una práctica aislada, aunque sabemos que existen casos que demuestran su factibilidad técnica y viabilidad social (por ejemplo, Figueroa *et al.* 1986; INADE/APODESA 1987; Kiernan *et al.* 1992). La falta de manejo en la región se sigue asociando a la falta de condiciones que promuevan un cambio en las prácticas destructivas tradicionales. A pesar de la presión que se viene ejerciendo a nivel internacional y nacional, hay que estar conscientes que pasar de esta situación hacia una donde prevalezcan los objetivos a largo plazo de rentabilidad económica, equidad social y conservación ecológica del bosque, implica una serie de cambios por parte de los usuarios directos del bosque, que necesariamente van a demandar algún tiempo para desarrollarse y producir resultados en la dirección deseada. En este contexto, el papel del estado, la iniciativa privada, las ONGs y los investigadores en particular es clave para que el proceso se inicie, avance y consolide (véase por ejemplo de Camino 1993; Guzmán y Cordero 1996).

En general, no ayudará mucho al proceso si desde un inicio se mantienen expectativas muy altas, al tiempo que no se orienta, ni promueve suficientemente el sentido y las ventajas de buenas prácticas de manejo forestal entre los usuarios directos. Se quiere que estos entren a manejar sus bosques, pero, de un lado, se tiende a recargarlos con exigencias legales y administrativas con frecuencia excesivamente recargadas, poco realistas y que elevan innecesariamente los costos.

Lo que presenciamos con frecuencia son posiciones contrarias de parte de los dos actores principales en el manejo: del propietario (o concesionario) de bosques y del estado (a través de la administración forestal). El primer actor está interesado más en la seguridad de la tenencia o los derechos de concesión, en la rentabilidad de la

inversión, el acceso a los beneficios y la disponibilidad de tecnologías simples y a su alcance, mientras que el estado idealmente se interesa por la protección del recurso, la recaudación de fondos, la equidad social, la conservación ambiental y la promoción del manejo[1]

En la etapa inicial de "entrada" al manejo, las posiciones extremas de uno y otro actor principal debieran ceder progresivamente, buscando cómo compatibilizarse. Para ello, debe ocurrir un diálogo constructivo entre ambos actores, sobre la base de mutua confianza y reconociendo las ventajas a largo plazo de adoptar buenas prácticas de manejo de los bosques.

Uno de los problemas asociados con el poco interés que en general muestran los propietarios o concesionarios de bosques se percibe todavía en relación a los planes de manejo forestal. Estos han sido vistos como requisitos legales con un alto costo y de poco valor para el usuario, y no como lo que debieran ser: herramientas útiles para la planificación y el control del manejo forestal.

Planes de manejo y necesidades de información

Una herramienta útil mal utilizada

En el contexto de un manejo responsable, el objetivo central de los planes de manejo es garantizar que las prácticas de manejo promuevan el rendimiento sostenido y la conservación ambiental. El plan de manejo es una herramienta de gestión y control de las operaciones de manejo forestal. Es un instrumento que le indica al propietario o concesionario, qué actividades debe realizar, dónde, cómo y cuándo realizarlas, a fin de aprovechar el bosque de forma que pueda obtener de este la máxima cantidad de productos de la mejor calidad y al menor costo, pero causando los menores daños posibles al bosque y garantizando su uso sostenible (Synnott 1991; de Camino y Valerio 1992).

Los planes son documentos exigidos por las administraciones forestales para solicitar el aprovechamiento y/o el manejo del bosque. Además, son parte de los criterios para el manejo forestal sostenible y un prerequisito para el mercadeo de madera tropical a nivel internacional (OIMT 1990, 1993; Johnson y Cabarle 1993; Dykstra *et al.* 1996).

En la región existen malas experiencias con los planes de manejo. Estos se usan muy poco en el manejo forestal práctico y, por el contrario, se han convertido simplemente en un requisito legal más para aprovechar el bosque y, una vez aprobados, no se cumplen. En el Recuadro 1 se mencionan algunos de los problemas comunes encontrados en los planes de manejo en Centroamérica. La situación en Sudamérica no es muy diferente, con el agravante quizás de una menor capacidad de seguimiento y control de las operaciones. Podemos generalizar que la situación actual prevaleciente sobre los planes de manejo en la región implica un alejamiento respecto al propósito central de estos, los que se consideran como un obstáculo más para acceder al uso y manejo de los bosques. En este sentido, se puede asumir que cualquier esfuerzo que permita mejorar esta situación tiene el potencial de contribuir a facilitar la "entrada" al manejo de los usuarios directos de los bosques.

Propuesta de simplificación de planes de manejo

Una estrategia para ello sería tratar de simplificar los planes de manejo, de manera que se utilicen más como una herramienta útil para implementar el manejo y que a la vez facilite el proceso administrativo para su aprobación. Un avance importante al respecto se dio en 1994, a través de la presentación de una "Propuesta de modelo simplificado para planes de manejo en Centroamérica" (CATIE 1994). Esta propuesta técnico-administrativa fue el resultado de un proceso de consultas a diversos grupos de interés (usuarios de bosques, empresas, gobierno, universidades, asociaciones de profesionales, ONGs) en varios países centroamericanos, culminando con un taller a nivel regional para presentar y discutir la propuesta. Sus principales características son (CATIE 1994; Sabogal *et al.* 1994):

- Consolidación en un solo instrumento ("Directrices y procedimientos administrativos y técnicos para la elaboración, la presentación y la ejecución de planes de manejo") la información, reglas y procedimientos necesarios para el proceso. Esto permite separar la parte administrativa de la técnica.

- Estructura estándar para la preparación del plan, consistente en el *Plan General de Manejo* (PGM) y los *Planes Operativos Anuales* (POA). El PGM se considera como el requisito mínimo para iniciar el proceso, que se revisa y actualiza cada cierto número de años. La ejecución e implementación del PGM se realiza a través del POA, que se presenta anualmente para un área anual de aprovechamiento, según la división física de la unidad de manejo establecida en el PGM.

[1] Pero el estado puede también estar actuando para lograr otros objetivos, como por ejemplo: la generación de empleo para el gremio forestal en la preparación (y, eventualmente, la supervisión) de los planes de manejo, maximizar las posibilidades de desicreción (poder) de parte de funcionarios estatales, o favorecer (a través de un acceso preferencial) a grandes empresarios madereros sobre usuarios locales. De otro lado, los propietarios empresarios normalmente se interesan en y apoyan la idea de exigir planes de manejo, porque esto les permite legitimar su posición frente a quienes están en una situación relativamente marginal (como extractores sin áreas en concesión). (David Kaimowitz, Comunic. Pers., agosto 1997).

Recuadro 1

Algunos problemas más comunes de los planes de manejo forestal en Centroamérica[1/]

Deficiencias administrativas:

- legislación muy regulatoria (perfeccionista)
- excesiva burocracia en el proceso (muchos trámites, altos costos)
- escasa orientación/divulgación técnica
- falta de seguimiento (implementación, control) en el campo

Deficiencias técnicas:

- normas muy rígidas (inflexibles) y con frecuencia poco realistas
- se tiende a exigir más información de la necesaria y a veces con demasiada precisión
- metodologías no son comparables; no hay uniformización en la presentación de la información (cuadros, mapas)
- documentos muy descriptivos (voluminosos)
- escasa utilización de resultados de investigaciones disponibles
- aspectos relevantes para el manejo, como los métodos de regeneración y la regulación y control de la producción, son desarrollados muy pobremente
- no se da suficiente atención a las condiciones socio-económicas que existen (o que pueden devenir) en el área de influencia del bosque a manejar
- no se evalúan las implicancias financieras/económicas y ambientales de las decisiones de planificación, especialmente las relacionadas con las alternativas de regeneración, producción y de transformación y comercialización de productos forestales
- los productos forestales no maderables apenas si se mencionan, salvo casos especiales. Hay muy poco conocimiento sobre usos, manejo y procesamiento
- escasa referencia específica a impactos de las operaciones y medidas de mitigación

1/ Fuente: .Sabogal (1993).

- Al PGM se le pueden agregar en forma de anexos uno o más *Planes Especiales* y/o *Estudios*. Ambos no son parte de los requerimientos mínimos; se preparan sólo cuando sea exigido o necesario, de acuerdo a las oportunidades, limitantes o problemas identificados en la preparación del PGM, o según los objetivos, el tipo de manejo o las actividades incluidas en el mismo. Como ejemplos de temas para los planes especiales se tienen: Plan de incorporación de las comunidades al manejo y el Plan de evaluación del crecimiento y rendimiento. Ejemplos de estudios son los de: Impacto Ambiental, Tenencia de la Tierra y de Mercado y Factibilidad Técnica y Financiera.

- Se trata de incluir sólo la información mínima necesaria, presentada en forma concisa, práctica y comprensible. Se usan formatos estándar donde se especifica el tipo de información a completar (en forma de texto y cuadros) y mapas estándar a adjuntar.

En esencia, la propuesta permite contar con planes más simples y menos costosos de preparar, enfatiza la planificación anual (los POA) y da mayor flexibilidad para el usuario. Asimismo, agiliza el proceso de revisión del plan y facilita su supervisión y control.

Con el respaldo del Consejo Centroamericano de Bosques, entre 1995 y 1996 se desarrolló un proceso de revisión y adecuación de la propuesta a la condición particular de algunos países centroamericanos. Este proceso incluyó reuniones de consulta y cursos-talleres de capacitación, elaborándose guías para Costa Rica (MIRENEM/DGF 1995), Nicaragua (MARENA 1995) y Guatemala (CONAP 1996).

La propuesta ha merecido también la atención en Perú (Pro Naturaleza 1995) y Bolivia, país este último donde se ha tomado como referencia para la preparación de las normas técnicas recientemente aprobadas (BOLFOR 1997).

Sin duda, tener planes simplificados sólo es un primer paso, ya que un mejor plan no necesariamente garantiza que se haga (un mejor) manejo. Nuevamente, esto depende en buena medida de que el propietario o concesionario tenga la voluntad y el interés de implementarlo en el campo (lo cual a su vez dependería de que este considere el manejo como una opción lo suficientemente rentable o atractiva).

Información para la planificación general del manejo

El manejo forestal requiere de una adecuada planificación, tanto a nivel de las operaciones en la unidad de manejo, como fuera de esta, a nivel de la empresa forestal. Un plan de manejo contiene las siguientes partes o

componentes básicos: 1) Antecedentes y descripción general del área; 2) Descripción de la base del recurso; 3) Definición de objetivos de manejo; 4) Planificación del manejo, y 5) Seguimiento y controles del manejo.

Un primer paso crítico es el establecimiento de *objetivos de manejo* para el área. Estos deben ser realísticos y permitir responder con flexibilidad a las variaciones actuales y futuras en lo físico, biológico y socioeconómico, manteniendo presente los objetivos generales de sostenibilidad. La *planificación del manejo* considera una evaluación completa de los antecedentes del área, los resultados de inventarios del recurso, el análisis de actividades pasadas y de las restricciones ecológicas y económicas actuales. Las decisiones de manejo se hacen considerando la distribución espacial de las funciones del bosque, las áreas prioritarias y la intensidad de manejo, la regulación de la producción, los tratamientos silviculturales, la infraestructura y la protección, así como los aspectos económicos (e.g. análisis financieros) y administrativos (mano de obra, organización, presupuestos). El plan con frecuencia incluye también una *evaluación* (ex-ante) sobre los *impactos* posibles del manejo y las medidas de mitigación (los conocidos Estudios de Impacto Ambiental, que en algunos países son obligatorios para incluirse en el plan).

La elaboración de un plan de manejo demanda una cantidad de información sobre aspectos biofísicos y socioeconómicos. En el Cuadro 1 se ha tratado de sistematizar el tipo de información y otros aspectos que se consideran en un plan general de manejo. Para ello, se ha tomado como referencia la estructura de la propuesta de simplificación presentada en la sección anterior (CATIE 1994). El cuadro ofrece también indicaciones sobre *fuentes* posibles para obtener dicha información, como:

- datos e informaciones secundarias (documentos técnicos, informes, mapas, listados de especies, etc.)
- información (oral) en base a entrevistas, consultas, etc.
- inventarios, sondeos, etc., que involucran la toma de datos en el campo (bosque, poblados, centros de procesamiento)
- parcelas permanentes, como un caso de actividad de largo plazo en el bosque, que permite el desarrollo de varias investigaciones
- normas técnicas (preparados por la administración forestal), en general para las operaciones de manejo o específicas para ciertas operaciones (caminos, aprovechamiento, silvicultura, protección)
- estudios/investigaciones o experiencias específicas (pasadas o por hacer)
- experiencia empresarial (estadísticas, aspectos gerenciales y operacionales)

Los requerimientos de información para la planificación e implementación inicial de un manejo forestal responsable son evidentemente mayores de lo que desearíamos. Parte de esta información existe o puede ser conseguida y podría considerarse como suficiente para iniciar el manejo. Sin embargo, los requerimientos de información para mejorar el proceso de implementación del plan y reducir los posibles impactos de las operaciones siempre se van a presentar, con mayor o menor urgencia. El nivel y tipo de información necesaria estará en relación a los objetivos de manejo, la escala de las operaciones, las condiciones (restricciones) biofísicas y socioeconómicas del área a manejar, la naturaleza de los mercados y las exigencias a nivel político, legal y administrativo.

Uno de los problemas asociados con la información para fines de manejo es que está relativamente poco disponible o accesible para quienes preparan los planes y/o toman decisiones sobre estos y ponen en práctica las prescripciones de manejo. Esto se da, por ejemplo, en el caso de la extensa información y conocimiento ya existentes sobre la ecología, la biología y la silvicultura del bosque tropical y sus especies, donde mucho está publicado en revistas especializadas en otro idioma, o son parte de aquella literatura "gris" de distribución restringida. El punto a enfatizar aquí es que, aunque se requiere de información específica del área de manejo y su entorno biofísico, una mejor utilización de lo que ya se sabe del ecosistema forestal, sus componentes y sus reacciones a los disturbios puede ayudar como punto de partida para una mejor planificación inicial del manejo.

Debilidades de información para el manejo

No es necesario haber revisado muchos planes de manejo preparados en la región para darse cuenta que en estos se detectan una serie de debilidades o vacíos importantes de información para el manejo forestal. Entre los aspectos técnicos débiles y que merecen mayor atención en los planes de manejo podemos destacar:

- sistema ó métodos de manejo silvicultural
- determinación de la intensidad de aprovechamiento
- manejo de productos forestales no maderables
- mercado para productos forestales y estrategias de comercialización
- evaluación del impacto de las operaciones

Identificamos, por un lado, deficiencias de información para implementar el manejo forestal operacional que se relacionan con la regeneración del recurso y la regulación de la producción del bosque. Por otro lado, deficiencias que se relacionan con un mejor aprovechamiento de la capacidad de producción diversificada del bosque (hacia un manejo más integral y económico) y con herramientas útiles para evaluar y mitigar los impactos de las operaciones forestales.

Cuadro 1. Información requerida para el plan general de manejo forestal (versión simplificada)[1/]

Contenido del capítulo	Tipo de información	Recursos de información
INFORMACION GENERAL (Descripción general del área)		
Aspectos biofísicos	• Localización • Uso actual de la tierra • Clima • Geología • Topografía y suelos • Hidrología • Vegetación (clasificación ecológica) • Vida silvestre	- Fuentes secundarias - Estudios e informes técnicos - Mapas
Aspectos demográficos y socioeconómicos	• Demografía (Poblaciones) • Actividades económicas • Infraestructura y servicios • Usos anteriores e impactos sobre el área	- Fuentes secundarias - Consultas/Entrevistas inform. - Sondeo o encuesta socio-económica
RECURSO FORESTAL		
Clasificación del área forestal	• Zoneamiento de acuerdo a función • Area neta de producción • Tipos de bosque	- Mapa de zonificación - Areas por división o estrato
Masa forestal	• Especies • Distribución diamétrica • Núm. de árboles, áreas basales y volúmenes • Calidad del fuste, defectos, etc.	- Inventario de planificación a mediano plazo - Mapas - Listados de especies
Regeneración	• Especies • Densidad por clases de tamaño • Distribución • Calidad	- Inventario de regeneración natural - Listados de especies
Crecimiento y rendimiento	• Incremento diamétrico, mortalidad y reclutamiento • Rendimiento volumétrico	- Parcelas permanentes de muestreo
Vida silvestre (Productos forestales no maderables, PFNM)	• Estado general • Especies, distribución y abundancia por clases de desarrollo y tipo de hábitat • Factores limitantes, etc.	- Inventarios de PFNM (fauna/flora) - Mapas - Listados de especies

1/ Estructura simplificada para el Plan General de Manejo, en base a la propuesta elaborada por el CATIE (CATIE 1994).

Continuación..

Cuadro 1. Información requerida para el plan general de manejo forestal (versión simplificada)

Contenido del capítulo	Tipo de información	Recursos de información
PLANIFICACION DEL MANEJO		
Especies a manejar y a proteger	• Especies a manejar y diámetros mínimos de corta (DMC) • Especies a proteger y justificación	- Resultados de inventarios - Informac. de mercados - Normas técnicas - Listas de especies protegidas
Ordenación	• Cálculos de la corta anual permisible (CAP) • División del bosque para el manejo	- Resultados de inventarios - Datos de crecimiento, mortalidad y reclutamiento - Información de mercados - Factores del usuario - Normas técnicas
Silvicultura	• Método de manejo y regeneración; especificaciones sobre los tratamientos • Regeneración artificial; especificaciones (especies, método de plantación, etc.)	- Resultados de inventarios - Mapas temáticos - Estudios y experiencias - Información de mercados - Normas técnicas
Aprovechamiento	• Especies a aprovechar y diámetros mínimos de corta (DMC) • Red general de caminos • Especificaciones sobre el aprovechamiento	- Resultados de inventarios - Inform. cartográfica, mapas - Información de mercado - Experiencia empresarial - Estudios específicos - Normas técnicas
Manejo de recursos no maderables	- *Flora:* • Especies y clases de desarrollo a aprovechar • Especies a proteger • Método de manejo, regeneración y/o propagación • Ciclo de corta • División del bosque en áreas de aprovech. • Especificaciones para el aprovechamiento • Comercializ. e industrializ. de productos - *Fauna:* • Sistema de manejo y aprovechamiento - *Otros bienes y servicios del bosque:* ...	- Resultados de inventarios - Mapas temáticos - Listas de especies protegidas - Información socioeconómica - Información de mercados - Estudios específicos - Experiencia empresarial - Normas técnicas
Protección	• Protección a la vida silvestre • Manejo de cuencas • Control de fuego • Control de pestes y enfermedades	- Normas técnicas - Información local - Estudios específicos. - Arreglos institucionales

A partir de estos vacíos de información se pueden justificar necesidades de investigación para el manejo operacional. Algunos ejemplos de estas preguntas se ofrecen en el Recuadro 2.

Aunque en este documento se optó por no incluir sino los aspectos técnico-operacionales del manejo, es importante agregar que otras debilidades críticas que se suelen dar en la planificación del manejo forestal en la región se encuentran en los aspectos culturales, sociales y legales (tenencia de la tierra y propiedad sobre los bosques), los cuales por lo general tienden a ser tratados muy ligeramente y más como para cumplir el requerimiento exigido por la administración forestal para los planes de manejo. Se quiere insistir aquí en la necesidad de ahondar en las informaciones y estudios que permitan conocer la situación pasada, actual y la probable evolución futura de los aspectos socio-culturales y de tenencia.

Investigación para el manejo forestal operacional

Necesidad de investigación para el manejo forestal

Hoy en día podemos ser más enfáticos en afirmar que no es necesario retrasar más la decisión de manejar nuestros bosques por falta de información básica y resultados de investigaciones "pendientes": se puede empezar ya con lo que se tiene, aunque manteniendo todavía un enfoque conservador y en muchos casos aún a nivel experimental (por ejemplo, Palmer y Synnott 1992; Vincent *et al.* 1996).

La investigación para el manejo forestal es crítica. Un buen manejo forestal requiere esfuerzos de investigación y desarrollo apropiados a las circunstancias locales para resolver problemas, responder preguntas y aumentar el entendimiento de cómo funciona el bosque, cómo reacciona a las actividades de manejo y cómo estas pueden ser más eficientes (Wood 1992). "La investigación y el monitoreo deberían proporcionar una retroalimentación sobre la compatibilidad de las operaciones de manejo forestal con los objetivos de producción sostenible de madera y otros usos forestales" (Putz y Viana 1996).

El plan de manejo debería prever la investigación paralela al desarrollo de las actividades de manejo. A mayor la escala, intensidad e impacto del manejo, mayor será el esfuerzo de investigación requerido para mejorar el manejo y evitar daños y desperdicios. Como parte del proceso de manejo se pueden identificar básicamente tres tipos de investigaciones, con el propósito de (Wood 1992):

- *Asegurar la sostenibilidad del manejo a largo plazo* - por ejemplo: monitoreo de la regeneración natural, medición y pronóstico de tasas de crecimiento y productividad, monitoreo de la eficiencia de las operaciones
- *Mejorar la eficiencia o la productividad de las operaciones de manejo* - por ejemplo: investigaciones o ensayos a escala piloto sobre tratamientos silviculturales (como corta de lianas, raleo, plantación de enriquecimiento), aprovechamiento (técnicas de bajo impacto, técnicas de reducción de pérdidas de madera), transporte, procesamiento y comercialización de productos
- *Predecir y mitigar los impactos de las operaciones de manejo* - por ejemplo: estudios sobre el efecto de medidas de ingeniería de caminos para controlar la erosión del suelo, efectos del aprovechamiento y la silvicultura sobre la biodiversidad, incidencia de fuegos, etc.

La mayor complejidad en cuanto a los objetivos de manejo (determinada mayormente por las nuevas demandas provenientes de una mayor diversidad de interesados) también genera mayores necesidades de conocimiento científico y tareas para la investigación. Por ejemplo, un nuevo campo para la investigación se abre con el entusiamo por los criterios e indicadores para un manejo forestal sostenible (por ejemplo, Prabhu *et al.* 1996; Namkoong *et al.* 1996).

Los resultados de las investigaciones a nivel de la unidad de manejo juegan también un papel importante para promover un mejor marco de políticas y leyes que inciden sobre los bosques y su manejo sostenible.

Prioridades de investigación para el manejo

Priorizar qué es más urgente o prioritario para investigar en el marco del manejo forestal sostenible es en gran medida relativo a quién es el que aplica el manejo, los objetivos del manejo y las condiciones actuales (y a futuro) en que se desarrolla el manejo. Así, al adoptar criterios de sostenibilidad para el manejo, podemos priorizar los aspectos ecológicos/ambientales y por tanto la investigación biofísica, mientras que en otro contexto y tipo de actores, será crítico para viabilizar el manejo que se priorice la investigación social y económica. En cualquier caso, quién y cómo se fijan las prioridades de investigación es de la mayor importancia en el proceso de manejo.

Existe ya una considerable cantidad de investigaciones sobre la biología y la ecología del bosque tropical y, sin duda, este conocimiento aún está muy lejos de ser completo o siquiera satisfactorio. Numerosas publicaciones ofrecen largas listas de temas de investigación biofísica que son críticas para implementar un buen manejo forestal.

La investigación silvicultural en los bosques neotropicales ha generado una cantidad importante de información sobre métodos de regeneración y técnicas silviculturales para algunos tipos de bosque y un considerable número de especies. Sin embargo, aún es muy poco lo que se ha validado fuera de la pequeña escala de ensayos o experimentos puntuales.

Recuadro 2

Ejemplos de preguntas relevantes de investigación para resolver algunos de los problemas críticos de información para aplicar un manejo forestal responsable

Regeneración del bosque
¿Cómo a través de tratamientos bien diseñados, simples y poco costosos de llevar a la práctica el propietario puede incrementar los beneficios que percibe del bosque, mejorando la producción en términos cualitativos y cuantitativos, sin comprometer la biodiversidad y los procesos que sustentan el ecosistema?

Regulación y control de la producción
¿Cómo determinar una frecuencia e intensidad óptimas de aprovechamiento que consideren los criterios de rentabilidad económica y la continuidad de la producción bajo rendimiento sostenido?

Manejo de productos forestales no maderables
¿Cómo podemos incluirlos en el manejo y compatibilizar su aprovechamiento sostenido con la extracción de madera? ¿Qué prácticas de manejo y niveles de producción son aceptables?

Mercado para productos forestales
¿Cómo identificar y aprovechar oportunidades de mercados para nuevas especies y productos, y qué repercusiones en la rentabilidad de las operaciones y el nivel de impacto sobre el bosque se esperaría de una mayor utilización de especies y una mayor intensidad de aprovechamiento?

Evaluación del impacto de las operaciones de manejo
¿Cómo evaluar los efectos de las distintas operaciones de manejo? ¿Cómo determinar cuáles podrían ser los umbrales tolerables de impacto y los estándares que deben cumplir las diferentes operaciones de manejo?

De otro lado, todavía se conoce muy poco de los efectos de las técnicas e intervenciones silviculturales sobre el crecimiento y el rendimiento comercial y sobre los impactos en el bosque (biodiversidad, régimen hidrológico, etc.).

En el Cuadro 2 se detallan algunos tópicos más relevantes de investigación para contribuir a solucionar problemas o debilidades que se presentan para planificar e implementar el manejo forestal operacional. Algunos de los tópicos son más específicos que otros. La lista puede expandirse, pero, nuevamente, reducirla es un asunto de prioridades y contexto.

Un ejemplo particular se presenta en el Recuadro 3, en este caso de un plan de manejo comunitario en bosques estacionales del subtrópico boliviano.

Cómo mejorar la aplicación de los resultados de las investigaciones

Es frecuente encontrar entre personas de diferente nivel (políticos, empresarios, técnicos de campo, campesinos) algunas actitudes reacias o de incredibilidad hacia la investigación, en este caso, en relación a los bosques naturales, su manejo y conservación. Esta imagen o percepción negativa hacia la investigación puede deberse en parte a cierto "divorcio" que ha existido y aún subsiste entre quienes se dedican a la investigación y quienes supuestamente son los recipientes, clientes o usuarios de esta. Este problema ha sido reconocido desde tiempo atrás y ha motivado discusiones y propuestas para afrontarlo más eficazmente (por ejemplo, Nair *et al.* 1995). Para el manejo forestal, "una de las razones principales para que las investigaciones ecológicas y silviculturales no hayan sido consideradas como parte del manejo forestal es el no haber sabido identificar a los clientes de la investigación, ni entendido sus necesidades de la forma como estos las perciben." (John Palmer *en prensa*).

En el Recuadro 4 se reproducen algunas de las pautas planteadas por Palmer para mejorar la investigación aplicada al manejo forestal, las que captan gran parte de las lecciones y propuestas que se han dado sobre el tema.

Una consideración adicional que se relaciona con las áreas que encontramos más débiles en relación a la planificación del manejo forestal (sección 2.4), es que subsisten entre los propios profesionales y técnicos forestales algunas concepciones sesgadas sobre el manejo y que tienden a actuar como limitantes para promover su adopción. Un buen ejemplo de ello se da alrededor del concepto de "reposición" del recurso, el cual se interpreta directamente como la necesidad de establecer plantaciones.

La excesiva preferencia que se observa en muchos países de la región por las plantaciones de enriquecimiento (casi siempre usando unas cuantas especies de mayor valor comercial, pero de difícil regeneración) es una muestra de la aplicación sesgada del concepto. Así, "reforestar" se torna equivalente a "manejar los bosques" (Pro Naturaleza 1995). La regeneración natural como método de reposición simplemente se desconoce, o se desconfía de ella.

Cuadro 2. Ejemplos de tópicos relevantes de investigación biofísica para el manejo con fines de producción forestal sostenible

Componente de información	Ejemplos de tópicos relevantes de investigación
Recurso forestal *[Bases ecológicas para el manejo]*	• Zonificación de áreas según funciones del bosque • Tamaño, forma, distribución, valor y porcentaje de áreas de reserva dentro de paisajes bajo manejo activo • Estratificación forestal y clasificación de sitios (según productividad) • Metodologías de inventario para usos múltiples (recursos maderables y no maderables) • Aplicación de nuevas herramientas (como "software") de planificación a nivel temático y gerencial
	• Taxonomía de especies forestales (individuos adultos y regeneración) • Agrupación de especies forestales según gremios ecológicos • Composición y estructura de bosques • Crecimiento, mortalidad y reclutamiento (en bosques bajo diferentes intensidades de intervenciones de manejo) • Modelos de crecimiento y rendimiento según diferentes intensidades de intervenciones de manejo • Comportamiento ecológico de especies de mayor interés (patrón de reclutamiento, hábito de crecimiento, posición en relación al dosel en fases de desarrollo,tasas de crecimiento, mortalidad y reclutamiento) • Efecto de los claros del dosel (tamaño, forma, época de ocurrencia, etc.) sobre la regeneración natural • Metodologías para evaluar la productividad biológica de PFNM (ejemplo: lianas, palmas, aceites, etc.) • Condiciones críticas para polinizadores, dispersores y predatores de especies de interés para el manejo, sus interacciones con los árboles, así como entre ellos • Rol de especies clave o indicadoras en bosques con difer. intervencs. • Dinámica de bancos de regeneración (semillas, plántulas, brinzales y latizales) • Ecología de trepadoras (lianas, bejucos), particularmente aquellas de importancia silvicultural
Aprovechamiento e ingeniería de caminos	• Variación de la calidad de fustes con el diámetro y la calidad del sitio para las principales especies comerciales • Métodos de extracción: análisis en términos económicos, operacionales, ergonómicos y del impacto sobre el sitio • Planificación de pistas de arrastre para reducir daños al suelo • Medidas de control de la erosión en caminos forestales y áreas adyacentes (métodos para mitigar el daño hidrológico)
Aprovechamiento e ingeniería de caminos	• Efecto de diferentes intensidades de aprovechamiento sobre el bosque, específicamente sobre: (a) población de árboles remanentes; (b) población de árboles de futura cosecha; (c) regeneración comercial; (d) PFNM / Flora de mayor interés comercial; (e) fauna silvestre; (f) diversidad florística; (g) proliferación de vegetación trepadora; (h) especies "clave" (*keystone*) o indicadoras; (i) suelos (propiedades físicas, balance de nutrientes); (j) aguas (calidad, procesos hidrológicos); (k) suceptibilidad a fuegos; (l) diversidad genética de especies más comerciales; (m) tasas de secuestro de carbono atmosférico; (n) recreación y ecoturismo
Silvicultura	• Prácticas silviculturales (raleos, inducción de la regeneración natural, enriquecimiento, podas, etc.): necesidad de aplicación, intensidad, época, frecuencia, métodos, etc. • Densidad y distribución de árboles semilleros a retener • Corta de lianas como práctica silvicultural: técnicas y efectos sobre la estructura del bosque, la biodiversidad y el régimen hidrológico • Validación de técnicas de enriquecimiento del bosque con especies maderables • Métodos de regeneración para especies promisorias para plantaciones de enriquecimiento • Métodos de rehabilitación de patios de acopio (suelos compactados) • Efectos de tratamientos silviculturales sobre el bosque: (a) población de árboles de futura cosecha; (b) regeneración comercial; (c) diversidad florística; (d) fauna silvestre; (e) especies clave o indicadoras.
Ordenación	• Determinación de diámetros mínimos de corta • Determinación de ciclos de corta • Desarrollo de protocolos para estimar tasas de producción sostenible • Métodos de cálculo de la corta anual permisible
Protección	• Especificaciones sobre zonas de protección hidrológica • Especies de flora y fauna que requieren medidas espec. de protección • Control del fuego

Cuadro 2... continuación

Componente de información	Ejemplos de tópicos relevantes de investigación
Análisis financiero y económico	• Propiedades tecnológicas y usos finales de maderas no tradicionales • Propiedades de madera juvenil de especies de futura cosecha • Mercados y canales de comercialización para especies no tradicionales • Usos, procesamiento y comercialización de PFNM • Efecto de diferentes intensidades de manejo (volumen aprovechable por hectárea) sobre la rentabilidad de las operaciones • Rentabilidad de la utilización de desperdicios del aprovechamiento • Factibilidad del manejo para uso múltiple del bosque ("manejo diversificado" del bosque) • Desarrollo y expansión de programas de certificación • Mercados para carbono

Recuadro 3

Lista de aspectos a monitorear durante la implementación del Plan de Manejo en el Bosque Comunitario de Lomerío (Santa Cruz, Bolivia). Fuente: Guzmán y Cordero (1996).

- Crecimiento del bosque con relación a los ciclos de corta
- Sostenibilidad del nivel de corta propuesto (m3/ha/ciclo de corta)
- Crecimiento de las 18 especies base del Plan de Manejo
- Características mínimas del rodal residual en términos de área basal, volumen o número de árboles
- Diámetros mínimos de corta de las 18 especies base del Plan de Manejo
- Respuesta de los árboles residuales a las prácticas silviculturales
- Dinámica de especies pioneras no deseables en claros grandes
- Efectos de prácticas silviculturales en el establecimiento de regeneración de especies de interés comercial
- Efectos del fuego (prescrito o accidental) en la regeneración y crecimiento del bosque
- Efectividad de las zonas de protección en cuanto a ubicación y extensión necesarias
- Disponibilidad de semillas de especies de interés comercial y distribución de los árboles semilleros en el espacio
- Actualización de especies base para el Plan de Manejo, dependiendo de cambios que puedan ocurrir en el mercado, el procesamiento, etc.
- Ocurrencia de fauna silvestre en zonas explotadas y no explotadas
- Manejo de productos no maderables del mismo bosque

Recuadro 4

Pautas ofrecidas por John Palmer para mejorar la priorización de la investigación silvicultural y la transferencia de sus resultados (Adaptado de Palmer, *1996*)[1/]

❑ ***Planificación y definición de prioridades para la investigación***

- Recoger información acerca de los deseos y necesidades de los clientes, del análisis de los grupos de interés y de contactos directos.
- Obtener información acerca del estado del conocimiento en cada área específica, de los esfuerzos actuales de investigación, las capacidades (nacionales, regionales, globales) para realizar nuevas investigaciones y sus ventajas comparativas.
- Considerar los factores de planificación de la investigación, a fin de comparar posibles tópicos de investigación silvicultural. Definir bien cuál es el problema y si es solucionable a través de la investigación.
- Reducir (fragmentar) el problema de investigación en elementos más manejables, pero asegurando que exista un sistema para agrupar los resultados y diseminarlos apropiadamente.
- Establecer prioridades para la investigación. Se recomienda el *Método Delphi.*

❑ ***Transferencia de tecnología para convencer a los usuarios***

- Preparar juegos de resultados ajustados a las necesidades de los clientes, adecuados para su uso dentro de las limitaciones operacionales experimentadas por los clientes.
- Transferir paquetes pequeños de tecnología en forma secuencial, para no sobrecargar los sistemas convencionales.
- Interpretar los resultados biofísicos en términos económicos; obtener datos económicos por medio de colaboradores con empresas forestales comerciales a escala piloto.
- Preparar noticiarios o boletines que combinen información sobre investigaciones, desarrollo y aplicaciones de los resultados a varias escalas, a fin de acelerar la retroalimentación por los clientes.
  Organizar actividades de capacitación sobre el uso de los resultados en el campo, así como cursos prácticos, manuales, folletos y videos de instrucción adaptados a varios tipos de clientes (inclusive operadores de maquinaria).

1/ Adaptado de: "Prioridades de investigación en silvicultura de bosques naturales y estrategias para mejorar la aplicación de sus resultados en el manejo forestal". Ponencia presentada por John Palmer en el Seminario-Taller Experiencias prácticas y prioridades de investigación en silvicultura de bosques naturales en América tropical. Publicación Especial CIFOR/CATIE. Memorias del Seminario-Taller realizado en Pucallpa, Perú del 17 al 21 de junio de 1996. (En prensa).

Bibliografía

BOLFOR. 1997. Normas técnicas para la elaboración de instrumentos de manejo forestal (inventarios, planes de manejo, planes operativos, mapas) en propiedades privadas o concesiones con superficies mayores a 200 hectáreas (Resolución Ministerial No. 62/97). Proyecto de Manejo Forestal Sostenible, Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 62p.

CATIE. 1994. Modelo de simplificación de planes de manejo para bosques naturales latifoliados en la región centroamericana. Propuesta basada en las recomendaciones del taller "Simplificación de Planes de Manejo para Bosques Latifoliados en la Región Centroamericana". CATIE, Turrialba, 28-30 de junio de 1994. Auspiciado por: CATIE-RENARM/PBN, USAID, PAFCA y WWF. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 40 p.

CONAP (Consejo Nacional de Areas Protegidas). 1996. Modelo simplificado de planes de manejo para bosques naturales latifoliados en Guatemala. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 55 p.

Cristensen, L. y J. van Montfort. 1994. Un plan de manejo para los bosques comunales. Bosques y Desarrollo 10:

De Camino, R. 1987. Algunas consideraciones económicas en el manejo de bosques tropicales. In: INADE/APODESA. Experiencias silviculturales y de manejo de bosques en América Latina. Seminario-Taller, 3-21 de agosto de 1997. Serie Documentos Técnicos No. 20. Lima, Perú. pp. 47-63.

De Camino, R.; J. Valerio. 1992. Planificación del manejo forestal. Notas de clase. V Curso Intensivo Internacional de Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. s/p.

De Camino, R. 1993. El papel del bosque húmedo tropical en el desarrollo sostenible de América Central: desafíos y posibles soluciones. Revista Forestal Centroamericana 6 (2): 7-16.

Dourojeanni, M. 1987. Manejo de bosques naturales en el trópico americano: situación y perspectivas. Revista Forestal del Perú 14 (1): 91-108.

Dykstra, D.; G. S. Kowero; A. Ofosu-Asiedu; P. Kio. 1996. Promoting Stewardship of Forests in the Humid Forest Zone of Anglophone West and Central Africa. Final report of a collaborative research project undertaken by the United Nations Environment Programme (UNEP) and the Center for International forestry Research (CIFOR). 103 p.

Figueroa, J.C.; F.H. Wadsworth y S. Branham. 1986. Management of the Forests of Tropical America: Prospects and Technologies. Proceedings of a Conference. San Juan, Puerto Rico, 22-27 de setiembre de 1986. Institute of Tropical Forestry/USDA Forest Service y University of Puerto Rico. Río Piedras, Puerto Rico. 469 p.

Finegan, B.; C. Sabogal; C. Reiche y I. Hutchinson. 1993. Los bosques húmedos tropicales de América Central: su manejo sostenible es posible y rentable. Revista Forestal Centroamericana 6 (2): 17-49.

Flachsenberg, H. 1993. Aspectos socioculturales, técnicos, económicos y financieros en el manejo del bosque tropical húmedo. Ponencia al I Congreso Forestal Centroamericano y III Congreso Forestal de Guatemala. Flores, Petén, Guatemala. 29 de agosto al 4 de setiembre de 1993. 14p.+ anexo.

Guzmán R. y W. Cordero. 1996. Manejo sostenible de bosques: una alternativa a los problemas actuales. In: BOLFOR (Proyecto de Manejo Forestal Sostenible). Hacia el manejo forestal sostenible. Santa Cruz, Bolivia. pp. 179-205.

INADE/APODESA. 1987. Experiencias silviculturales y de manejo de bosques en América Latina. Seminario-Taller, 3-21 de agosto de 1997. Instituto Nacional de Desarrollo / Apoyo a la Política de Desarrollo Regional. Serie Documentos Técnicos No. 20. Lima, Perú. 270 p.

Johnson N. y B. Cabarle. 1993. Surviving the Cut: Natural Forest Management in the Humid Tropics. World Resources Institute. Washington, D.C. February 1993. 71 p.

Kiernan M.; M. Perl; D. McCaffrey; R.J. Buschbacher y G. Batmanian. 1992. La ordenación de los bosques naturales en América Latina: enseñanzas y ejemplos. Unasylva 169 (43): 16-23.

MARENA. 1995. Modelo de simplificación de planes de manejo para bosques naturales latifoliados. Gobierno de Nicaragua, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Dirección General de Manejo y Protección Forestal. Managua, Nicaragua.

MIRENEM-DGF. 1995. Guía para la elaboración de los planes de manejo en bosque natural. Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas - Dirección General Forestal. San José, Costa Rica.

Nair, C.T.S.; T. Enters y B. Payne. 1995. Report on the workshop on barriers to the application of forestry research results. CIFOR Occasional Papers No. 5.

Namkoong, G.; T. Boyle; H.-R. Gregorius; H. Joly; O. Savolainen; W. Rainam; A. Young. 1996. Testing Criteria and Indicators for Assessing the Sustainability of Forest Management: Genetic Criteria and Indicators. CIFOR Working Paper No. 10, July 1996. 12 p.

OIMT. 1990. Directrices de la OIMT para la ordenación sostenible de los bosques tropicales naturales. OIMT Serie Técnica 5. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Yokohama, Japón. 19 p.

OIMT. 1993. Directrices de la OIMT para la conservación de la diversidad biológica en los bosques tropicales de producción. Serie de Desarrollo de Políticas No. 5. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Yokohama, Japón. 20 p.

Palmer, J.R. y T. Synnott. 1992. The Management of Natural forests. In: Managing the World's Forests. N. Sharma (ed.). Looking for Balance between Conservation and Development. The World Bank, Washington D.C. pp. 337-373.

Palmer, J.R. (in press). Prioridades de investigación en silvicultura de bosques naturales y estrategias para mejorar la aplicación de sus resultados en el manejo forestal. In: Seminario-Taller Experiencias prácticas y prioridades de investigación en silvicultura de bosques naturales en América tropical. Publicación Especial CIFOR/CATIE. Memorias del Seminario-Taller realizado en Pucallpa, Perú del 17 al 21 de junio de 1996. Turrialba, Costa Rica, CATIE.

Poore, D.; P. Burgess; J. Palmer; S. Rietbergen y T. Synnott. 1989. No Timber Without Trees. Sustainability in the Tropical Forest. A Study for ITTO. Earthscan Publications Ltd. London. 252 p.

Prabhu, R.; C.J.P. Colfer; P. Venkateswarlu; L. Cheng Tan; R. Soekmadi y E. Wollenberg. 1996. Testing Criteria and Indicators for the Sustainable Management of Forests: Phase 1. Final Report. CIFOR Special Publication. 217 p.

Pro Naturaleza. 1995. Bosques naturales de producción: Conceptos y lineamientos para su manejo en el Perú. Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza / World Fondo Mundial de la Naturaleza (WWF). Lima , Perú. 22 p.

Putz, F.E.; V. Viana. 1996. Biological Challenges for Certification of Tropical Timber. Biotropica 28 (3): 323-330.

Sabogal C. 1993. Algunas reflexiones sobre las guías para planes de manejo forestal en Centroamérica. Proyecto CATIE/RENARM/Producción en Bosques Naturales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Mimeogr. 15 p.

Sabogal M., C.; P. J. Martins; J. Flores C. 1994. Planes simplificados de manejo forestal: una propuesta para los bosques latifoliados de América Central. Revista Forestal Centroamericana 10 (3): 27-32.

Synnott, T.J. 1991. Forest Stewardship Standards. Draft. World Wildlife Fund. Washington, D.C. s/p

Synnott, T.J. 1992. The introduction of basic management into tropical forests. In: F.R. Miller & K.L. Adam (eds.). Wise Management of Tropical Forests 1992. Proceedings of the Oxford Conference on Tropical Forests 1992. Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford. 288 p.

Vincent, L.; L. E. Rodríguez; O. Noguera; E. Arends y J. Lozada. 1996. Evolución histórica y desarrollos recientes de la silvicultura del bosque tropical alto en América. In: Seminario-Taller Experiencias prácticas y prioridades de investigación en silvicultura de bosques naturales en América tropical. Publicación Especial CIFOR/CATIE. Memorias del Seminario-Taller realizado en Pucallpa, Perú del 17 al 21 de junio de 1996. Turrialba, Costa Rica, CATIE.

Wood, T.W.W. 1982. Forest Management - Operational Aspects. Suriname - Assistance in Forestry Development. FAO (FO:DP/SUR/81/004). Project Working Document No. 22. Paramaribo, Suriname. 40p.

Pautas sobre una Metodología para Desarrollar Técnicas de Manejo Mediante Regeneración Natural del Bosque Tropical Mixto en Bolivia

Leónidas Vega

Ex funcionario del Servicio Forestal de Surinam, FAO, USAID y otros organismos internacionales.

Resumen

Este documento tiene como objetivo servir de base general para la orientación de los planes de manejo en la selección y aplicación del manejo silvicultural basado en la regeneración natural del bosque tropical mixto independientemente de su localización territorial. Se aplica a las zonas boscosas que han sido designadas para la producción sostenible de madera y la preservación de la capacidad productiva del suelo y en forma adicional de la biodiversidad y de otros servicios y bienes del bosque natural. Sin embargo, es necesario establecer que si el objetivo o destino del bosque productor está destinado a la producción maderera, cualquier evaluación preliminar sobre la aplicación del manejo silvicultural como método de manejo deberá estar basada en la declaración de la política forestal, es decir sobre las metas concretas a lograr con la ordenación:

- *producción maderera cualitativa (cantidad actual y futura, especies)*
- *producción maderera cuantitativa (tipo de producto maderero, especies)*
- *producción no maderera (Productos no maderables: látex, gomas, frutos, cortezas, etc.)*

Hay que aclarar, que para justificar las metas del manejo es necesario:

- *Presentar en un cuadro los tipos de productos: con el consumo actual en m^3 (A) y la demanda futura 20 - 50 años (B).*

- *Indicar el aprovechamiento actual, es decir si las especies forestales en conjunto tienen una masa actual de más o menos 200 m^3/ha en el bosque natural no explotado (o también del bosque residual), y se aprovecha el 10 % (más o menos 20 m^3/ha), se debe indicar que con el manejo se pretende obtener estos 20 m^3/ha y más, según los datos de crecimiento, la calidad de sitio y el tratamiento silvicultural a ser empleado.*

Si las metas aún no están claramente definidas, entonces las evaluaciones preliminares a ser obtenidas de los inventarios de reconocimiento y muestreos adicionales sobre la situación actual de la regeneración natural tendrán como objetivo proporcionar las informaciones cuantitativas a los planificadores para que tomen las decisiones.

Es probable que la demanda de productos del bosque será incrementada en el futuro, por lo cual se justifica su manejo técnico para obtener un cambio en la estructura y composición del bosque con el fin de lograr un alto nivel de productividad para hacer posible su manejo sobre bases económicamente sanas, conforme a los principios del rendimiento sostenido.

Aspectos relacionados con la problemática del manejo forestal de los bosques tropicales de Bolivia.

Las dificultades encontradas para establecer una ordenación del bosque tropical en Bolivia son múltiples y pueden resumirse así:

De acuerdo a las estimaciones realizadas por diferentes organismos, se conoce que la superficie boscosa de Bolivia abarca aproximadamente 56 millones de hectáreas, de los cuales 22 millones han sido destinados a la producción maderera concentrados en diferentes reservas forestales productoras, mayormente en los Departamentos de Santa Cruz, Beni, La Paz, y Cochabamba. Dentro de estas áreas están incluidos numerosos tipos de bosque que varían fundamentalmente en cuanto a su composición florista, estructura, productividad.

Desde la fecha de su creación, las reservas forestales han reducido considerablemente su superficie, y los bosque se han empobrecido por las siguientes causas:

- Las explotaciones madereras efectuadas selectivamente dirigidas hacia pocas especies valiosas.
- La apertura de caminos efectuados tanto por el Estado como por las empresas madereras.
- La colonización (dirigida o espontánea).
- La agricultura migratoria.
- Las disposiciones legales de la Nueva Ley Forestal relacionadas con el pago de patentes de aprovechamiento forestal (equivalente a un dólar americano por hectárea), han reducido considerablemente las áreas con bosques productores.
- Otras dificultades relacionadas con la ordenación de las masas boscosas naturales, son:
  - el número de especies forestales dominantes es bastante elevado, y generalmente no tienen ninguna uniformidad en cuanto a las características de temperamento silvícolas (heliófitas, tolerantes a la sombra, esciófilas), a la rapidez del crecimiento, dureza de las maderas, variaciones en cuanto a los períodos de fructificación.
  - la composición florística muy variable de un sitio a otro aún en distancias cortas, es otra característica que dificulta el aprovechamiento y el tratamiento silvícola, y por otra parte está muy relacionada con los factores fisiográficos (suelo y relieve). Por otro lado, las fluctuaciones de la composición florística en el espacio y el tiempo obedecen a procesos naturales (perturbaciones causadas por factores naturales: vientos, fuegos, inundaciones, etc.).
  - las características estructurales del bosque también repercuten en el éxito de las técnicas de manejo silvicultural, especialmente las características del sotobosque cuya eliminación es a veces costosa. Asimismo la presencia de trepadoras influyen enormemente en la aplicación de las operaciones de explotación y el tratamiento silvicultural.
  - para cada especie forestal tomada por separado, se tiene poco conocimiento sobre las características enunciadas: rapidez y ritmo de crecimiento, temperamento, exigencias en cuanto al suelo.
  - hasta ahora, el país tiene poca experiencia en el manejo racional de sus reservas forestales. Esta situación no es exclusiva de Bolivia. En el trópico americano, no existen sistemas silviculturales comprobados en escala operacional aplicables para el manejo forestal de las grandes extensiones del bosque natural. La gran mayoría de los métodos silvícolas para el tratamiento de las masas forestales explotadas han sido desarrolladas para situaciones geográficas especificas y muchos de ellos están en la etapa experimental y otras han sido eliminadas (1, 2, 5). En el caso de manejo de los bosques naturales de Bolivia, los intentos para el inicio de la ordenación de los mismos es muy reciente, prácticamente está concentrado a la Reserva Forestal de Chimanes-Beni y algunos sitios muy específicos de Santa Cruz y Cochabamba. Prácticamente, los conocimientos adquiridos en estos lugares, están relacionados con el conocimiento estático del bosque inventarios y censos con fines de aprovechamiento comercial de una a dos especies valiosas, establecimiento de la infraestructura de base (mapas topográficos y forestales, caminos forestales para el aprovechamiento), el establecimiento en escala muy reducida de algunas técnicas de regeneración artificial sin metas concretas para obtener la información técnica-económica requerida para la planificación del desarrollo forestal de la producción maderera.

Justificación para abordar el problema del manejo silvicultural económico bajo un aspecto experimental

- *Experimentación*

De acuerdo a la Nueva Ley Forestal promulgada en julio de 1996, la política forestal oficial de las reservas forestales de producción está orientada en el sentido de lograr un aprovechamiento optimo de estas áreas boscosas y su conservación; para lo cual se requiere un plan de manejo cuya finalidad es alcanzar una producción made-

rera económica y ecológica sostenida. Sin embargo, para la preparación de estos planes de ordenación, no existen los elementos necesarios y básicos para garantizar el rendimiento sostenido, principalmente los relacionados con la dinámica de los bosques, las características ecológicas y silviculturales de las especies (crecimiento, mortalidad, temperamento), desconocimiento de las técnicas silviculturales más apropiadas. Aspectos que pueden ser resueltos a través de numerosas investigaciones que necesariamente deben ser efectuadas a través de un esquema experimental de manejo, los cuales mediante una evaluación continua suministrarán información suficiente para aplicar los métodos de manejo apropiadas que se introducirán paulatinamente en las revisiones de dichos planes de ordenación dignos de llamarse así. Es bien conocida, que la ordenación forestal deberá incluir necesariamente: 1) una zonificación lo más completa posible (tipos de calidad de sitio), 2) un inventario de la masa forestal y de la regeneración natural, 3) la fijación de los diámetros mínimos de aprovechamiento para las principales especies, con el fin de garantizar el futuro de los ejemplares jóvenes de tales especies, 4) la aplicación de tratamientos silviculturales que garanticen el rendimiento sostenido. 5) la realización continua de plantaciones forestales susceptibles de compensar las pérdidas del capital forestal ocacionados cada año por las explotaciones y de otros agentes externos. Esta última medida se aconseja, pesar de la corriente conservacionista existente, para salvaguardar el capital forestal del bosque natural, para la comparación de los resultados con las técnicas de manejo del bosque natural, y además está acondicionada a la política económica y forestal de abastecimiento de materias primas para la industria. En ambos casos de regeneración (natural y artificial) se persigue convertir la masa heterogénea existente, en otra más simplificada, tanto en composición florística como en clases de edad y con crecimiento rápido.

- ***Justificación técnica***

Para el establecimiento del manejo experimental, en un área determinada, basado en la posibilidad de transformación del bosque por medio de la regeneración natural, es necesario extraer la masa comercial compuesta por árboles maduros y de crecimiento estancado. Como resultado de esta operación queda un bosque con muy baja productividad; por lo tanto se requiere un mejoramiento del mismo, mediante tratamientos silviculturales que garanticen el rendimiento sostenido. La selección de la gama de tratamientos silviculturales, se pueden reducir prácticamente al tratamiento de la masa forestal bajo dos sistemas de ordenación:

- el sistema monocíclico con sólo una corta que da un bosque uniforme.
- el sistema policíclico con varias cortas que da un bosque irregular.

Ambos casos son básicamente cortas selectivas; después del aprovechamiento de la masa forestal, hay necesidad de intervenir con tratamientos silviculturales para favorecer la regeneración natural valiosa. Asimismo, estos sistemas deben tener flexibilidad para tomar en cuenta los factores como cosechas económicas, cambios de los mercados de maderas y utilización de las especies menos conocidas. También deberán incluir prescripciones para reducir y reparar los daños causados durante las operaciones de tumba y tratamientos silviculturales. Hay que aclarar que después de alguna corta, por mínima que sea la intensidad el ecosistema total será cambiado.

Para probar la conveniencia de estas técnicas, se requieren diferentes intensidades de explotación, pero dividido en niveles, para permitir analizar los resultados. Estos niveles tienen que decidirse en base: a) la información del bosque antes de la corta basada en los inventarios y muestreos de la regeneración natural por debajo del diámetro mínimo de corta; b) la cosecha de la corta donde la información estará basada en la lista de especies las cuales forman la cosecha y los niveles, lo cual permite cuantificar la cosecha; c) los criterios mínimos para el aprovechamiento del bosque y la cosecha futura, necesariamente se refieren a la disponibilidad de datos de crecimiento antes y después del tratamiento de corta. Para ayudar a la selección de las técnicas de manejo y de los niveles de corta, vamos a referirnos en primer lugar al caso del sistema monocíclico y los criterios mínimos de aprovechamiento:

- Los estudios de inventario comercial realizados en las reservas forestales de producción, particularmente del departamento de Santa Cruz (8, 9,11,13), indican que las existencias de la masa comercial (aproximadamente 26 especies, excluyendo mara y cedro consideradas como muy valiosas) varía entre 94 a 105 árboles o fustales distribuidas en clases diamétricas por hectárea, desde el tamaño diamétrico de 20 cms dap hasta los 50 cm de diámetro (diámetro mínimo de corta contemplada por la ley forestal para la mayoría de las especies comerciales con excepción para las especies mara, cedro, mapajo, ochoó, bibosi), rango que se puede considerar como regeneración natural deseable; esta situación mejora si se toman en cuenta las existencias por encima de los 10 cm de diámetro (con más o menos 227 individuos/ha. El sentido de este criterio, es indicar que los modelos de aprovechamiento a ser planificados pueden considerarse como la primera fase para la conversión del bosque alto residual en rodales uniformes (regulares) con alta productividad, vale decir que es posible considerar en la planificación de los ensayos tres niveles de corta, por ejemplo: a) nivel de corta: 50 cm dap con 20% de danos; b) nivel de corta: 40 cm dap con 30 % de daños; c) nivel de corta: 30 cm dap con 50 % de daños. A estos niveles de corta, es necesario agregar la regeneración natural de los latizales y brinzales preexistentes de las especies deseables (incluyendo las

especies potenciales) y la regeneración natural inducida que necesariamente aparece por efecto de la apertura del dosel de copas.

- Existen especies tolerantes que demandan luz vertical y por ello aprovechan los claros efectuados por el hombre o por accidentes físicos (vientos, fuego, etc.) y se regeneran abundantemente desde la etapa de los brinzales que luego se sofocan si ellos no son asistidos por algún método de liberación o limpieza dentro de ciertos límites ecónomicos, ejemplos: mara (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrella* sp.), serebo (*Schizolobium parahibum*), picana (*Cordia alliodora*), tegejeque (Centrolobium sp), roble (*Amburana cearensis*) y otras especies potenciales (por ejemplo: *Bellusia* sp, *Zantoxylum* sp, *Vochisia* sp. y otros). Esta capacidad regenerativa de las especies mencionadas deberían ser aprovechadas para aumentar la cosecha original de 2 a 3 veces en aquellos sitios donde se presenten. Por consiguiente, a la primera fase del aprovechamiento hay necesidad de asistir a la regeneración deseable con tratamientos de dosificación de la luz (refinamiento para eliminar la competencia de las copas) y mejoramiento de la regeneración deseable basada en individuos prometedores que formarán la futura cosecha, con métodos de liberaciones, en vista de que esta regeneración no es capaz de competir con las especies indeseables o las malezas que aparecen profusamente.

- Existen en el trópico americano experiencias con los sistemas monocíclicos (sistemas uniformes) que han sido probados con éxito en Trinidad (5), Surinam (10), Perú, cuyas experiencias deberían ser analizadas para ayudar al diseño de los ensayos a ser estudiados, particularmente los datos de crecimiento para especies similares o para grupos de especies deseables, mientras tanto se tenga a disposición datos locales.

Con respecto al sistema policíclico por ahora no es posible establecer criterios mínimos. En las condiciones actuales de la preparación e implementación de los planes de manejo, la mayor dificultad para considerar esta opción es que estos planes están dirigidos al aprovechamiento de la mara y en algunos casos de cedro, donde la regeneración deseable para estas especies por debajo del diámetro mínimo de corta de 70 cm dap es muy baja o inexistente y por consiguiente las producciones futuras no tienen garantía o son muy bajas, aunque es necesario reconocer que es posible modificar los diámetros mínimos hasta un límite tolerable que reuna los requerimientos del sistema policiclico y de este modo aumentar las futuras cosechas, decisiones que en la práctica ya han sido tomadas por algunas empresas madereras en el aprovechamiento selectivo con estas especies, por ejemplo cosechas por encima de los 65 cm dap (8, 9). Sin embargo, estas observaciones sobre este sistema no excluye su inclusión en la escala de ensayos a realizarse.

Normalmente la experimentación sobre la regeneración natural forma parte de un programa de experimentos silviculturales que incluye la regeneración artificial (plantaciones: masa puras, enriquecimiento, taungya, etc.), puesto que la información que se requiere es aquella que permita decidir cuáles son las técnicas más apropiadas para producir diferentes especies de madera en los diferentes sitios de la zona en consideración.

Esta estrategia de manejo experimental ha sido enfocada con detalle para la administración de las unidades de producción forestal por el Servicio Forestal de Surinam, a partir del año 1958 hasta el año 1968. En base a los resultados obtenidos de la gama de experimentos, permitió desarrollar las técnicas silviculturales en escala operacional (1968 -1978) de diversas formas de plantaciones destinadas a la producción maderera: construcción, triplex (desembobinado) tanto para el consumo local como para la exportación. Asimismo durante estos dos períodos se desarrollaron en escala experimental dos sistemas de manejo silvicultural: 1) una modificación del sistema uniforme malayo, bajo el régimen monocíclico, (10, 14); 2) el sistema silvicultural Celos (Centre for Agricultural Research in Suriname) bajo un régimen policíclico (4). Para ambos casos , la aplicación de las operaciones silviculturales están basadas en el análisis de las características estructurales del bosque intervenido por la explotación y del crecimiento, básicamente del número de arboles por hectárea (abundancia real o efectiva), la ocupación espacial, y el crecimiento, que permiten fijar las metas del número de arboles a ser cosechadas en el próximo ciclo de corta, determinar los diámetros mínimos a ser intervenidos (tamaño mínimo de manejo silvicultural basado en consideraciones económicas =costos), prognosis del rendimiento (producción volumétrica en el segundo ciclo). Este tipo de análisis permite tomar las decisiones sobre la gama de métodos de tratamientos silviculturales a ser consideradas en el mejoramiento de la masa residual basada en la regeneración natural. Un resumen de la metodología de análisis de la regeneración natural se presenta en el apéndice 1(VEGA,12). Esta metodología fue empleada en los cursos de silvicultura tropical del Centro de Estudios Forestales de Postgrado de la Universidad de los Andes, Mérida- Venezuela, durante un período de 8 años, cuyo objetivo fue familiarizar a los estudiantes con el trabajo práctico de campo y el procesamiento de los datos de campo y también de los problemas inherentes del manejo de los bosques tropicales. También, esta metodología fue utilizada para la formulación de los experimentos para la búsqueda de alternativas de manejo silvicultural en la Reserva Forestal de Imataca - Venezuela (6, 15). Recientemente, este tipo de análisis se pretende utilizar en el tratamiento del bosque residual de Chimanes.

- *Beneficios sociales*

Tal como se mencionó anteriormente, el área de las reservas forestales de producción se encuentra presionada por los campesinos (colonos espontáneos) y las poblaciones indígenas que habitan en el interior de las reservas. La integración de los mismos en el manejo forestal del bosque natural , en sitios seleccionados, está ya contemplada en la nueva ley forestal. También se puede investigar las posibilidades que ofrece el sistema taungya y de otros sistemas agroforestales en los terrenos adyacentes a las reservas o en el interior de las reservas en el caso de las poblaciones indígenas, creándose de este modo un beneficio en común "bosque/hombre" con los consecuentes resultados sociales de los habitantes. Entre otros beneficios que contribuirán al mejoramiento de la calidad de vida, están: creación de fuentes de trabajo, asistencia social en el mejoramiento de la vivienda, servicios de educación, salud, servicio sanitario, producción agrícola.

Estudios preliminares para la determinación de los sitios aptos para el establecimiento de los experimentos

Establecer los objetivos del experimento

Se deberán establecer objetivos inmediatos y a largo plazo del experimento, los que deberán estar intrínsecamente relacionados con el objetivo básico de las reservas forestales, el cual es suministrar materia prima en forma sostenida y la política de conservación.

Establecer el área mínima para la realización de los experimentos

La determinación del área mínima, deberá tomar en cuenta los siguientes requerimientos:

- Area neta para el diseño de los experimentos más las zonas de aislamientos que deberá incluir: a) parcelas de muestreos de tamaños adecuados, o sea una hectárea
  - un volumen de madera bastante grande para permitir una corta comercial
  - un rango de tratamientos de corta y de silvicultura, la cual deberá proveer
  - datos suficientes de mediciones, costos y productividad para aprovechar las pautas de manejo.
  - resultados de confianza usando métodos estadísticos (replicaciones)
  - área destinada para el tránsito y acceso a las parcela (senderos)
- área destinada para los campamentos: personal técnico, personal de obreros permanentes y eventuales, visitantes (estudiantes)
- áreas naturales para la conservación y estudios especiales.

Estudios sobre la identificación y clasificación del relieve (mapas topográficos)

Estos estudios se harán a partir de fotos áreas y reconocimiento de campo, que definirán las diferentes formas fisiográficas, a saber:

- valles o vegas
- terrazas: altas y bajas
- colinas altas
- colinas bajas
- depresiones o cubetas (bajíos)

Estudio de los suelos

Estos estudios permitirán diferenciar los diferentes tipos de suelos y la clasificación de los suelos más importantes dentro de cada relieve (paisaje), de acuerdo a las características edáficas de los perfiles (profundidad, drenaje, textura, estructura, color, etc.). Generalmente, existe escasa información de los tipos de suelo. Esta clasificación tendrá un nivel bastante aceptable para los fines del experimento.

Determinación preliminar de la calidad del sitio (tipificación)

La determinación preliminar de la calidad de los sitios es importante para definir los sitios aptos para manejo silvicultural económico (relieve X suelos) y también para diferenciar aquellos sitios que debe mantenerse con la cobertura forestal por razones protectoras o recreativas.

Inventario de la masa forestal

El levantamiento de la masa forestal con una intensidad baja por ejemplo 2%, o más según las situaciones, se hará en cada uno de los sitios forestales determinados en el caso anterior. Se deberá incluir todos los arboles mayores de 20 cm dap. Durante el inventario se hará un muestreo adicional de la regeneración natural pre-existente por encima de 5 cm de diámetro.

Determinación del área basal en m^2/ha

La determinación del área basal en m^2/ha, es un parámetro importante utilizada para expresar la capacidad productiva del bosque (potencial de sitio). En virtud de ello, esta característica se usa para la eliminación de los sitios pobres por debajo de cierto límite por ejemplo 10 m^2/ha y también para descartar en el manejo los sitios en zonas de topografía escarpada; de este modo se tendrá una información bastante segura acerca de los sitios aptos para manejo silvicultural intensivo y los sitios pobres para manejo extensivo o para la protección. En esta etapa, también se analizará la estructura diamétrica que se considera como un indicador de la dinámica de la masa forestal y la

ocurrencia de las especies deseables con relación a los sitios (suelos identificados).

Levantamiento de la regeneración natural

Dentro de cada sitio seleccionado considerado como apto para manejo silvicultural económico, reservar una superficie de 400 hectáreas (o una superficie apropiada según los criterios establecidos para la determinación del área mínima) destinada al establecimiento de ensayos. Dividirla en 4 unidades de experimentación de 100 has cada una.

En cada una de las unidades o en una unidad seleccionada aleatoriamente, realizar un muestreo lineal sistemático con una intensidad del 10 % o más, ya sea en fajas divididas en parcelas (cuadrículas) de 10m X 10 m o en parcelas de una hectárea subdividida en 100 cuadrículas de 10m X 10m, estas parcelas estarán distribuidas aleatoriamente en cada unidad de 100 has. El levantamiento de la masa forestal (fustales) se hará por encima de 20 cm de dap., la regeneración natural de latizales en cuadrículas de 5m X 5m por encima de 5 cm dap. Para la regeneración natural de brinzales (plántulas menores a 5 cm dap. hasta plántulas de 1.50 cm de altura) en parcelas de 2m X 2 m. También se podrá utilizar cualquier método alternativo de muestreo de la regeneración natural.

Recolección de datos económicos-silviculturales

De un modo general, en la mayoría de los casos de estudios o de inventarios efectuados con fines de manejo forestal (5 ,6, 8, 10, 13, 15) existe informaciones acerca de características económico-silviculturales relacionadas con:

- Clasificación preliminar del valor comercial actual de las especies y de las muy abundantes: a) especies valiosas, b) especies comerciales, c) especies potenciales, d) especies sin valor conocido
- Identificación botánica de estas especies y clasificación de las mismas de acuerdo al peso específico: a) especies con peso específico mayor de 0. 75; b) especies con peso especifico entre 0.50 y 0.75; c) especies con peso específico menor de 0.50.
- Recolección de información local sobre propiedades tecnológicas o de trabajo.
- Recolección de información sobre las características ecológicas de estas especies: posición dentro de los diferentes estratos del bosque; exigencias a la luz, comportamiento en los claros. Determinación tentativa de especies intolerantes, tolerantes, y oportunistas.
- Recopilación o determinación preliminar (por algún método apropiado) del crecimiento de las especies deseables.
- Elaboración de la lista preliminar de especies deseables en base a características silviculturales (forma del fuste, ramificación y forma de la copa) y posibilidades de aprovechamiento, establecer prioridades dentro de cada lista.

Evaluación de los componentes del bosque y de la distribución de algunas especies en las respectivas categorías de inventario.

Para la determinación de las alternativas de manejo silvicultural, basados en el tamaño óptimo de la regeneración natural a fomentar, se necesita realizar los siguientes cálculos: 1) Estimación del crecimiento de la regeneración natural deseable y de su rendimiento, 2) estimación de los costos de manejo de los diferentes tratamientos alternativos. En la estimación del rendimiento se necesita evaluar los siguientes puntos:

- Agrupación o establecimiento de las categorías diamétricas. Preferiblemente en categorías de 5 cm de intervalo.
- Evaluación de la abundancia real (actual) por clase diamétrica (NA/Ha.) de las especies deseables o comerciales.
- Estimación del número de "árboles efectivos" por clase diamétrica. Esta estimación se obtiene de la relación entre la abundancia actual y la fracción de árboles que llegaran al final del turno (ocupación espacial expresado como frecuencia efectiva en %).
- Determinación del área basal por clase diamétrica por ha.
- Estimación de los tiempos de paso basados en los datos de crecimiento por clase diamétrica.
- Estimación del ciclo de corta, basada en las mediciones del crecimiento por clase diamétrica.
- Estimación del volumen al fin del turno basada en el cálculo del ciclo de corta y en tablas de volumen.

Diseño de los experimentos basados en la regeneración natural

Tratamientos silviculturales

Con los resultados obtenidos del inventario de la masa forestal y de los muestreos de la regeneración natural con relación a los parámetros de la abundancia real o actual, la ocupación (frecuencia de árboles efectivos), y el crecimiento, se estará en posibilidades de tomar la decisión del tamaño mínimo a fomentar en el manejo de la regeneración natural. Por ejemplo, el diseño incluirán 3 intensidades de tratamiento silvicultural como mínimo: a) un tratamiento liviano que incluirá la explotación y la eliminación de los individuos comerciales y potenciales defectuosos y dañados durante la explotación, los cuales no se podrán aprovechar en el futuro; b) un tratamiento moderado donde las operaciones principales incluirán: la explotación y la liberación de los individuos prometedores de las especies comerciales y potenciales desde la categoría de latizales más la eliminación de los individuos potenciales y comerciales defectuosos y dañados por la explotación; c) un tratamiento intensivo que incluirá las siguientes operaciones: explotación y envenenamiento de todas las especies indeseables por encima de 10 cm de diámetro más la eliminación de las comerciales y potenciales defectuosas y dañadas por la explotación, d) tratamiento testigo.

Tratamientos de corta

Para la regulación de la corta dentro el marco de la transformación del bosque natural en masas uniformes, las operaciones de aprovechamiento se dividirá en 3 niveles de acuerdo a los límites del tamaño mínimo de los árboles a fomentar, tal como se mencionó anteriormente, Por ejemplo: a) tratamiento de corta por encima de 50 cm de diámetro (liviano); b) tratamiento de corta por encima de 40 cm de diámetro (moderado); c) tratamiento por encima de 30 cm de diámetro (intensivo), d) testigo.

En realidad estas opciones de corta no constituyen el manejo propiamente dicho, aunque muchos forestales tratan de incluir el aprovechamiento como una parte del manejo del bosque, ya que se la considera como un primer aclareo del dosel de copas, al contrario muchos bosques pueden ser manejados sin las operaciones de aprovechamiento como son el caso de los bosques destinados a la conservación, protección del suelo, en los casos de investigación o el ecoturismo. Aquí se debe enfatizar que el manejo implica las actividades de una empresa comercial (planificación, organización, financiamiento, recurso humano y el control) y el manejo del recurso bosque (relacionado con los factores técnicos y ecológicos-económicos)

Los tratamientos de corta sugeridos para este ejemplo están dirigidos para aquellos sitios donde el bosque original ha sido ligeramente perturbado por el aprovechamiento selectivo de las especies valiosas. Sin embargo, cuando las masas boscosas han sido objeto de frecuentes intervención por las explotaciones no controladas, como sucede en la mayoría de los casos en las reservas forestales de producción de Santa Cruz, Beni, y en las áreas de colonización de Cochabamba (Chapare) y La Paz; los tratamientos de regulación de los estratos superiores del dosel estarán dirigidos a las intensidades del refinamiento, dividido en tres niveles seguido por los tratamientos silviculturales en el orden propuesto, es necesario indicar que la propuesta de los tratamientos extremos servirá para obtener información suficiente para facilitar la selección del tratamiento más apropiado.

Por el momento, los turnos de corta solo servirán de guía, esto será posible calcularlo después de unos 10 años, en el momento en el cual se sabrá el crecimiento del nuevo bosque.

Algunas consideraciones acerca de los tratamientos silviculturales

- Las operaciones de aprovechamiento seguido por el refinamiento tienen por finalidad la eliminación de las especies indeseables generalmente por envenenamiento dirigido principalmente a los árboles del piso superior y en parte de los pisos inferiores. Su objetivo es lograr la iluminación necesaria para el desarrollo óptimo de la regeneración natural deseable existente, Además permite reducir el área basal inútil para permitir la concentración de la productividad del sitio en los deseables. La intensidad del refinamiento está relacionada con la abundancia de la regeneración natural deseable en las diferentes categorías diamétricas y los costos. El problema se presenta cuando no hay regeneración de los fustales jóvenes o también de los latizales y sólo hay la regeneración pequeña, con este límite de manejo tan pequeño, el aclareo o refinamiento es bastante costoso ya que la iluminación brusca y fuerte provoca un crecimiento rápido de algunas especies heliófitas indeseables y por consiguiente mayores costos. Estas consideraciones indican la necesidad de realizar ensayos sobre las intensidades del refinamiento.

- Operaciones de refinamiento combinado con operaciones de liberación. Los tratamientos de liberación tienen por finalidad fomentar la rapidez del crecimiento de la regeneración establecida (ya sea provocada o fomentada por los aclareos del dosel superior) y la eliminación de latizos indeseables y de los árboles con diámetro inferior al tamaño diamétrico mínimo en el refinamiento. y las otras especies que impiden el crecimiento de la regeneración deseable. En esta fase, es necesario realizar ensayos sobre la intensidad y la técnica de liberación. En principio hay cuatro posibilidades de liberación:

- Liberación de todas las plantas sobre toda la superficie.
- Selección y liberación de individuos más prometedores por unidad de superficie
- Liberación de todos los individuos que alcanzan una dimensión mínima, por ejemplo 2 metros de altura, sin tomar en cuenta las plantas pequeñas que necesitan más trabajo y que tienen menor valor.
- Liberación de todas las plantas deseables, pero sobre una superficie limitada, por ejemplo en fajas con orientación E-O de 10 a 25 m de separación entre si.

También se pueden hacer combinaciones por ejemplo la 3 y 4. En todo caso, la aplicación de las intensidades de liberaciones y los métodos de liberaciones necesitan ser investigados tomando en cuenta los beneficios a ser conseguidos (cantidad y calidad de la regeneración) y los costos. Todos estos sistemas tienden a la formación de un bosque futuro compuesto de una proporción relativamente alta de arboles valiosos (entre 100 a 300 arboles). Si se dirige a un número de árboles limitado, no vale la pena efectuar un tratamiento general.

Asimismo hay necesidad de realizar ensayos adicionales sobre el envenenamiento: sobre los arboricidas disponibles en el mercado y sobre su efectividad (mezclas más adecuadas de las soluciones: substancias químicas y sus solventes).

Mediciones y otros estudios adicionales en los experimentos

En los experimentos a realizarse se necesitan datos mínimos para evaluar el desarrollo del bosque después de los tratamientos de corta (o del refinamiento) y silviculturales. Estos datos estarán relacionados con las siguientes mediciones:

- Durante los tratamientos de corta:
  - Pérdidas de las cosechas, para aplicar en los planes de manejo la técnica de la regulación de la producción por volumen.
  - Costos de aprovechamiento hasta madera aserrada para determinar los lineamientos de impuestos adecuados, para decidir la conveniencia de venta de la madera en pie, trozas en el bosque o en el aserradero.
  - Tablas de cubicación, que son necesarios para las estimaciones de la masa forestal en los trabajos de inventario. En el país no existen tablas de volumen confiables.

- Después de los tratamientos:

Las informaciones necesarias están relacionadas con los cambios en el bosque y en el suelo. Para ello se necesitan parcelas permanentes que permitirán un muestreo permanente. Sin embargo, el mayor cambio puede ser evaluado con la comparación de los inventarios antes y después de los tratamientos.

- Medición de los fustes; se medirán los diámetros (CAP en mm) y las alturas, anotando las condiciones de cada árbol muestreado (calidad del fuste).
- Mediciones de los latizales y brinzales. Son necesarios los datos de sobrevivencia y mortalidad de las plantas pequeñas y para indicar las reacciones de las plantas a las condiciones de luz.
- Es necesario indicar que las mediciones señaladas forman parte de las investigaciones forestales, cuyas prescripciones forman parte de la responsabilidad de los técnicos encargados de los experimentos. Para tener resultados comparables con otros sitios de Bolivia y de otros países es necesario que ellos sigan métodos estandarizados.
- Estudios adicionales, estos deberán estar relacionados, con :
  - estudios fenológicos
  - estudios especializados de los suelos: propiedades físicas y químicas y su relación con el crecimiento de los árboles.

Bibliografía

Baur, G.N. 1964. The ecological basis of rainforest management. s.n.t. 499 p.

Boerboom, J.H.A., 1966. Some remarks on the natural regeneration of tropical rainforest, with special reference to a method newly applied in Surinam. 6th World For. Congr. Madrid. paper 6 CFM/C/, T.VI/7.

Dawkins, M.B..E. 1958. The management of natural high-forest with special reference to Uganda. Imp. For. Inst. Univ. of Oxford. Paper No 14. 155 p.

Graaf. N.R. de. 1981. Sustained timber production in the tropical rainforest of Suriname. Paramaribo. Suriname. 7 p.

Finigan, B. Y Sabogal, C. 1993. El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura: un estudio de caso en Costa Rica. Rev. El Chasqui No 17: 3-24.

Kauman. W. y Arellano. G. 1976. Desarrollo del esquema tentativo para la búsqueda de alternativas de manejo silvicultural de los bosques vírgenes de Imataca. FAO: Proyecto- Ven-72- 019. Documento de trabajo No 2. 85p.

Orosco, G.B. 1996. Comportamiento de un bosque ribereño (río Ichilo) bajo tratamiento silvicultural con gabun (Otoba cf. parviflrora) Univ. Autónoma Gabriel René Moreno. Fac. Ciencia Agrícolas, Carrera Ingeniería Forestal. Santa Cruz. 57 p. (tesis de grado sin publicar), Rana, A.H. 1993. Inventario forestal aserradero Tarumá: Provincia Velasco. Departamento de Santa Cruz. (documento sin publicar). 60 p.

Saravia, P. 1993. Estudio preliminar del recurso forestal de la reserva de vida silvestre de los ríos Blanco y Negro. Fundación Amigos de la Naturaleza y UTD- CDF- C. 58 p. (documento sin publicar).

Schulz, J.P., 1967, La regeneración natural de la selva mesofítica tropical después de su aprovechamiento. IFLAIC Boletín 23: 3-27.

Terrazas.T.H. y Arce. R.A. 1995. Plan de manejo forestal: empresa maderera "Vasber Internacional". Provincia Ñuflo de Chávez. Departamento de Santa Cruz. 97 p. (Documento sin Publicar).

Vega. L.C. 1976. Decisión sobre el límite inferior de manejo silvicultural económico en base a la regeneración natural del bosque húmedo tropical mixto. Publicación interna del Servicio Forestal de Suriname).

Vega.L. C. 1991. Propuesta para la orientación del manejo forestal sostenible del Bosque Experimental Elías Meneses: Choré Santa Cruz. MACA/ BID/SF: 2985-BO: Programa de Manejo Forestal. Santa Cruz. 63 p. (Documento sin publicar).

Vink. A. 1962. Some notes on yield regulation an stand improvement in the Mapane High-foreste. Surina Forest Service. Paramaribo- Suriname. 27 p.

Wood, T. W.W. 1978. Estudios preliminares para desarrollar técnicas de manejo mediante regeneración natural en la reserva forestal de Imataca- Venezuela. FAO: Proyecto - VEN -72. 019. Documento de trabajo No. 13. 92 p.

Mejora de la Regeneración de Especies Arbóreas en los Claros de Corta de un Bosque Estacionalmente Seco en Bolivia

M. A. Pinard[1]
R. Veizaga
S. A. Stanley[2]

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar la efectividad de los tratamientos silviculturales en claros de corta para incrementar el establecimiento y crecimiento de plantines de árboles. Los tratamientos estuvieron dirigidos a reducir la competencia, mejorar el substrato para las semillas e incrementar la irradiación y éstos fueron: desbroce de vegetación, quemas controladas y quemas controladas en claros ampliados, los sub-tratamientos dentro de los tratamientos generales incluyeron la siembra al voleo y la escarificación del suelo. La cobertura por bejucos fue mayor en los claros testigo que en los claros quemados o desbrozados; pero la cobertura vegetativa para todos los tratamientos en general fue similar (45-55%). Transcurridos 8 meses, el número de plantines establecidos fue similar para los claros testigo, los desbrozados y los quemados. La escarificación manual del suelo no tuvo un efecto aparente sobre el establecimiento de plantines. Sin embargo, la siembra al voleo incrementó el establecimiento de plantines en todos los tratamientos de los claros. A los 8 meses, las densidades de plantines en las parcelas sembradas variaron entre los 8 y 16 m^{-2}; las especies esciófitas se establecieron con mayores densidades que las especies heliófitas. Durante los primeros 8 meses, el crecimiento de los plantines fue mayor en los claros grandes que en los pequeños.

Introducción

Muchas de las especies maderables que se aprovechan en los bosques neotropicales no están representadas por una regeneración avanzada. Los ejemplos de *Swietenia* y *Cedrela* son bien conocidos, pero en Bolivia hay muchas otras como *Astronium, Hura, Amburana,* y *Ficus.* Aparentemente la regeneración de estas especies está relacionada con disturbios de bosque. No está claro si este requerimiento de intervención está relacionado con la regeneración de heliófitas, la necesidad de suelo mineral expuesto, o a la falta de competitividad.

El manejo de estas especies mediante sistemas monocíclicos (ej. corta a tala rasa) constituye una opción, pero las intervenciones relativamente grandes que caracterizan a los sistemas de manejo monocíclico son potencialmente incompatibles con otros objetivos de manejo forestal, tales como el mantenimiento de un grupo diverso de especies arbóreas o el mantenimiento de la compleja estructura del bosque, para la fauna que depende de condiciones de bosque cerrado, o para disminuir la vulnerabilidad del bosque a incendios.

Aquí presentamos uno de los experimentos silviculturales en los que BOLFOR ha estado trabajando, en el cual se explora la utilidad de manipular condiciones dentro de los claros de corta para estimular el establecimiento de brinzales dentro de una matriz de bosque cerrado. Específicamente, se observó la efectividad de los tratamientos para reducir la competencia, exponer el suelo mineral y aumentar los niveles de luz para influenciar el establecimiento y el crecimiento de brinzales.

Palabras clave: siembra al voleo; quemas controladas; claros de corta; escarificación del suelo; silvicultura; desbroce; reclutamiento de brinzales; tamaño de claro;

[1]Dirección postal: Department of Forestry, MacRobert Building, University of Aberdeen, Aberdeen, AB24 5UA, United Kingdom.
[2]Dirección actual: Department of Forest Resources, University of North Carolina, Raleigh, NC 27695, USA.

Area de estudio

El estudio se llevó a cabo en un bosque estacionalmente seco, ubicado en el Departamento de Santa Cruz, en la región de Lomerío. El área recibe alrededor de 1000 mm de precipitación por año y tiene una época seca marcada de 3 a 4 meses, aunque la intensidad y duración de ésta varía de un año a otro. El bosque está dominado por Fabáceas, con particular abundancia de los géneros *Anadenanthera* y *Poepiggia*. La comunidad indígena chiquitana maneja el bosque en lo referente a aprovechamiento forestal y fauna, y éste fue eco-certificado en 1996. Las intensidades de aprovechamiento son relativamente bajas (3-10 m^3/ha^{-1}) y existe la necesidad de incrementar los volúmenes extraídos para aumentar la viabilidad económica de las operaciones de aprovechamiento. Actualmente, dieciocho especies son comercializables; la mitad de las cuales han sido clasificadas como heliófitas y la otra mitad como esciófitas.

Métodos

El experimento se inició en octubre de 1995, a fines de la época seca. Se seleccionaron 24 claros de corta de un bloque de 400 ha y se asignó al azar uno de cuatro tratamientos generales a cada claro, seis claros recibieron un tratamiento de desbroce en el cual se cortó toda la vegetación y se extrajeron los residuos grandes. En otros 6 claros, se cortó la vegetación, se apilaron los residuos leñosos en el centro del claro, se cortó una cortina cortafuego de 1 m de ancho alrededor del claro y se aplicó un círculo de fuego. Se dejaron como testigo otros 6 claros. Con el fin de observar las posibles ventajas de claros de mayor tamaño, se ampliaron 6 claros adicionales, mediante la corta de árboles ubicados en los márgenes de los claros, la vegetación fue cortada y quemada tal como se describe en el anterior tratamiento de quema. El tamaño final de estos claros quemados grandes fue de aproximadamente 300 m^2, en comparación con alrededor de 60 m^2 en los otros tres tratamientos.

Dentro de los claros se establecieron parcelas de 2 m x 2 m para el monitoreo de la vegetación. Estas parcelas se usaron para dos subtratamientos: escarificación del suelo y siembra al voleo, aplicados en un diseño factorial. La escarificación fue manual y superficial, aplicada con una rama en forma de horqueta.

La siembra se hizo con semillas de 6 especies (Cuadro 1), siete son Fabáceas, dos son Anacardiacéaes. Estas representan 2 gremios ecológicos generales: las heliofitas durables, especies con semillas que germinan en la sombra pero cuyos brinzales requieren, relativamente, más luz para desarrollarse; y, las esciófitas parciales, que se desarrollan en la sombra, pero requieren de luz para pasar a la etapa final de desarrollo. Con los ajustes para viabilidad, quedarían alrededor de 100 semillas por parcela (de todas las especies combinadas, 25 m^{-2}). Se nota que para algunas de las especies, las semillas tuvieron una baja viabilidad.

¿Por qué el uso de esos tratamientos? Por una parte, estamos tratando de simular el disturbio más probable en el área. Por la estacionabilidad y el largo historial humano en el área, tanto la quema y el chaqueo, como los incendios constituyen posibles disturbios. Incluimos el tratamiento de ampliación de los claros para hacer cambios más marcados en el microclima de los claros. Si bien hay 18 especies maderables en el área, las especies muestran distribuciones agrupadas y algunas están presentes con bajas densidades; por consiguiente, las semillas pueden ser un factor limitante. Incluimos un tratamiento de escarificación manual porque se representa otra opción para exponer el suelo mineral, tal vez menos costosa que las quemas controladas.

De las varias hipótesis planteadas inicialmente, se enfocaron las siguientes 1) Existe un incremento de reclutamiento de especies a través de los tratamientos (quema, desbroce) con relación al testigo. Particularmente, hablamos sobre dos variables, que son especies y densidades de brinzales. 2) Los subtratamientos de siembra y escarificación de suelo incrementan el reclutamiento de las especies en los claros. 3) Existe un incremento de sobrevivencia y crecimiento para brinzales en claros quemados más grandes que en claros quemados pequeños.

Resultados y Discusión

Si se consideran sólo las especies no-sembradas, 20 meses después de los tratamientos se encontraron 45 especies de las cuales sólo 6 son maderables. La frecuencia de las 6 especies maderables se presenta uniforme en los claros testigos, desbroces, y quemas. La riqueza de especies fue uniforme en los tratamientos, con la presencia de cerca de 18-20 especies de árboles en 16 m^2, ya sea como rebrotes, residuales o árboles recientemente reclutados. La mayoría de los brinzales y latizales, de especies no sembradas, son rebrotes. Si se observan sólo las especies clasificadas por gremio ecológico, la frecuencia es similar entre los tratamientos. Sólo 6 de estas 36 fueron especies comerciales y se establecieron a tiempo de la formación de claros o fueron tallos que brotaron (sólo se reclutó 1 *Cariniana*); la frecuencia de estas especies en los claros fue independiente de los tratamientos. Siete especies de árboles se reclutaron mediante semilla en los claros durante los 20 meses, todos éstas son especies arbóreas pioneras (*Cecropia, Heliocarpus, Trema, Urera, Tiliac*), similarmente frecuentes en los 4 tratamientos.

A los 5 meses, no existía evidencia de que los tratamientos generales de claros incrementaron el reclutamiento, tanto de especies no sembradas como sembradas (Cuadro 2). En efecto, se encontraron más especies no sembradas en los claros testigo que en los quemados o desbrozados. A los 5 meses, las densidades de las especies sembradas fue similar en todos los tratamientos, pero la siembra fue efectiva.

Estos resultados contradicen nuestras expectativas, las posibles explicaciones de dichos resultados son primero, alta variabilidad, baja repetición, lo cual dejó poca

potencia estadística para rechazar una hipótesis nula (pero tampoco se hace aparente una tendencia en los valores medios). Segundo, los tratamientos fueron implementados inicialmente en noviembre después de la principal caída de semillas, sin embargo, éste es el segundo año después del tratamiento y se espera que la producción de frutos durante este segundo año haya provisto semillas. Y tercero, es posible que falten árboles semilleros o exista altos niveles de depredación en los claros.

La siembra fue efectiva para el incremento de establecimiento de árboles en 4 tratamientos de claros (Cuadro 3). Recuérdese que las densidades de las especies sembradas fueron 3-5 veces mayores a las de las otras especies combinadas. La siembra al voleo fue también efectiva para incrementar el establecimiento en los claros quemados, tasas similares de establecimiento en los claros quemados grandes y pequeños. La escarificación en los claros testigo y desbrozados incrementó el establecimiento, sólo en las parcelas donde se sembraron semillas al voleo.

Estos resultados demuestran que, por los menos después de 20 meses, la siembra fue útil. La escarificación aumentó el número, pero si esto representa un aumento que justifique el esfuerzo, es menos claro; será necesario seguir el crecimiento de los plantines y la supervivencia para evaluar esto.

Durante los 20 meses posteriores al tratamiento, las tasas de mortalidad de plantines de las especies sembradas variaron de 72% en los claros testigo a 44% en los claros grandes, quemados y fueron independientes del tratamiento (Cuadro 4). La sobrevivencia no estuvo influenciada por el tamaño de los claros.

Para crecimiento, se enfocan las dos especies más abundantes, con diferencias entre los tratamientos. Para heliofita, *Anadenanthera*, el crecimiento fue mayor en los claros quemados y amplios, y menor en los claros testigo (Cuadro 5). Para *Caesalpinia*, el crecimiento en los claros quemados fue mayor que en los claros desbrozados y los testigos, igualmente bueno en los claros quemados grandes y pequeños. Con el fin de describir mejor las respuestas de crecimiento y sobrevivencia en los claros, se necesita establecer parcelas más grandes, ya que los 16 m² capturan sólo un número limitado de individuos en cada claro.

Conclusiones

La forma más efectiva de aumentar el reclutamiento fue la siembra al voleo (combinada con escarificación). Pero todavía faltan conocimiento de la biología de las semillas de las especies maderables. La quema tuvo su valor para el aumento de crecimiento de plantines durante los primeros 20 meses de observaciones pero no parecer haber influido en la sobrevivencia, ni el reclutamiento. Tal vez es necesario dedicar más investigación a la intensidad de los fuegos y cómo afectan la regeneración.

Una de las preocupaciones al introducir fuego en el bosque, fue que la densidad y la cobertura de malezas (ej. lianas, trepadoras herbáceas, pastos o bromeliáceas) podrían aumentar. No existe evidencia de aumento de problemas de malezas. El desbroce y la quema disminuyeron la cobertura de trepadoras (a los 20 meses) los claros testigo tuvieron 30% mientras que los desbrozados 9% y los quemados 12% y no había una cobertura significativa de pastos en los claros.

La mano de obra para la implementación de los tratamientos fue la siguiente: (en días de trabajo por claro): desbroce, 0.5; quema controlada, 0.8; ampliación y quema, 1.3; escarificación, 0.1 (por 8 m²). Tal vez los tratamientos podrían ser efectivos en cuanto a costos para especies valiosas como *Cedrela* y *Amburana*. Pero, dado el bajo número de árboles semilleros, la siembra al voleo es ciertamente necesaria.

Con nuestros datos preliminares no podemos recomendar ni desalentar el uso de quemas controladas como un tratamiento silvicultural en este bosque; pero la siembra al voleo en claros de corta es una opción factible y valiosa.

Agradecimientos

Agradecemos al Proyecto BOLFOR y a las comunidades en Lomerío por el apoyo para la realización de este proyecto.

Cuadro 1. Especies sembradas con su gremio ecológico y viabilidad. HD representa heliófita durable, ES representa esciófita parcial.

Especie	Gremio	Semillas por parcela (viabil.)
Anadenanthera colubrina	HD	40 (100%)
Aspidosperma macrocarpon	EP	40 (35%)
Astronium urudeuva	HD	100 (20%)
Caesalpinia floribunda	EP	40 (55%)
Centrolobium microchaete	HD	10 (20%)
Peltogyne heterophylla	EP	40 (40%)
Schinopsis brasiliensis	HD	40 (0%)

Cuadro 2. Reclutamiento de especies arbóreas. Se presentan datos de 5 meses, la media (error estándar) número de m^2.

Tratamiento	Especies no-sembradas	Especies sembradas
Testigo	1.4 (0.2)	3.6 (1.4)
Desbroce	0.8 (0.4)	5.1 (1.2)
Quema	0.7 (0.3)	3.9 (1.0)
Quema / amplia	0.7 (0.3)	2.3 (0.6)

Cuadro 3. Especies sembradas, el número (m^{-2}) de brinzales después de 5 meses.

		Escarificación	
		no	si
Siembra	no	0.3	0.1
	si	2.9	5.6

Cuadro 4. Sobrevivencia a los 20 meses. Porcentaje de brinzales que se reclutaron y sobrevivieron hasta los 20 meses en los cuatro tratamientos.

Especies	N	Testigo	Desbroce	Quema	Quema /Amplio
Anadenanthera	110	71%	71%	80%	73%
Aspidosperma	186	46%	38%	35%	52%
Caesalpinia	314	73%	63%	73%	84%
Pterogyne	76	28%	50%	38%	100%

Cuadro 5. Media de las alturas de brinzales (cm) en los claros de cuatro tratamientos.

	Testigo	Desbroce	Quema	Quema/ Amplia
Anadenanthera	49	-	90	131
Caesalpinia	45	33	71	70

La Problemática Forestal en el Territorio Indígena: Reserva de la Biosfera de Pilón Lajas

Ludovic Frere

Veterinarios sin Fronteras – Bolivia

Resumen

El territorio Indígena - Reserva de la Biosfera de Pilón Lajas: una zona de conflictos sociales fuertes. El Decreto Supremo 23110 del 9/04/92 crea el Territorio Indígena - Reserva de la Biosfera (TI-RB) de Pilón Lajas con el objetivo de proteger la riqueza de sus diferentes ecosistemas y de reconocer las tierras indígenas. La TI-RB se encuentra situada en las provincias Sud Yungas y Franz Tamayo del departamento de la Paz, y la provincia Ballivián, del departamento del Beni, en la zona tropical húmeda de Bolivia, a 350 km. al noreste de la ciudad de la Paz. Constituye la última estribación de la Cordillera Oriental de Los Andes en el límite con la llanura beniana, con un rango altitudinal que oscila entre los 300 y 2000 msnm. Abarca una superficie estimada en 400000 hectáreas.

En la reserva y en la zona de amortiguación los actores sociales se caracterizan por su diversidad de culturas y estrategias socioeconómicas especialmente en lo que se refiere a ocupación del espacio y el uso de los recursos naturales.

Por su riqueza natural y la diversidad social mencionada es una zona de conflictos latentes. Entre ellos, el de la madera es el que más se destaca.

Conflictos de explotación de la madera antes de la Ley Forestal N° 1700

Desde que se comenzó la explotación maderera en Bolivia, Rurrenabaque se ha dedicado a esta actividad. Ha sido una de las principales fuentes de ingreso para la gente del pueblo y de la zona de colonización. Las asociaciones de motosierristas independientes, barracas, cinteadores y madereros con concesiones forestales forman una estructura social fuerte y compleja.

Durante mucho tiempo, cada actor interpretó la ley a su manera, de acuerdo a sus alcances económicos y políticos. El incumplimiento de la ley variaba con el volumen y la clase de madera como en el caso de los motosierristas que hacían pasar camiones de madera fina en cuartones: *Swietenia macrophylla King.* (mara), *Amburana cearensis* (roble), *Cedrela odorata* (cedro). En algunos casos los madereros no respetaban la patente forestal o los derechos de monte.

Existían conflictos entre dirigentes de las diferentes corporaciones de trabajadores de la madera. El caso de la propiedad del árbol fue siempre un tema polémico. El motosierrista argumentaba que él no podía cortar los árboles de su terreno porque los madereros con concesiones forestales lo habían hecho. Estos decían que los motosierristas cortaban los árboles de su concesión, cuartoneándolos sin darles un aprovechamiento máximo.

Al argumento del desperdicio de madera por el ancho de la cinta de la motosierra, los motosierristas contestaron que de esta manera se aprovechaba el máximo del volumen del árbol y no se dejaban grandes ramas o troncos podridos en el monte. Además al llevar los cuartones al hombro se disminuía el impacto ecológico de sacar la madera.

Esta discusión se amplió con el problema de las concesiones ilegales dentro de la Reserva, que fue resuelto, en parte, en 1996 deteniendo las actividades dos empresas madereras y el cobro de una parte de los daños ecológicos.

Los motosierristas crearon una asociación que les agrupara con el fin de fortalecer la defensa de sus derechos encarando a su trabajo con criterios de sostenibilidad. La carnetización de sus miembros fue una alternativa para acabar con los motosierristas piratas que venían de pueblos vecinos, como Riberalta o Guayaramerín.

Los dueños de las cinteadoras que compran madera a los motosierristas sin tener concesión se asociaron también para reivindicar sus derechos.

El enfrentamiento con la Ley Forestal

La ley forestal N°1700 fue publicada el 12 de Julio de 1996, y su reglamento el 21 de diciembre de 1996. Dentro de la nueva reglamentación, el artículo 75 indica: "En ningún caso está permitido el uso de motosierras para el escuadrado y el tableado con fines comerciales, bajo sanción de decomiso y multa conforme al presente reglamento".

Por este punto comenzó la lucha del pueblo de Rurrenabaque y de su zona periférica. Después del decomiso de camiones de madera cuartoneada en la Paz, la actividad forestal se detuvo de un día al otro. La economía de la región descendió rápidamente. En poco tiempo hubo rumores de emigración hacía otro pueblo y un gran pesimismo con respecto al futuro, ya que la economía de la zona depende en gran parte del negocio de la madera. En la mayoría de los casos, los camiones que salen de la Paz con productos básicos llegan a Rurrenabaque con el objetivo de comprar madera, para asegurar el rendimiento de un viaje largo, que a veces toma 2 a 3 días.

Por el nivel de organización de las asociaciones, por las malas repercusiones socioeconómicas de la suspensión de la actividad maderera se organizó rápidamente una corriente de protesta hacia el gobierno por la ley forestal. El primer objetivo de esta protesta fue la eliminación del artículo 75 de la mencionada ley.

Una zona contra una ley

El artículo 75 tiene por objetivo, entre otros, el de mejorar el control de los canales de comercialización de la madera y adaptar la ley a las reglas de manejo forestal sostenible internacional. El lobby que realizan los empresarios madereros es fuerte tanto en el ámbito económico como político, así como el lobby de los compradores internacionales, que pudieron incentivar este cambio legal. Los pequeños productores no podían competir.

En el caso de la zona de Pilón Lajas, una buena parte de los motosierristas sacan la madera de lugares alejados de la carretera o del río. Ellos no tienen los recursos económicos, ni un grado de organización lo suficientemente elevado como para administrar el uso de máquinas de tracción. En este sentido, el cuartoneo ha sido una actividad viable económicamente para ellos durante largo tiempo. Además, en el ámbito ecológico, el impacto del arrastre de cuartones por hombro es más bajo que el de cualquier máquina. Si no se permite cuartonear más, las perspectivas de manejo son únicamente empresariales.

De acuerdo a la ley, el 20 % de las tierras fiscales de producción forestal permanente están destinadas a las asociaciones del lugar, pero éstas aún no tienen los recursos para manejarlas. Para el caso del manejo forestal por parte de las comunidades indígenas, veremos que las oportunidades parecen también débiles. En este contexto, las fuentes de empleo para la actividad maderera parecían estar muy comprometidas por el artículo 75.

Además de un bloqueo de caminos, la estrategia de negociación con el gobierno por parte del pueblo fue negociar los plazos de establecimiento de la ley en la región.

Se supone que las grandes empresas necesitan tiempo para adaptarse a la ley, así como los pequeños productores. Por otra parte, el reglamento no da las normas de manejo para las propiedades de menos de 200 hectáreas, lo que interesan los pequeños productores. Por esta razón, era más difícil para ellos continuar con las actividades mientras no existieran normas para las mismas. No se pudo anular el artículo 75, por las presiones de los diferentes lobby pero se negoció un último plazo para aplicar la ley, mientras se definían las reglamentaciones.

El gobierno municipal y los diferentes representantes de las asociaciones colaboraron en este proceso. Ahora, la alcaldía debe encargarse de la distribución de concesiones forestales a las agrupaciones del lugar y apoyarles para la presentación de sus planes de manejo forestal a la Superintendencia Forestal quien es responsable de la fiscalización.

El papel de Veterinarios Sin Fronteras como administrador de la Reserva y como institución técnica

Desde 1993 el diagnóstico del Plan de Manejo de la TI-RB fue confiado a Veterinarios Sin Fronteras (VSF), institución que desarrollaba desde hacía 3 años en un proyecto de desarrollo agropecuario. VSF administra la Reserva en coordinación con la Dirección Nacional de Conservación de la Biodiversidad del Estado Boliviano y coordina proyectos de desarrollo con la población del área.

Para la elaboración del plan de manejo del TI-RB Pilón Lajas se realizaron diferentes talleres de consulta con las federaciones y las asociaciones productivas. Durante esos talleres se definieron los objetivos del manejo de la Reserva y de su zona de amortiguación, a corto, mediano y largo plazo.

El objetivo a corto plazo fue el de resolver la situación actual, con el apoyo de argumentos técnicos y legales. Los objetivos a mediano y largo plazo fueron:

- desarrollar planes de manejo sostenible con las asociaciones locales
- mejorar los procesos de transformación
- dar mayor valor agregado a los productos maderables

Los objetivos del programa forestal se definieron de acuerdo a las demandas de los interesados.

Por otra parte, la Alcaldía que debería apoyar a la población para la realización de plan de manejo no tiene recursos económicos. La Alcaldía no cobra todavía las patentes forestales de las concesiones con planes de manejo que la ley establece. Por esa razón, no pueden asegurar la administración de la Unidad Técnica Forestal responsable de la presentación de los planes de manejo.

En este contexto, VSF cuenta con personal técnico y los recursos económicos para brindar un apoyo a la unidad mencionada. Por otro lado, la Superintendencia Forestal debe aprobar esta propuesta orgánica de la unidad, en la cual representantes locales están dispuestos a colaborar. Esta unidad debería operar con puntos de vista solamente técnicos para acelerar los trámites con la superintendencia.

Como administrador de la Reserva, VSF puede brindar un apoyo a la superintendencia para la zonificación de las concesiones de acuerdo al plan de manejo de la Reserva.

Para el manejo forestal del Territorio Indígena, no existen todavía las normas del Manejo de las Tierras de las Comunidades de Origen. Estas se analizarán junto con la superintendencia.

Potencial y limitaciones para el manejo forestal con agrupaciones

Las percepciones locales del manejo forestal

Desde hace 5 años, VSF desarrolla proyectos agroecológicos. Gracias a esos proyectos se crearon muchas demandas por parte de la población para que se cree un programa forestal en algunas partes de la zona de colonización. La realización de Diagnósticos Rápidos Participativos confirmó esa necesidad. El interés parecía grande. Se realizaron diferentes reuniones en las comunidades interesadas se hicieron para elaborar un plan comunal de manejo forestal. Finalmente el manejo se hizo solamente en el ámbito individual con alrededor de 10 % de la poblacion interesada al inicio.

La mayoría de la gente piensa que el manejo forestal consiste solamente a establecer plantaciones y transformar la madera. La gente tenía la costumbre de entrar al monte para cortar algunas especies para su comercialización. Los trabajos suplementarios necesarios (inventarios, tratamientos silviculturales) para asegurar una producción durable les parecían superfluos y costosos. La mayoría quería solamente un apoyo para reconocer los árboles de potencial comercial y poder talarlos. Algunos se convencieron de entrar en un manejo y dejar árboles para el futuro.

Por otra parte, la gente esperaba un apoyo financiero inmediato para la compra de una máquina de transformación (aserradero portátil, carpintería). Como no querían cumplir los diferentes pasos técnicos, no se pudieron acordar créditos. Además la institución no podía asegurar grandes montos para crédito.

Una parte de la gente estaba dispuesta a hacer plantaciones forestales en pequeña escala, que fueron llevadas a cabo.

Pasos del programa forestal individual

Se realizaron: inventarios, tratamientos silvilculturales (corte de lianas, liberación por anillamiento o corta), enriquecimiento forestal y censo comercial. Estos trabajos se hicieron en parcelas de 2 a 5 hectáreas sobre las 25 que corresponde a cada colono.

Los beneficiarios escogieron el terreno según dos criterios: la baja fertilidad del suelo y los lugares de protección. La mayor parte de los beneficiarios trabajaban con un programa de planificación de la parcela, según el mayor uso del suelo como el programa PRISA: Programa de Implementación de Sistemas Agroecológicos, ya que la gente prefiere guardar los mejores suelos para agricultura y explotar la madera de los suelos de protección, en los cuales se aconsejó hacer un manejo meticuloso.

Los trabajos de inventario se iniciaron en parcelas de 200 hectáreas de una cooperativa con la cual se detuvo el trabajo por conflictos institucionales y falta de recursos propios para la inversión en una cinteadora.

La administración de VSF no tenía con recursos financieros para asegurar el seguimiento de una política de crédito. Para la segunda fase del programa, se definieron las metas de la política.

Hacia un manejo con agrupaciones

La escasez de personas interesadas por el programa forestal tuvo como consecuencia una dispersión geográfica de los beneficiarios. Pues no facilitó la organización de los beneficiarios. Además la gente no tiene la costumbre de reunirse para realizar actividades de producción. La suspensión del cuartoneo de la madera les obligo a detener sus actividades y les hizo perder la esperanza de sacar madera cada año.

Siempre, se recomendó a la gente agruparse por diferentes razones técnicas y económicas. Ahora la nueva ley lo obliga. Este es un gran cambio para la gente, ya que tendrán que cambiar su visión del trabajo de la madera. El programa forestal acompaña a las asociaciones en el proceso de adaptación a la nueva ley.

Problemática de la explotación de la madera en los chacos

Desde 1995, el rumor de la prohibición de hacer tumba y quema se está propagando en la zona. Eso tuvo como consecuencia malas interpretaciones de la ley por parte de la gente que imaginaba que se iba a acabar su principal modo de sobrevivencia. Las campañas de información fueron muy esporádicas.

El espíritu de la ley es frenar la quema. Se impuso una patente de desmonte 15 veces más cara que la patente de aprovechamiento. También, la ley pide a la gente realizar un plan de ordenamiento predial según el uso de los suelos para evitar el mal uso de la tierra

Esta voluntad de racionalizar la producción en la zona beneficiará a la zona si los organismos estatales tienen la capacidad de planificar, seguir y evaluar este trabajo. Si no pueden verificar los datos de los planes, la situación puede ser peor que la anterior, porque los campesinos van a tener que pagar un servicio técnico para hacer aprobar su plan.

Por el momento no existen las normas para este ordenamiento, tampoco el recurso humano legal para controlarlo. La idea es autorizar la venta de los árboles de los chacos en tronca. Aquellos que tengan máquina de extracción podrán aprovechar la situación. Los otros venderán las troncas sin dar valor agregado, a un precio bajo. La cadena socioeconómica no cambiaría mucho.

Los antecedentes de las agrupaciones sociales

En la zona de amortiguación, fuera de los pueblos, existen pocas iniciativas de agrupaciones de productores agropecuarios o maderables. Algunas cooperativas familiares funcionan regularmente pero otras iniciativas caen rápidamente por diferentes razones orgánicas o socioeconómicas. Las ONGs de la zona han privilegiado el fortalecimiento de esas asociaciones a través de sus programas. Los resultados han sido variables pero casi siempre las asociaciones tropezaron al momento de la comercialización.

Además, las costumbres locales no permiten que las agrupaciones se agilicen, una sola asociación y unas cinco cooperativas familiares de la zona han entrado en el marco de la ley.

La necesidad de un aparato legal fuerte

La nueva Ley Forestal requiere que las agrupaciones del lugar realicen un plan de manejo que sólo pueden hacer profesionales forestales acreditados. Los municipios deben apoyar en este sentido a las agrupaciones. Las demandas van a ser importantes y los recursos de las Unidades Técnicas Municipales dependen de las patentes forestales cobradas por la Superintendencia. Así poco a poco se espera que las unidades van a abastecer las demandas. Este proceso puede demorar un poco y su éxito dependerá de la calidad del trabajo de fiscalización y de control.

Perspectivas de manejo forestal con las agrupaciones del lugar

Metodología de consulta

A las diferentes asociaciones del lugar se les propone hacer un inventario de reconocimiento antes de definir las zonas de aprovechamiento por 20 o 30 años según el volumen. Una vez conocido el potencial del bosque en calidad y cantidad, se planifica el trabajo de censo comercial, de tratamientos silvilculturales y de enriquecimiento. Para cada plan de manejo se hará un censo comercial teniendo en cuenta el objetivo de la asociación, y relacionándolo con su capacidad financiera, técnica y administrativa.

En este sentido, cada grupo social debe analizar su capacidad organizativa, definir sus fondos de garantía, a fin de para definir las metas de su empresa.

Los diferentes niveles de proyecciones económicas

¿Cuáles son las alternativas para las comunidades alejadas, como las comunidades indígenas, con pocos recursos financieros?.

- Vender los árboles del bosque que ellos manejan a una empresa que se encarga de la explotación de la madera (desde el aprovechamiento y la extracción de la tronca del monte)

- Vender las troncas que fueron extraídas del monte con tracción animal hasta la orilla del río o de la carretera a un aserradero o transportista. En este caso se venderán las troncas de bajo volumen para poder ser extraídas con tracción animal

- Vender las troncas a la puerta del aserradero haciendo convenio con transportistas.

Para cada alternativa el grado de dependencia hacia el comprador varía. En todo caso, para realizar esta supuesta comercialización, las comunidades necesitan un apoyo técnico y tienen que pagar la patente de aprovechamiento de 1 dólar americano por hectárea. Como no lo pueden pagar, solo el Estado o las ONG los pueden apoyar. En la zona, VSF trabaja en coordinación con los municipios con el objetivo de apoyar técnicamente a las comunidades.

En función de los ingresos percibidos por la venta del producto por parte de estas comunidades y el tipo de producto comercializado, se podrá sacar el balance económico para definir las inversiones necesarias: tractor,

aserradero portátil o estacional, carpintería, machimbradora, parquetería. El programa forestal de VSF contempla este apoyo.

Cada caso es específico y depende de la política de comercialización, de la calidad de los productos, de los costos de transformación y de transporte, de los flujos de materia prima. Esos conceptos económicos son difíciles a hacer entender.

El cuello de botella: la escasez de recursos financieros de los pequeños productores

La falta de recursos financieros y la falta de garantía hacen que sea difícil para esas asociaciones conseguir créditos medianos necesarios para el establecimiento de las empresas del sector de la madera.

En caso de fracaso de un plan de manejo por parte de una asociación, ésta pierde la inversión realizada y los municipios deberán llamar a licitación para un nuevo plan. Pues, solamente la maquinaria puede ser un fondo de garantía para algún banco y el plan de manejo es un argumento para aprobar la creación de una empresa.

En caso de ausencia de inversión, las asociaciones perderán los ingresos de valor agregado que se espera sacar de la madera. Las asociaciones podrán manejar un bosque y su éxito dependerá de la ley de oferta y demanda de madera la zona.

La falta de experiencia de las organizaciones productivas

La falta de experiencia se puede compensar con un proceso de capacitación, especialmente en administración para el manejo de fondos. Con una inversión gradual, se pueden esperar mejores resultados para las futuras pequeñas empresas de la madera.

Un largo proceso de capacitación

Capacitar en actividades silviculturales necesarias para el aprovechamiento racional es un primer paso, la capacitación sobre los conceptos básicos de gestión de una empresa es otro que viene en segundo lugar. Pero, muchas veces la gente se desespera antes de empezar y prefieren ser vendedores de madera. Este proceso de educación es una base para el éxito del programa forestal de VSF.

Aplicación de la Regencia Forestal al Manejo y Aprovechamiento del Bosque Natural: Caso de Costa Rica

Ronny R. Muñoz C.

Prosecretario. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica.
Residencial Los Colegios, Moravia,
Costa Rica, América Central

Descripción sobre el aprovechamiento forestal en Costa Rica

El bosque natural en Costa Rica

En la actualidad Costa Rica está pasando de un proceso acelerado de pérdida de cobertura boscosa, que según se estimó que entre los años 40 y 60, se perdieron de 40000 a 60000 hectáreas por año, al contrario para el año pasado la tasa de deforestación se acercó al cero por ciento[1]. Estudios indican que en algunas áreas que en el pasado perdieron sus bosques por el cambio de uso del suelo para destinarlo a la producción ganadera, se ha revertido el proceso en al menos 4425945 has, que para 1989 estaban ocupadas por bosques secundarios.(CCT, 1990). Además se estima que para el año 1995, 500000 has de repasto (Segura, O. y Solórzano, R., 1995), se encontraban en un proceso regenerativo.

Con apenas un 0.01% de la superficie del planeta, poseemos un 5% del total de las especies del planeta. Dentro de las que se pueden considerar 350000 especies de artrópodos (arañas, insectos, ciempiés, entre otros), 10000 especies de plantas terrestres (1500 son orquídeas), 850 especies de aves, 218 especies de reptiles, 205 especies de mamíferos, 160 especies de anfibios y 160 especies de especies continentales. Encontramos también que el 10 % de las plantas y al menos 35000 especies de insectos son endémicas.(MINAE, 1996)

Aunque no existen cifras exactas del área existente de bosque productor, en la actualidad resulta ser menor a las 250000. Lo que para las demandas nacionales, actuales y futuras representa un recurso muy limitado, especialmente si se toma en cuenta que las 1400000 has de plantaciones establecidas en los últimos 18 años, posiblemente no puedan suplir la demanda de madera del mercado nacional.

Por otra parte nuestra legislación no permite el cambio de uso del suelo, ni establecer plantaciones en terrenos cubiertos de bosques.[2]

Sistema Nacional de Areas de Conservación

El manejo y aprovechamiento del recurso forestal que se realice en áreas boscosas debe contar con la autorización del Ministerio de Energía y el Ambiente MINAE[3], la cual se emite por medio de oficinas forestales descentralizadas. Para ello se reestructuró el Sistema Nacional de Areas de Conservación.

Es un sistema de gestión institucional descentralizado y participativo que unifica las competencias del MINAE en

[1] Comunicación personal Ing. René Castro. Ministro de Energía y el Ambiente.
[2] Art. 12 de la Ley Forestal N° 7575.
[3] Art. 6 de la Ley Forestal 7575 y Capítulo VI del Reglamento de la misma.

materia forestal, vida silvestre y áreas protegidas, con el fin de planificar y ejecutar procesos dirigidos a lograr la sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales del país. (MINAE,1996)

Administrativamente, el SINAC es un sistema constituido por once sub sistemas denominados Areas de Conservación y una Dirección General. (MINAE,1997)

Un Area de Conservación es aquella unidad territorial, regida bajo una misma estrategia de desarrollo y administración, en donde se interrelacionan tanto actividades privadas como estatales, en materia de manejo y conservación de los recursos naturales, y se buscan soluciones de desarrollo sostenible conjuntamente con la Sociedad Civil. (MINAE,1996).

Aprovechamiento Forestal en Costa Rica

Regulaciones para el aprovechamiento forestal

Sólo se pueden intervenir los bosques si cuentan con un Plan de Manejo elaborado por profesionales forestales, los cuales deben cumplir con los criterios de certificación establecidos de previo [4]. A pesar de que se cuenta con una nueva legislación forestal en esta materia, la misma no tiene mucha aceptación por parte de los funcionarios públicos, lo que contribuye a que la tramitación de las autorizaciones de corta aún sea tediosa y lenta.

Especies manejadas

Por su posición fitogeográfica (Vargas,1994) el país cuenta con una diversidad biológica envidiable. Este puede observarse en los géneros representados en nuestra flora arbórea, la cual se compone de 700 especies de árboles, de la cuales más de 150 especies son utilizadas comercialmente por la industria nacional (Jiménez, Q. y Poveda, L. 1991). Existe una lista de 18 especies vedadas[5] para el aprovechamiento forestal por medio del decreto N° 25700-MINAE, las cuales se indican en el siguiente cuadro. Algunas de estas especies fueron recomendadas por científicos del Instituto Nacional de Biodiversidad INBIO (Jiménez, 1993), pues se consideró que se encuentran en peligro de extinción. Según establece el decreto, los profesionales forestales que realicen planes de manejo e inventarios en terrenos de propiedad privada, quedan obligados a incluir en los mismos, los individuos de las especies vedadas que sean identificados en dichos predios, para lo cual deberá incluirse todos los individuos sin importar su edad, porte o tamaño.

Características del aprovechamiento forestal

El aprovechamiento forestal en Costa Rica se desarrolla en terreno privados únicamente. Las áreas manejadas en promedio por proyecto son de 30 has, con un rango que varía en general de 5 a 75 hectáreas de bosque productor por proyecto. Solórzano (1996), indica que del volumen de madera aprovechado en Costa Rica un 45% proviene del bosque, 35 % de repastos y 20 5% de plantaciones. En el respectivo cuadro, se presenta un resumen de los permisos otorgados entre abril de 1996 y mayo de 1997, donde se aprovecharon 1023591 $m^{3.6}$, compuestos en su mayoría por maderas duras y semiduras (aproximadamente el 75 % del total).

La producción comercial de nuestros bosques es relativamente alta, estableciéndose un promedio para la primera corta de entre 40 y 60 m^3 y para la segunda corta, con un turno de quince años de entre 20 y 30 m^3.

Lista de especies forestales vedadas para el aprovechamiento forestal en Costa Rica

Nombre común	Especie
Ajo Negro	*Anthodiscus chocoensis*
Bálsamo	*Myroxylon balsamun*
Camíbar	*Copaifera camíbar*
Caoba	*Swietenia macrophylla*
Cedro	*Cedrela salvadorensis*
Cedro real	*Cedrela fissilis*
Cipresillo	*Podocarpus costarricensis*
Cola de pavo	*Hymenolobium mesoamericanum*
Copo	*Couratari scottimorii*
Cristóbal	*Platymiscium pinnatum*
Cristóbal	*Platymiscium parviflorum*
Guayacán real	*Guaiacum sanctun*
Laurel Negro	*Cordia gerascanthus*
Pinillo	*Podocarpus guatemalensis*
Quira	*Caryodaphnopsis burgerii*
Sangrillo	*Paramachaerium gruberi*
Tamarindón	*Parkia péndula*
Tostado	*Sclerolobium costarricense*

[4] Art. 20 y 21 de la Ley Forestal. Resolución 204-MINAE
[5] Decreto 25700-MINAE

[6] Comunicación personal. Ing. Guido Chaves. Gerente de Fomento y Mercadeo. SINAC, MINAE.

Resumen de los permisos otorgados para el período Abril 1996 - Mayo 1997

Área de Conservación	Permisos Otorgados por las Municipalidades Nº de Permisos	Volumen M^3	Permisos Otorgados por el MINAE Nº de Permisos	Volumen M^3	Total Nº de Permisos	Volumen M^3
Tempisque	610	5.589	90	83.687	700	89.276
Cordillera Volcánica	445	4.757	345	137.903	790	142.66
Amistad Pacífico	72	2.629	31	7.471	103	10.099
Pacífico Central	704	6.289	225	9.695	929	15.984
Osa			190	40.947	190	40.947
Guanacaste	66	625	52	16.169	118	16.794
Arenal Tilarán	207	2.289	49	215	256	4.443
Arenal Huetar Norte	2.568	22.177	2.417	544.963	4.985	567.141
Amistad Caribe	41	3.515	539	7.334	580	10.849
Tortuguero	180	8.058	274	117.34	454	125.938
TOTAL	4.893	55.928	4.212	956.724	9.105	1,023,591

Nota: Los Consejos Regionales Ambientales no otorgaron permisos. No se cuenta con la información sobre los certificados de origen emitidos por los Regentes Forestales.

Sistema de aprovechamiento y la regencia forestal.

Aprovechamiento mejorado

Actualmente se practica el aprovechamiento mejorado o de bajo impacto (Cordero, E. y Meza, A. 1992), que busca la eficiencia en las operaciones que se realizan en el bosque y la menor afectación en el bosque residual.

El aprovechamiento mejorado se basa en dos principios básicos; a saber: la planificación detallada de todas las operaciones, incluidas en el Plan de Manejo y, la ejecución técnicamente supervisada, desarrollada en la Regencia Forestal. Resulta indiscutible la importancia que tienen los Ingenieros Forestales, en esta fase (FASE 1) del proceso. En la actualidad estamos considerando, que en Costa Rica se ha generado suficiente experiencia en el manejo del bosque natural, para pasar de la fase experimental, al "**buen manejo forestal**". (Muñoz, R. 1995).

La empresa maderera

Aparte de unos pocos casos, la industria se encuentra desligada del bosque y aunque en los últimos diez años el estado y otros organismos del sector han tratado de establecer el concepto de integración bosque-industria. Esto promueve la existencia de un "maderero", que resulta ser un intermediario que compra la madera "en pie", que generalmente se encarga de realizar todo el trámite para el otorgamiento del permiso de corta, igualmente contrata al profesional forestal que elaborará el Plan de Manejo quién estará a cargo de la supervisión técnica de las labores de aprovechamiento forestal.

El componente técnico resulta un costo adicional y no una inversión para la empresa maderera. Sumado a lo anterior en el campo empresarial existe la idea de este elemento no es necesario, a pesar de las ventajas que puede

tener para el bosque. Sin embargo como se mostrará más adelante los costos por regencia forestal son bajos.

Se debe entender que el interés fue de que se privatizará el control en las actividades de aprovechamiento y manejo del bosque (Solórzano, 1995). Se consideró también que la Regencia forestal debería estar menos sujeta a las directrices y requisitos de la administración forestal del estado, debido a su carácter científico y a que está en manos de profesionales con credibilidad.

Maquinaria y equipo

Las operaciones se realizan con maquinaria de campo en su mayoría obsoleta, compuesta por modelos del 65 al 85 en su mayoría. Para la corta se utiliza mayormente motosierras HUSQUARNA, modelo 288 y 394 con sable de 30" a 36" de largo. Para la extracción, el arrastre y la carga se utiliza generalmente tractores de orugas CATERPILLAR modelos D-4 y D-5, FÍAT ALLIS modelos D11 y KOMATSU 50. El transporte de la madera se realiza en camiones de tres ejes (Tanden) para las áreas de difícil acceso o rutas cortas y camiones de cinco (cabezales con carreta) para mejores caminos o rutas largas, los cuales cuentan con una capacidad de carga entre los 15 y 30 m^3, dependiendo de la especie que se transporte.

Trabajadores de campo

Generalmente el equipo de trabajo lo componen tres personas: tractorista, motosierrero y ayudante. El motosierrero, ubica los árboles de corta en el campo, realiza la corta y el troceo y colabora en la extracción, carga y la ubicación de las rutas por donde se deben construir los caminos y las pistas de arrastre. El tractorista, generalmente tiene la responsabilidad compartida junto con el motosierrero de planear las operaciones diarias de aprovechamiento, además debe construir la infraestructura indicada en el Plan de Manejo, realizar las labores de extracción, arrastre y carga. Lo más deseable es que este personal este a cargo del regente. Ver Figura 1.

Manejo del bosque natural

Sistema de manejo

Se busca establecer un sistema policíclico, que mantenga la estructura irregular del bosque y la perpetuación de las especies. Se propone la extracción del 60 % del volumen comercial sobre un DAP de 60 cm para las especies consideradas, así como el manejo de la regeneración establecida de la masa remanente. Se practica un sistema de selección, donde se extraen los árboles maduros y "sobre maduros", que generalmente son los más grandes y que pueden presentar alguna característica que evidencie su estado senil.

Tratamiento silvicultural

Posterior al aprovechamiento se realiza un muestreo diagnóstico (Valerio, 1995), preferiblemente dos años después, con el fin de definir los tratamientos silviculturales a aplicar. Para nuestro medio lo que se ha practicado mayormente la liberación[7] de los individuos de especies comerciales con DAP mayor o igual a 40 cm, el cual se lleva a cabo principalmente por medio tres labores:

- eliminación de bejucos
- eliminación de árboles indeseables
- refinamiento
- enriquecimiento

Incentivos para el manejo del bosque natural

El manejo del bosque natural no ha sido la principal preocupación de nuestros gobernantes en los últimos 3 años, prueba de esto es el cambio en la Ley Forestal recientemente aprobada y en forma en que se maneja la política forestal. Igualmente el programa de incentivos para el manejo del bosque natural CAFMA, fue prácticamente eliminado para dar paso a otros incentivos que pretenden la protección absoluta de los bosque, como el Certificado de Protección de Bosque CPB y recientemente el Certificado para la Conservación del Bosque CCB. Para el año 1995 (Canet, G. et. al.1996), se otorgó el CAFMA para un acumulado de 22120.40 has en el período 1992-1995 y para solamente para ese año 22199.78 has de CPB.

Para los próximos años se logró el acuerdo de reservar 1789 millones de colones[8], financiados con parte de los fondos provenientes del impuesto selectivo sobre el consumo de la gasolina, para destinarlos al otorgamiento de incentivos en las modalidades CAFMA, CCB, CPB, Certificado de Abono Forestal CAF y el Certificado de Abono Forestal por Adelantado CAFA.

[7] Comunicación personal. Ing. Marcos Ortega. Compañía Bienes y Servicios del Bosque S.A.

[8] Acuerdo entre el Ministerio de Hacienda, el Ministerio del Ambiente, la Cámara Nacional Campesina y la Junta Nacional Campesina. Fecha 9 de Junio de 1997.

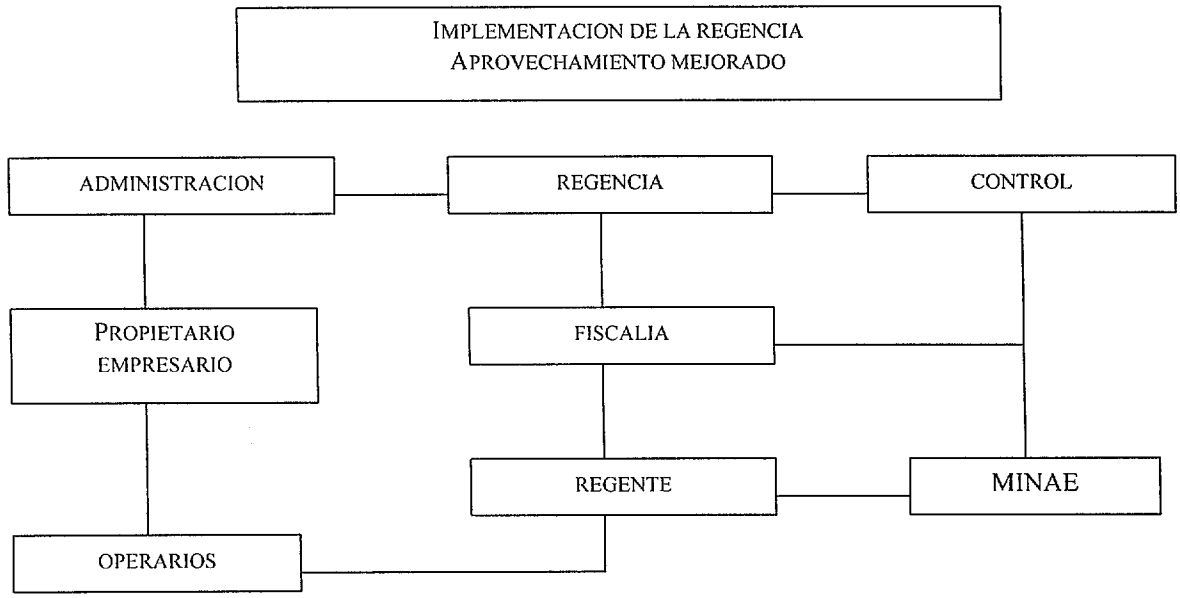
La Regencia Forestal

Antecedentes

Años atrás el aprovechamiento forestal se realizaba sin supervisión técnica y generalmente el empresario maderero o en su defecto los operarios eran quienes definían el tipo de operaciones y obras a realizar durante la ejecución de los Planes de Manejo.

La presencia del profesional forestal no dejaba de ser una recomendación en los Planes de Manejo, hasta que por medio de la Ley Forestal 7032 y su reglamento, se decretó el Reglamento de Asesorías, que pretendió en alguna medida integrar a la ejecución de los proyectos el factor técnico, lo que condujo a que se crearan los asesores, no sólo para el campo del manejo del bosque natural sino también de la reforestación. Este el primer esfuerzo en ese sentido; sin embargo, faltaba aún más por hacer, especialmente en relación al ejercicio profesional, los mecanismos y herramientas para una regencia aplicada al manejo sostenido del bosque, mediante técnicas de aprovechamiento mejorado (Muñoz, R. 1996).

Figura 1: Interrelaciones dentro en la aplicación de la regencia y el aprovechamiento mejorado



Con la promulgación de la Ley Orgánica del Colegio de Ingenieros Agrónomos N°7221, se estableció en forma obligatoria la colegiatura de los profesionales en Ciencias Forestales, asimismo que estos tuvieran una participación más directa en el sector forestal (Ramírez, L. 1997). Con el fin de reglamentar la actividad regencial se publicaron los decretos N° 22083-MIRENEM y 22084-MIRENEM, los que en la actualidad están siendo revisados para ajustarlos a la nueva legislación.

La regencia se ve reforzada con la promulgación de la Ley Forestal N° 7575 y su reglamento, según la cual los planes de manejo deberán ser elaborados por profesionales forestales incorporados a su Colegio. Además que su ejecución estará bajo la supervisión de un regente forestal, el cual posee fe pública.

Por supuesto que éstos cuatro últimos años han enriquecido aún más el Sistema de Regencias Forestales, específicamente por las experiencias que se han desarrollado y documentado al respecto, este avance se ha orientado a la sostenibilidad de las actividades forestales, que actualmente se plantea en los procedimientos y guías para el manejo del bosque natural en Costa Rica.

El regente forestal (Ramírez, L. 1997) [9]

El regente es el profesional forestal autorizado por el Colegio, que de conformidad con las leyes y reglamentos asume la supervisión y control de la ejecución de los planes de Manejo Forestal aprobados por el MINAE. Quien contrata al regente está obligado al acatamiento de las recomendaciones y observaciones que el mismo dicte.

Tiene entonces el regente la obligación y responsabilidad de cumplir una serie de funciones en los campos de reforestación, manejo y aprovechamiento forestal y viveros forestales, tendientes a lograr una adecuada supervisión y

[9] Fiscal Ejecutivo. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica.

control de la ejecución de las actividades que se realicen en dichos campos y velar a la vez porque se cumpla la Ley Forestal, sus Reformas y Reglamentos, la Ley del Colegio y sus Reglamentos, las leyes conexas y cualquier otra norma jurídica que se dicte al respecto, así como las normas administrativas y técnicas que dicte el MINAE.

Funciones de regente en el manejo de bosque natural.

En el artículo 22 del Reglamento a la Ley Forestal N° 7575 (Costa Rica, 1997), se establece que el regente será el responsable de que las personas físicas o jurídicas que se dediquen a las actividades descritas en el artículo 20 de la Ley, cumplan con lo establecido en los planes de manejo aprobados por la A.F.E. Asimismo que las recomendaciones y observaciones del regente durante la fase de ejecución, tendrán carácter de obligatoriedad para la persona física o jurídica que lo contrató, así como para los operarios forestales y otras personas involucradas en la operación del plan.

A continuación se detallan las funciones del regente forestal en el manejo de bosque, las cuales están reguladas por el artículo 23 del mismo reglamento y por Decreto N° 22084-MIRENEM (Costa Rica,1997), sobre el Reglamento de Regencias Forestales:

- Velar por el estricto cumplimiento de las normas técnicas y legales establecidas en el plan de manejo durante la fase de aprovechamiento y aplicación de técnicas silviculturales.
- Verificar para que el diseño y trazado de caminos e infraestructura, durante la fase de aprovechamiento forestal, se realice de acuerdo con las disposiciones establecidas en el Plan de Manejo aprobado por la A.F.E.
- Verificar y recomendar que las labores de corta, extracción y transporte de la madera, sea la adecuada para minimizar los daños al suelo, al bosque y al ambiente.
- Realizar las modificaciones que amerite el plan de manejo, siempre que disminuya el impacto que el aprovechamiento pueda causar al ambiente.
- Garantizar mediante el seguimiento e informes respectivos que la ejecución del plan de manejo se cumple con los principios, criterios e indicadores de sostenibilidad recomendados por la CNCF.
- Capacitar o asegurarse de que los obreros que participan en las labores de aprovechamiento estén adecuadamente capacitados.
- Denunciar cualquier anomalía en el uso de los incentivos a la A.F.E.
- Informar a la A.F.E. las irregularidades que se produzcan en la ejecución del plan de manejo, mediante informe de regencia.

Participación del regente en aprovechamiento forestal

En el proceso del aprovechamiento se pueden distinguir cuatro etapas en las que intervienen los regentes forestales, las cuales se describen a continuación:

Planificación:

Se elabora un Plan de Manejo del bosque a intervenir, divididos en Planes Operativos, donde además de la lista de árboles de corta y los resúmenes de número de árboles y volumen comercial por especie, se presenta en forma detallada, en un mapa escala 1:2500, la ubicación de los árboles de corta, los caminos principales y las pistas de arrastre, los patios de acopio y los pasos de quebradas, así como otro tipo de información que el profesional considere relevante para el la ejecución del aprovechamiento.

Capacitación:

De acuerdo a la Ley Forestal N° 7575, los operarios encargados de realizar las labores de aprovechamiento forestal deben ser capacitados por el Regente Forestal. Esta se realiza previamente al inicio de la actividades en los predios forestales. Esta se da durante la visita previa al aprovechamiento que realiza el regente.

Ejecución del aprovechamiento:

Se realiza mayormente durante la época seca, exige la continua supervisión de las actividades, incluyendo el control de la corta. Representa una evaluación periódica de la corta, extracción, arrastre, construcción de vías de aprovechamiento, organización y manejo de los patios de acopio y guías de transporte de madera y la afectación de zonas protectoras y el bosque residual. Se pueden realizar modificaciones al Plan de Manejo mediante informes regenciales.

Cierre de operaciones:

Resulta de la verificación de que la autorización de corta fue respetada, así mismo que las labores de aprovechamiento cumplen con lo establecido en el Plan de Manejo, sus modificaciones y los criterios preliminares de sostenibilidad para el aprovechamiento forestal. De lo anterior debe ser informada AFE y el Colegio[10].

El Colegio de Ingenieros Agrónomos es la institución que regula el ejercicio profesional y establece una serie de

[10] Colegio de Ingenieros Agrónomos.

instrumentos y normativas internas relacionados con el funcionamiento de la regencia forestal como son: el nombramiento, formularios e informes de regencia, libro de protocolo, el cobro por honorarios, número mínimo de visitas de regencia y el pago al Colegio de las cuotas por regencia (Ramírez,1996).

Responsabilidad de los regentes

El profesional puede incurrir en responsabilidades profesionales y legales, tanto en materia civil, como en materia penal. En ellos se delegan la ejecución de actividades catalogadas de interés público y que están encaminadas a lograr un aprovechamiento y uso racional de los recursos naturales renovables, siendo en alguna medida los responsables del futuro bienestar del país, de manera que los mismo se utilicen adecuadamente con el menor deterioro posible al ambiente. (Ramírez, 1996). La labor del regente está controlada por las limitaciones que la ley le impone, están en juego el ejercicio profesional, el peculio y la libertad. (Rodríguez, J. 1996)

Costo de la regencia

Un análisis preliminar de costos por Regencia en el aprovechamiento forestal (Muñoz, 1997), nos conduce a decir que el costo promedio de la regencia por metro cúbico de madera aprovechado es $0.58/m³. Este costo puede resultar más alto, hasta 2.50/m³ en el caso de los proyectos pequeños de menos de 5 hectáreas de bosque comercial y resultar sumamente bajo, de hasta $0.37/m³ para los proyectos de 60 y 70 hectáreas de bosque comercial. Cuando el área de bosque comercial es mayor a las 30 hectáreas, el costo de la regencia forestal es cercano a los $0.50/m³. Cabe mencionar que estos costos no resultan totalmente de los honorarios que se cubren al profesional, el cual representa solamente $69.00 por visita, lo que equivale $0.31/m³ extraído.

Costos promedios del aprovechamiento forestal para Costa Rica

Costos	Monto $/m³	%
Valor m3 en pie	37.80	47.02
Plan de manejo	2.99	3.72
Regencia	0.58	0.72
Aprovechamiento	21.16	26.32
Sub-total	62.53	77.78
Utilidad 30%	17.86	22.22
Total	80.39	100.00

Notas:
$ 1.00 equivale a 231.50 colones
1 m3 equivale a 350 pulgadas madereras ticas (PMT)
Costo por visita de regencia 30000.00 colones, incluyendo transporte y viáticos

Lo indicado anteriormente se puede observar en el cuadro, donde del costo total de la visita, un 46.70% aproximadamente es ocupado en otros rubros ; como transporte, viáticos, gastos de oficina y trámite en las Oficinas Regionales de la AFE.

Separación de los costos de la regencia forestal

Concepto	Monto $/m³	%
Honorarios	69.11	53.33
Transporte	22.67	17.49
Viáticos	15.12	11.67
Oficina	7.56	5.83
Trámites	15.12	11.67
Total	129.58	100.00

Notas:
$ 1.00 equivale a 231.50 colones
Costo por visita de regencia 30000.00 colones, incluyendo transporte y viáticos

Con lo discutido anteriormente resulta ser que el bajo costo de la regencia forestal tal y como se aplica en Costa Rica, hace de este instrumento de desarrollo forestal sea una herramienta de poco impacto económico desde el punto de vista global en la actividad. Sino sería conveniente conocer que sucede con los costos que se tienen en relación con el de otros operarios que participan en el aprovechamiento.

Resultados de un aprovechamiento forestal con apoyo de regencia forestal.
Finca de Gerardo Cerdas. Expediente ACOSA N° 775

Parámetro	Largo (m)	Ancho (m)	Area (m^2)	Impacto O (%)	Presencia (%)	Impacto P (%)
Caminos						
Primarios	580	4.75	2755	1.71		2
Secundarios II	1157	3.65	4223.05	2.61		6 - 8.5
Tamaño del patio	30	25	750	0.46		1
Claros			12740	7.89		12-15
Pendientes						
camino I				23.00		30
camino II				32.81		35
Patios limpios					100	100
Pasos de agua					100	100
Arboles remanentes					100	100

Notas:
Area de bosque comercial es de 16.15 has.
Impacto O, es el medido y obtenido después del aprovechamiento.
Impacto P, es propuesto antes del aprovechamiento. Resolución 204 SINAC.

Costos de la regencia forestal en relación al de otros empleados en el aprovechamiento forestal

Concepto	Monto $/M3	%
Regente	0.31	12.94
Tractorista	0.81	34.02
Sierrero	0.60	25.02
Ayudante	0.36	15.01
Cocinero	0.31	13.01
Total	2.39	100.00

Notas:
$ 1.00 equivale a 231.50 colones
Costo por visita de regencia 30000.00 colones, incluyendo transporte y viáticos

Como se puede observar, el costo por contratación del Regente forestal representa apenas un 12.94%, lo cual es sumamente bajo. Especialmente si se considera que éste tiene toda la responsabilidad técnica y legal sobre la ejecución del proyecto. Vale la pena la aclaración sobre los constantes reclamos que realiza la empresa privada sobre los que ellos llaman "altos costos de la regencia", los cuales están fuera de toda realidad. Incluso algunas ONG como la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central FUNDECOR (Castañeda, F. y Solano, G. 1995), han mencionado como una dificultad en el sistema el hecho de que el costo es elevado para el dueño del bosque.

Si se analiza el costo que tiene la regencia forestal en el sistema de aprovechamiento, considerando el valor del metro cúbico de madera semidura puesto en cargadero ($80.39/$m^3$), el mismo resulta muy por debajo del 1% de este valor. Con ello se demuestra otra vez más que los costos de la regencia son bajos, y que cuando la han pretendido atacar, se basan en valores extremos donde los costos son relativamente altos como es el caso para bosques comerciales de menos de 5 hectáreas o para casos como en los que los volúmenes comerciales fueron menores a 200 m^3.

Evaluación del impacto del aprovechamiento forestal mejorado con regencia forestal

Anteriormente se ha expuesto sobre la participación del regente en el manejo forestal. Una manera concreta de medir los resultados en el aprovechamiento sostenido del bosque, debidamente regentado; en relación con los criterios de sostenibilidad previamente establecidos, puede obtenerse por medio de la metodología utilizada por Splitter (1995) y adoptado por Reforma (1995).

Contribución de la regencia forestal al manejo del bosque natural

En el primer taller Nacional de Regencias Forestales, auspiciado por el Proyecto Regulaciones para el Manejo Forestal (REFORMA, 1995), se discutió que a pesar de ser una actividad relativamente nueva, existen valiosos resultados y se consideraron los siguientes puntos en los que la regencia forestal contribuye al manejo del bosque natural:

- Se ha logrado un reconocimiento profesional de la labor del regente forestal y de la importancia que este tiene dentro del manejo sostenido del bosque.
- Los trámites se han agilizado, así mismo se ha aumentado la seguridad en el otorgamiento de permisos de aprovechamiento e incentivos al manejo forestal, lo que garantiza y contribuye a la sostenibilidad en el aprovechamiento del bosque natural.
- Contribuye a mejorar el control en el aprovechamiento forestal y en el manejo de los incentivos forestales.
- Se han mejorado las técnicas de aprovechamiento forestal y la aplicación de tratamientos silviculturales en el manejo forestal, mediante la aplicación de un aprovechamiento mejorado.
- Se ha evitado el cambio del uso de suelo en los terrenos sometidos a planes de manejo, permitiendo la conservación de la cobertura boscosa del país.
- Aplicación de una extensión forestal en las áreas rurales, de manera que ha contribuido a lograr una mayor concientización y capacitación de los propietarios de bosque, operarios forestales y empresarios forestales; en el aprovechamiento forestal de bajo impacto.
- Aunque el tema de la Certificación Forestal es nuevo en nuestro país, se espera por todos los sectores que, el trabajo de los regentes forestales sean la base.
- Por medio del regente forestal se ha tenido mayor control de las operaciones forestales en los planes de manejo, se ha reducido en cierta forma el poder que el Estado ha tenido en este sentido, la cual por falta de tiempo y capacidad técnica no lleva acabo una adecuada supervisión.

Bibliografía

Canet, G. et. al. 1996. Información estadística relevante sobre el Sector Forestal. 1972-1995. Costa Rica: MINAE-SINAC, 1996.55p.

Castañeda, F. y Solano, G. 1995. In: II Congreso Forestal Centro Americano. Tomo 2. Honduras: COLPROFORH. 166-177 p.

Centro Científico Tropical, 1990. Depreciación de los Recursos Naturales en Costa Rica y las cuentas Nacionales. Costa Rica: CCT-GURÍ. 90 p.

Cordero, W. y Meza, A. 1992. Algunas notas sobre prácticas de aprovechamiento forestal mejorado. Curso intensivo internacional de silvicultura y manejo de bosques tropicales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 52 p.

Costa Rica, 1994. Ley Orgánica del Colegio de Ingenieros Agrónomos. Ley N° 7221. Costa Rica: Imprenta Nacional, 1994. 40 p.

Costa Rica, 1996. Ley Forestal N° 7575. Costa Rica: Imprenta Nacional: Gaceta N° 21 del 16 de Abril de 1996.

Costa Rica, 1997. Decreto 25700-MINAE: Veda de especies forestales. Imprenta Nacional : Gaceta N° 11 del 16 de Enero de 1997.

Costa Rica, 1997. Reglamento a la Ley Forestal. Imprenta Nacional: gaceta N° 16 del 23 de Enero de 1997.

Jiménez, Q y Póveda, L. 1991. Arboles maderables de Costa Rica. Costa Rica: Museo Nacional, Herbario Nacional de Costa Rica. 32p.

Jiménez, Q. 1993. Arboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica. Costa Rica: INFACO. 121 p.

MINAE,1996. Sistema Nacional de Areas de Conservación. Costa Rica: MINAE-SINAC, 1996. 18p.

MINAE, 1997. Ministerio del Ambiente y Energía. Sistema Nacional de Areas de Conservación. Costa Rica: MINAE-SINAC, 1996. 1p.

Muñoz, R. 1995. Avances en el proceso de Certificación en Costa Rica. In: II Congreso Centro Americano. Tomo 2. Honduras: COLPROFORH. 617p.

Muñoz, R. 1996. Regencia forestal aplicada al manejo del bosque natural. En: Curso de Regencias. Costa Rica: Colegio de Agrónomos. 120 p.

Muñoz.R.1997. Informe: Determinación preliminar de los costos de la regencia para el aprovechamiento forestal. Costa Rica: Colegio de Ingenieros Agrónomos.

Ramírez, L. 1997. La regencia forestal en Costa Rica. Costa Rica: Colegio de Ingenieros Agrónomos. 10 p.

REFORMA. 1995. Propuesta de niveles aceptables de los parámetros para la certificación del aprovechamiento forestal de bajo impacto en Costa Rica. Costa Rica: REFORMA / CIIBI, 1995. 80 p.

REFORMA. 1995. Primer taller Nacional sobre Regencias Forestales. Costa Rica: REFORMA / CIIBI/ CIA, 1995. 50 p

Rodríguez, J. 1996. En: Seminario sobre la nueva Ley Forestal y la Fe Pública. Costa Rica: REFORMA-CEDARENA, 1996. 25 P.

Rojas, L. 1997. Resolución 204-97 SINAC-MINAE. Costa Rica: MINAE-SINAC. 4p.

Segura,O. y Solórzano, R. 1995. Instrumentos económicos para la protección de cuencas hidrográficas: El caso de Costa Rica. Costa Rica: CCT-UNA-CREED, 1996. 39 p.

Solórzano, R. 1995. Breve diagnóstico y soluciones de corto plazo al sector forestal nacional. Costa Rica: CCT, 1995. 10 p.

Splitter, P. 1995. Evaluación del impacto de un aprovechamiento forestal mejorado en la Región Huetar Norte de Costa Rica. Costa Rica: COSEFORMA - GTZ/DGF. 1995. 40 P.

Valerio, J. 1996. Muestreo Silvicultural. In: Curso modular para Ingenieros Forestales. Módulo 3. Costa Rica: REFORMA-ITCR-CIIBI. 24 p.

Vargas, G. 1994. La vegetación de Costa Rica: su riqueza, diversidad y protección. Universidad de Costa Rica: Editorial Guayacán. 93 p.

Desarrollo Sostenible en la Industria de la Madera

José Dance Caballero

Resumen

El Perú, es un país privilegiado en recursos naturales, siendo el recurso forestal por su extensión (62% del territorio) y su condición de renovable, el que mejores posibilidades futuras tiene para favorecer el crecimiento económico y el bienestar de la comunidad nacional.

La importancia del recurso forestal, ocurre en las tres regiones del país, alcanzando una gran relevancia en la selva peruana. Son 73 millones de hectáreas de bosques naturales, siempre verdes, que encierran una considerable riqueza florística y faunística, hasta hoy poco atendida y usualmente explotada de manera irracional.

Entre las riquezas del bosque amazónico se encuentran especies maderables, algunas de reconocido valor comercial, que son explotadas selectivamente, constituyéndose en fuente de ingresos para extractores, industriales y en alguna medida para el Estado.

Cifras conservadoras, señalan un potencial maderable de 5,000 millones de metros cúbicos, a partir de 25 centímetros de diámetro, en áreas calificadas de producción permanente. Estos bosques precisan la intervención inteligente del hombre, para proporcionar bienes consumibles y servicios ambientales, de manera sostenida, conservando los ecosistemas y el medio ambiente.

Las estadísticas de producción de trozas, refieren volúmenes promedios de un millón de metros cúbicos por año, que se destinan a las plantas de transformación, y un consumo de leña de seis millones de metros cúbicos anuales por las poblaciones rurales.

Estos volúmenes extraídos resultan poco significativos comparados con el crecimiento anual que de manera natural ocurre en el bosque; por tanto, planificar el manejo forestal resulta una medida atinada y urgente para alcanzar niveles de producción acordes con la magnitud del recurso.

Un daño considerable a los bosques amazónicos, se produce con la tumba y quema de árboles, para habilitar tierras para actividades agropecuarias. Los niveles de deforestación alcanzan cifras preocupantes, son 8,5 millones de hectáreas reportadas oficialmente en 1990, con una tasa de deforestación que se estima en unas 300,000 hectáreas anuales, con tendencia creciente.

Desafortunadamente, las tierras deforestadas no soportan por mucho tiempo la producción agrícola, siendo en consecuencia abandonadas, generándose una permanente tensión sobre los bosques amazónicos.

Las migraciones de poblaciones serranas y costeñas, son el origen del fenómeno, cuyas causas principales se explican por la ruptura de los ecosistemas productivos en sierra y en general por la carencia de empleos.

La naturaleza en gran medida viene respondiendo positivamente, regenerando un bosque secundario de gran valor, aunque muchas extensiones han sido severamente degradadas a tal punto que su recuperación significará necesariamente una gran inversión.

La planificación del manejo forestal atraviesa estas urgencias: uso racional de la tierra, recuperación de suelos degradados, potenciar los ecosistemas andinos y de costa, planificación de la agricultura en selva, priorizar la actividad forestal y el aprovechamiento integral del bosque amazónico, entre otras medidas que deben ser asimiladas por los gobernantes para tomar acciones de concientización en favor de la conservación y el buen uso de los recursos naturales.

La industria de la madera, incipiente aún y escasamente motivada, es una opción estratégica que debe tomarse en

Universidad Nacional Agraria La Molina
Av. La Universidad s/n
Apartado 14-0297
51- 434 2925 51-437 7912
jdance@redinf.edu.pe
Lima, Perú

consideración. La demanda de maderas tropicales en el mercado internacional presenta tendencias crecientes muy favorables, pero también el bajo consumo per capita de maderas en el mercado nacional, define a éste como un atractivo segmento de consumidores que se debe alcanzar progresivamente.

En resumen, un país con un gran potencial forestal deficientemente aprovechado, que debe revisar seriamente, pero sin pausas, sus estrategias, para contrarrestar la actitud irracional de uso de sus bosques naturales y de transformación de sus riquezas, haciendo de la forestería una opción de desarrollo sostenible de bienestar común.

Objetivos

Los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

- Contribuir a establecer bases para una estrategia de desarrollo forestal sostenible.
- Analizar las características principales de la actividad maderera y las causas de su limitada contribución a la economía nacional.
- Formular algunas propuestas tendientes a mejorar la participación de la actividad maderera en la economía nacional y de exportación, previendo satisfacer las exigencias del desarrollo forestal sostenible.

Metodología

La metodología seguida se simplifica en las etapas siguientes:

- Recopilación y análisis de documentos bibliográficos y estadísticas forestales.
- Aplicación de una encuesta de opinión y entrevistas personales dirigida a profesionales vinculados con la actividad maderera.
- Interpretación de resultados, análisis de problemas y formulación de propuestas de solución.
- Redacción del informe final.

Resultados y Discusión

De la información disponible

Información relevante y sintetizada sobre algunos indicadores del estado y uso de los recursos forestales, especialmente de la Amazonía peruana, se incluyen como anexos del presente trabajo, para facilitar el entendimiento de la problemática de la industria maderera en el Perú.

Es necesario advertir que las estadísticas oficiales se publican usualmente con un atraso mayor a 2 años y la accesibilidad a fuentes directas de información actual es muy restringida. En cuanto a información documental, la Red Nacional de Información Forestal - REDINFOR, cuenta con bases de datos actualizadas sobre información científica y tecnológica que se genera en el país, ofreciendo además facilidades para búsquedas en el exterior.

Del árbol de problemas

El problema central de la industria maderera, está relacionado con el abastecimiento de materias primas, el propio proceso de transformación y la colocación de los productos terminados.

Una expresión que define el problema central identificado en el análisis del árbol de problemas es el siguiente:

"Limitada contribución de la industria maderera en el desarrollo económico y en el bienestar social".

Se presenta el análisis de las causas y efectos, que explican de algún modo las principales razones por las cuales la industria maderera en el Perú no se ha consolidado como alternativa de desarrollo, a pesar de las ventajas comparativas que presenta el sector forestal.

Entre las principales causas identificadas, es conveniente hacer algunas reflexiones para comprender el real alcance de cada una de ellas y sobre todo, para contrarrestar sus efectos con soluciones verdaderas y durables en el tiempo. Así tenemos:

- Mentalidad recolectora prima sobre el manejo

La actitud predominante frente al bosque, es de tipo extractiva; es decir, como en tiempos prehistóricos, se pretende únicamente recolectar sin asumir la responsabilidad de reponer o cuidar el recurso.

Igualmente hay una actitud simplista de extraer ciertas especies de interés económico inmediato, sin medir las consecuencias del posible deterioro que se genere durante la extracción selectiva practicada o posteriormente, tras el abandono del lugar, que habitualmente ocurre luego de la explotación realizada.

Las razones que explican este tipo de actitudes, suelen ser básicamente de índole técnico, económico, político y cultural.

Desde el punto de vista técnico y económico, existe hasta hoy una real incertidumbre sobre la viabilidad del manejo de bosques. Contribuye a ello, la preeminencia de una mentalidad de corto plazo, al emprender cualquier tipo de negocio forestal.

La actividad forestal en general, demanda tiempos largos, pues las masas boscosas y el árbol en sí, precisan de algunos años para entrar en edad de cosecha. Por tanto, conocer la ecología del bosque, la evolución del mismo y su capacidad de generar productos de manera sostenible, exige estudios concienzudos y permanentes, para finalmente generar tecnologías aplicables a la naturaleza del bosque amazónico.

Las experiencias en manejo de bosques en el país no han sido muy numerosas, pero han permitido acumular importantes conocimientos, sin embargo lo lamentable de estas pocas experiencias, se ha dado por la interrupción abrupta y casi siempre definitiva de los estudios o proyectos iniciados con estos propósitos.

Consecuentemente, hay escasas experiencias prácticas que mostrar y tecnologías aún no convalidadas, que resultan insuficientes para asegurar la viabilidad técnica y económica del manejo forestal. Además, por el conocimiento poco profundo sobre la biodiversidad, se restan posibilidades para el aprovechamiento integral del bosque húmedo tropical peruano.

Desde el punto de vista político, es notorio también el poco convencimiento de los niveles de toma de decisiones sobre la importancia del manejo forestal. En general, se trata de un escaso interés del ejecutivo y del legislativo por la actividad forestal.

El subsector forestal, no ha tenido nunca una presencia significativa en la vida económica del país, al menos a nivel del producto bruto interno. Sin embargo, el aporte del bosque como hábitat y sostén de un gran número de peruanos es incuestionable, sólo que esta realidad no se refleja en las estadísticas oficiales, luego no se toma en cuenta para definir prioridades nacionales.

Inclusive en el propio sector agricultura, la participación del sub sector forestal es débil, por tanto la actuación de los directivos del sub sector no trasciende hacia los altos niveles de decisión política.

Las fuertes presiones de los agricultores por nuevas tierras produce deforestación y degradación de suelos, generándose erróneamente incertidumbres sobre las posibilidades del bosque, como consecuencia de una agricultura indebida y nunca planificada.

El bosque amazónico, harto mencionado pero poco reconocido, seguirá esperando un mejor momento para demostrar su capacidad productiva y convertirse en una alternativa de solución a los hasta hoy insuperables desafíos de ocupación y pobreza.

De otro lado, el concepto de desarrollo sostenible, que viene desde fuera como una especie de compromiso impuesto -Cumbre de Río-, nos compromete al cabal uso de nuestros recursos naturales y al cuidado del medio ambiente. Los acuerdos internacionales exigen condiciones, razonables por cierto, para la adquisición de productos tropicales: el sello de racionalidad; de lo contrario no tendrán cabida los productos del bosque tropical en los mercados de exportación.

En esta perspectiva, los planes de manejo de bosques tropicales tendrían que aplicarse inmediatamente, de lo contrario con mercados cerrados, el desarrollo sostenible se convertiría en una nueva utopía, con lo cual prevalecería en estricto la posición verde, de hacer intocables los bosques amazónicos.

Pero todo ello esta ocurriendo repentinamente, y sorprende a la clase política y a sus asesores, quienes no reaccionan aún para responder sesudamente, frente a las nuevas exigencias del mundo desarrollado, quienes se muestran ahora como los más preocupados en salvaguardar a la humanidad, exigiendo la protección (léase intangibilidad) de nuestros recursos naturales amazónicos.

Las exigencias externas de intangibilidad o de sostenibilidad, si se prefiere, y el poco peso del sub sector para influir decisiones nacionales, originan un estado de estancamiento e indecisión política, que se traduce en un escaso interés de los gobernantes por el desarrollo forestal del país.

Como corolario de lo señalado, hay una razón cultural o educativa que en definitiva explica el porqué del status quo, porqué subsiste la mentalidad recolectora frente a la pasividad de los gobernantes de turno, ello se debe básicamente a la débil conciencia que se tiene acerca de la trascendencia del bosque.

El manejo forestal, equivalente al desarrollo sostenible, no es una cuestión sentimental o afectiva, que pueda resolverse con un buen propósito o con una buena ley, únicamente; el manejo es conocimientos, es ciencia, es tecnología y en ese sentido hay que comprender los sistemas ecológicos imperantes en el bosque e iniciar su racional aprovechamiento sin mayor dilación, pues sólo así beneficiaremos a la humanidad de manera sostenida.

- Irregular e insuficiente abastecimiento de trozas

La industria de la madera, debe necesariamente sostenerse con un adecuado abastecimiento de la principal materia prima: la troza.

Las principales causas que dificultan el abastecimiento oportuno y suficiente de trozas, se explica por razones técnicas, de gestión empresarial, pero también por aspectos de carácter legal o administrativo.

Un punto de partida para el análisis, es el hecho de que la oferta de trozas es limitada. Algunas causas explican esta situación:

Se extrae un reducido número de especies y árboles por unidad de superficie. El Proyecto Alexander Von Humbolt, es por el momento la mejor experiencia práctica en ejecución, y ciertamente sus proyecciones están muy por encima del promedio nacional. Algunas cifras de este proyecto, señalan lo siguiente:

*volumen a partir de 10 cm. de diámetro	: 191 m^3/ha.
*número de árboles/ha.	: 454 ár/ha.

Se ha previsto en un primer ciclo de corta, extraer 47 m^3/ha, para 88 especies de valor comercial actual y eventual.

Es decir, se trata de aprovechar en una primera corta el 25% de los volúmenes existentes, lo cual es muy promisorio, y naturalmente es la respuesta al plan de manejo establecido.

Comparativamente con explotaciones forestales libres del rigor del manejo forestal, las cortas suelen estar por debajo de los 20 m^3/ha y se ejecutan por una sola vez.

De otro lado, comparando con el promedio nacional, los volúmenes que se extraen por unidad de superficie, están usualmente por debajo de los 10 m^3/ha.

En cuanto a las especies comerciales que están en el mercado con alguna significancia sólo alcanzan a unas 40 especies, mientras que la literatura refiere varios cientos de especies maderables, reconocidas en el bosque amazónico.

Una segunda explicación de carácter técnico, respecto a la limitada oferta de trozas, se relaciona con los importantes volúmenes de maderas que se pierden por deficiencias tecnológicas en el proceso de extracción.

Cortes mal ejecutados, caídas mal direccionadas, ruptura del árbol, deficiencias de la maquinaria de extracción, falta de suficientes lluvias, entre otros imponderables, son causales de abandono o pérdidas de trozas, que en muchos casos merman el rendimiento hasta en un 50%.

Naturalmente, la débil capacidad técnica y de gestión empresarial que caracteriza las actividades de extracción, explican en gran medida la escasa eficiencia que se alcanza en estos procesos.

Pero es también, la tendencia generalizada de la extracción selectiva, aquella mentalidad de corto plazo, que no permite planificar el futuro y en consecuencia sólo se invierte para una acción coyuntural, convirtiendo el proceso además de ineficiente en antieconómico.

Como resultado, hay una carencia de infraestructura y servicios básicos para atenciones comunes, que tendrían que haberse alcanzado en tantos años de trabajo y que lamentablemente hay que implementar cada vez que se inicia una actividad extractiva: patios para trozas, caminos de extracción, servicios de grúas, abastecimiento de combustibles, servicios de mantenimiento, etc., cargándose innecesariamente los costos de extracción.

El irregular e insuficiente abastecimiento de trozas, también se explica por razones legales y administrativas. Sesgadas normas y arbitrarias acciones de los órganos de control, han ido generado un cuadro de inestabilidad en los contratos de explotación, que no sólo atenta contra un normal abastecimiento de trozas, sino que alimenta la mentalidad recolectora y la irracionalidad de uso de los recursos forestales.

La Ley Forestal y de Fauna Silvestre (Ley No. 21147, 13/05/75) y sus reglamentos definen la modalidad para el otorgamiento de contratos de explotación maderera con terceras personas, previa aprobación de estudios que demuestren la factibilidad técnica y financiera de la operación.

Estas normas diseñadas en la década de los setenta, obligan a los concesionarios a asumir ciertas responsabilidades en cuanto a la reposición del recurso, quienes asumen de esta manera compromisos de reforestación en función del producto extraído.

Poco tiempo después, se crea el Canon de Reforestación (D.L. No. 2 del 17/11/80), que liberaría al concesionario de su compromiso de reforestar, debiendo ellos a cambio abonar un monto de dinero de acuerdo al volumen de madera extraído.

De esta manera, la eventual posibilidad de establecer un verdadero compromiso de reposición o manejo sostenido del bosque quedó totalmente eliminado. El canon de reforestación compromete al Estado, en la formación de nuevas masas boscosas, pero en lugares muy diferentes y distantes de las concesiones de origen.

Recientes dispositivos legales, alentados quizás por las corrientes proteccionistas del bosque amazónico y tal vez por la percepción errónea de considerar a la extracción maderera como causa principal de la deforestación, han congelado la posibilidad de nuevos contratos de explotación, sobre superficies mayores a 1000 hectáreas.

Consecuentemente, el abastecimiento de trozas viene ocurriendo principalmente de contratos inferiores a 1000 ha, donde los compromisos de reposición del recurso no existen, negándose la posibilidad de un uso racional del bosque; con el agravante de una mayor irracionalidad, pues nada impide que se continúe explotando indiscriminadamente el recurso, ya que las trozas se registran como si provinieran de estas pequeñas superficies, cuando en la práctica pueden provenir de cualquier lugar de la amazonía.

Los limitados recursos humanos y el escaso presupuesto operativo que disponen las agencias oficiales de administración y control de las actividades forestales, hacen imperceptible su trabajo, limitándose éste sólo a revisiones en oficinas o garitas centrales, sin posibilidades de supervisión en las áreas de extracción.

Estas limitaciones, aunadas a los vicios y malas costumbres de algunos funcionarios del estado y de algunos extractores, ha devenido en muchos casos en una administración forestal injusta y arbitraria, teniéndose como respuesta una situación anárquica que sólo conduce a una mayor irracionalidad en el uso de los recursos forestales de la amazonía peruana.

- Baja calidad y competitividad de productos terminados

La escasa contribución de la industria forestal a la economía nacional, se explica en gran medida por las limitaciones del propio proceso de transformación, que genera productos con bajos niveles de calidad y precios altos que no favorecen el incremento del consumo *per capita* de maderas y mucho menos proyectarse hacia los difíciles mercados de exportación.

Las principales causas son de naturaleza técnica, que determinan una escasa capacidad para lograr productos de alta calidad debido básicamente al estado de obsolescencia de las maquinarias de corte y de los equipos de afilado.

Se explica también, esta baja calidad de productos elaborados, en razón al bajo nivel de eficiencia tecnológica alcanzado por técnicos y operarios de planta.

De otro lado, se tienen grandes limitaciones para alcanzar productos con alto valor agregado, los cuales en todo caso también se explican por la antigüedad de la maquinaria y por las limitaciones técnicas del personal.

Adicionalmente, son causas profundas los inapropiados diseños que presentan las plantas de transformación, que sumadas a las precarias instalaciones eléctricas, suelen dificultar necesarias ampliaciones y la modernización de instalaciones en favor de productos más y mejor elaborados.

Estas enormes dificultades de producción, tienen un efecto directo sobre los costos de producción, los cuales

además se afectan por los elevados costos del proceso de extracción, de la propia energía, y por la presencia de impuestos a los activos, entre otros sobre costos, que le restan competitividad a la industria.

Los productos luego son trasladados grandes distancias hacia los centros de consumo, a través de caminos deficientes y usualmente con sobre fletes, pues la madera se transporta húmeda, llegando finalmente el producto al mercado, con escaso valor agregado y a precios demasiado elevados.

Naturalmente, esta situación es resultado de una desatención progresiva y crónica del industrial maderero, quien ha mostrado poco interés en mejorar sus propias instalaciones. Pero tampoco han aparecido nuevos inversionistas, en razón seguramente, de la carencia de políticas nacionales que generen el clima necesario para incentivar la inversión forestal, y paralelamente por la eliminación de los beneficios tributarios que hasta hace pocos años favorecían a la región amazónica.

- Indiferencia sobre las preferencias de los consumidores

Los productos maderables de la amazonía se colocan mayormente en el mercado nacional, y muy reducidos volúmenes son exportados.

Las principales ciudades de la costa y en particular Lima, son los mayores centros de consumo.

La madera llega a los mercados generalmente aserrada en grandes tablones, es decir con un bajo nivel de elaboración y además húmeda; en láminas contraplacadas, o preparada para pisos de viviendas.

Una parte de estos productos de transformación primaria, son utilizados directamente por los consumidores finales; pero usualmente son sujetos a un segundo proceso de transformación.

En tal caso, los consumidores son: pequeñas reaserradoras, talleres de carpintería, fabricantes de muebles y artesanos quienes inician una segunda etapa de transformación, para habilitar la madera hacia su destino final.

Este largo sistema de procesamiento de la madera es indicador de una absoluta desconsideración a los consumidores finales, cuyas necesidades parecen no ser tomadas en cuenta, al momento que ingresa la troza a la planta de transformación.

Aparentemente habría una corta visión de negocios de los industriales, quienes se conforman con los niveles de ventas alcanzados. Conviene preguntar: ¿Por qué el empresario no busca maximizar sus rentas añadiendo valor agregado a sus productos?.

La pregunta no es fácil de responder considerando que las condiciones de mercados son expectantes. De una parte, el Perú con el consumo más bajo de madera *per capita* en Sud América, es un excelente mercado potencial y de otro lado, las tendencias mundiales son muy favorables para los productos maderables del trópico. Por tanto la respuesta hay que buscarla hacia los primeros eslabones del proceso productivo.

En efecto, algunas razones ya analizadas son nuevamente aplicables, pero quizás la causa más importante es la urgencia de consistentes políticas nacionales que incentiven la inversión en la industria forestal. Se precisa confianza en el abastecimiento de materias primas y respaldo en la promoción de productos para el mercado nacional y de exportación.

Una segunda explicación del problema, atañe a los propios consumidores, quienes son poco exigentes y fácilmente adoptan un producto sustituto, usualmente más económico pero no siempre más confortable que la madera.

Esta escasa preferencia de los consumidores por los productos maderables, responde a los elevados precios de los mismos y seguramente a los múltiples prejuicios que se tienen respecto a la madera.

Contribuye a esta indiferencia, la carencia de mecanismos de control de calidad y de defensa del consumidor. Situación que está ligada a la ausencia de estándares de calidad en productos terminados.

De alguna manera, esta situación refleja la poca evolución que se ha alcanzado en el negocio de maderas, producto sin duda, del débil desarrollo cultural que tiene el país en el buen uso y aplicación de la madera.

Del árbol de soluciones

La problemática forestal, como se ha analizado, es muy compleja y amplia, luego no es posible hablar de una solución ni tampoco esperar el esfuerzo aislado del sector forestal. Las acciones que se emprendan, deben por tanto responder a una visión compartida del futuro, que comprometa actitudes y capacidades de los diferentes actores de la planificación forestal y de su ejecución, para avanzar hacia el logro de esa visión.

El plan estratégico que a continuación se presenta, propone un camino de solución al conjunto de problemas presentado en los párrafos anteriores, y tiene como cometido sentar las bases para un gran debate, que desemboque finalmente en un Plan de Acciones para el manejo, transformación y comercialización de productos maderables del bosque húmedo tropical peruano.

Plan estratégico: lineamientos básicos

Visión de futuro

La región de la selva, es necesariamente considerada como una unidad, y al cabo de 25 años presenta las características siguientes:

- Los bosques productivos se aprovechan intensamente y de manera integral y sostenida.
- Las tierras degradadas del trópico peruano, así como las áreas deforestadas están ecológica y económicamente recuperadas y son fuentes de producción sostenida.
- La deforestación está plenamente controlada y la agricultura amazónica es planificada.

- Los bosques amazónicos peruanos son reconocidos por la comunidad internacional, por su uso racional.

- El sistema de áreas protegidas es representativa de la heterogeneidad ecológica y de la amplitud territorial.

Respecto al desarrollo de la industria maderable, el panorama que se presenta es el siguiente:

- Existe una definición espacial de tierras según su capacidad de uso, con tenencia garantizada y bosques ordenados para la producción, protección y reservas.

- Los bosques son manejados eficientemente, y garantizan el abastecimiento sostenido de materias primas para la industria maderera y otras.

- La industria maderable es de alta calidad y eficiencia, genera productos de alto valor agregado con precios competitivos para el mercado nacional y de exportación.

Contexto actual

El marco general nacional presenta características claras que permiten definir el escenario siguientes:

- En lo político, el Perú se define como una República democrática e independiente, con un Estado promotor de actividades desarrolladas principalmente por el sector empresarial privado.

- En lo económico, se ha adoptado el modelo económico neo liberal que se sustenta en la libre competencia y en la regulación de precios por las leyes del mercado.

- En lo social, el gobierno desarrolla un programa de ayuda social que privilegia la costa y sierra, dentro de ellas, el ámbito urbano marginal parece ser el más atendido.

- Respecto a los recursos naturales renovables y al área donde se desarrollan, en la esfera nacional y en el contexto internacional, se manifiesta una gran preocupación por la conservación de los recursos naturales y la protección ambiental.

- En lo científico y tecnológico, hay una clara convicción por el aprovechamiento integral del bosque aunque no todas las condiciones del saber están dadas para este propósito.

- El desafío, es el manejo forestal sostenible, que concilie el interés ecológico, económico y social.

Este contexto tiene características marcadas de estabilidad y se puede asumir que en los próximos años se mantendrá invariable.

Estrategias para la acción

Las medidas estratégicas a considerar son:

- Medidas políticas, que concilien el buen uso de los recursos naturales y el interés social;

- medidas de capacitación e investigación, para la formación del elemento humano y la generación de conocimientos en pro del manejo forestal para el aprovechamiento maderable y no maderable, el turismo y de las áreas protegidas;

- medidas de concientización, para desarrollar una actitud común para la conservación de los recursos naturales y la protección ambiental.

Definición de políticas forestales de mediano y largo plazo

El desarrollo forestal, y en particular el desarrollo de la industria maderera, precisan de un marco de política nacional que defina los grandes objetivos de desarrollo y la manera de llegar a ellos. En este contexto, los planes nacionales tienen que considerar la trascendencia del recurso forestal, para igualmente incluir los objetivos de desarrollo forestal y el modo de alcanzarlos; a la industria de la madera le corresponde un rol principal en el logro de éstos objetivos.

En tal sentido el sector forestal reclama un compromiso político que permita el crecimiento de la industria de la madera, así como de la actividad no maderable, el turismo y de las áreas protegidas. Este compromiso debe considerar acciones que posibiliten entre otros los logros siguientes:

- una nueva legislación acorde con las exigencias del contexto nacional.
- la disponibilidad de medios para una adecuada administración forestal.
- el ordenamiento territorial de la Amazonía peruana.
- la producción sostenida de productos maderables de alta calidad, con valor agregado y competitivos.
- elevar el consumo *per capita* de maderas manteniendo una balanza comercial favorable.
- contrarrestar las reales causas de la deforestación para revertir la presión demográfica sobre las tierras de la Amazonía.
- la consolidación del sistema de áreas protegidas de la Amazonía.

Reforzar la formación de cuadros de personal para el desarrollo forestal de la Amazonía

La complejidad ecológica del bosque exige cuadros profesionales y técnicos convenientemente entrenados y motivados para asumir con responsabilidad el manejo racional del bosque. En tal sentido, serán necesarios dos programas paralelos:

- Un Programa de Investigación para la generación de conocimientos sobre la biodiversidad existente y de las tecnologías necesarias para su aprovechamiento racional e integral.

- Un Programa de Capacitación para el entrenamiento práctico de profesionales y técnicos, y para la preparación del personal operativo.

Cultivar una actitud de respeto y racionalidad de la sociedad peruana hacia los recursos naturales y el entorno ambiental

Los procesos de devastación de los recursos naturales renovables y los fenómenos de contaminación del medio en que vivimos, compromete a una acción permanente y amplia para inculcar una conciencia conservacionista en pro del hombre y de la naturaleza.

Conclusiones y recomendaciones

- Es necesario desarrollar un plan estratégico forestal, que se enmarque dentro de las grandes políticas nacionales, las cuales deben reconocer la trascendencia de los recursos forestales y la importancia del buen uso de la tierra, para hacer viable el desarrollo sostenible.

- El recurso forestal peruano precisa de un compromiso político nacional, con normas duraderas que inspiren confianza en los inversionistas. Así será posible alcanzar niveles deseables de producción de bienes consumibles, en pro de un crecimiento económico y una mayor generación de empleo.

- La industria de la madera, es una actividad con perspectivas económicas importantes. Si bien, el bosque debe encaminarse hacia un aprovechamiento integral, la industria de la madera es una alternativa a considerar, por los activos con que cuenta y por el significativo número de empleos que representa.

- La demanda por productos maderables tienen una tendencia creciente en los mercados internacionales, pero además durante el proceso primario de transformación e incluso para muchos productos finales, se requieren pocos insumos adicionales, lo que hace más atractiva esta industria.

- La estrategia de desarrollo de la industria de la madera, compromete medidas políticas, técnicas y de gestión empresarial, acompañadas paralelamente con actividades de investigación, capacitación y transferencia de tecnología, que finalmente serán estables en la medida que se fortalezca una mentalidad racional en el aprovechamiento de la tierra y de los bosques.

- Las actividades y acciones sugeridas, son sólo las iniciales. Estas acciones calificadas como inmediatas, deben ser seguidas por otras que consoliden el proceso iniciado en cada caso, hasta lograr estructurar un sistema productivo firme y de tendencia creciente, en términos de volúmenes producidos para el consumo interno y de exportación.

Bibliografía

Dance C, J. Forestería Herramienta para el desarrollo. Documento preliminar. Lima 1996. 22 pag.

Dirección General de Forestal y Fauna. Dispositivos legales vigentes relacionados a los recursos forestales y de fauna silvestre. Lima 1982. pv.

Nalvarte A, W.; Kroll S, B.; Lombardi I, I. Plan maestro unidad modelo de manejo y producción Dantas. Lima. UNALM. Facultad de Ciencias Forestales. 1993. 148 pags.

OIMT. Directrices de la OIMT para la ordenación sostenible de los bosques tropicales naturales. Tokohama, OIMT, 1990. 19 pags.

Perú INRENA. Proyecto PD 95/90 (F). Manejo forestal del Bosque Nacional Alexander von Humboldt. Lima 1996. 27 pags.

Perú INRENA. Compendio estadístico de la actividad forestal y fauna 1980-1991. Lima 1994. 120 pags.

Taller Regional para definir criterios e indicadores de sostenibilidad del bosque amazónico. Documento final. Tarapoto. Perú 1995. 9 pags.

Toledo J. ed. Biodiversidad y desarrollo sostenible de la amazonía en una economía de mercado. Memoria del Seminario-Taller. Pucallpa 11-15 Oct. 1994. 295 pags.

Aprovechamiento de Impacto Reducido: Convirtiendo los Resultados de la Investigación en Prácticas de Campo

Dennis P. Dykstra

CIFOR
Situ Gede,
Sindangbarang
62-251-622-100
d.dykstra@cgnet.com
Bogor Barat 16680
Indonesia

Resumen

En los cuatro años transcurridos desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED) realizada en 1992, se han producido cambios importantes en cuanto a actitudes hacia el manejo de los bosques tropicales. Anteriormente, los grupos ambientalistas se oponían casi unánimemente a cualquier tipo de aprovechamiento maderero en dichos bosques. Con ocasión de la reunión de la UNCED, Dykstra y Heinrich (1992) instaron a una iniciativa global para reducir los impactos relacionados con las operaciones forestales y al desarrollo de un "Código Internacional de Prácticas de Aprovechamiento." Al mismo tiempo, varias agencias de desarrollo y organizaciones internacionales no gubernamentales (ONGs) comenzaron a promover el aprovechamiento de impacto reducido, como una base estratégica para el manejo sostenible de los bosques tropicales. La mayoría de los grupos ambientalistas parecen haber tomado una actitud de "espera para ver los resultados" en cuanto a la cuestión de manejo de bosques tropicales. Si las nuevas iniciativas no resultan en la adopción generalizada de técnicas de aprovechamiento de impacto reducido y otros procedimientos para el manejo forestal sostenible, será posible un retorno a las anteriores campañas de confrontación de los grupos ambientalistas.

Como contribución al debate sobre manejo sostenible de los bosques tropicales, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación publicó recientemente el Código Modelo de la FAO para Prácticas de Aprovechamiento Forestal (Dykstra y Heinrich 1996). Si bien proyectado como una referencia general para el uso de todos los países miembros de la FAO, el Código Modelo de dicha organización enfatiza las prácticas que se supone son más pertinentes para los países tropicales en vías de desarrollo. Debido a la enorme variación en cuanto a condiciones locales que existe en el trópico, muchas de las prácticas específicas que se recomiendan en el Código Modelo de la FAO requerirán modificación para adaptarlas al uso en países o regiones específicas. La función de mayor utilidad de un publicación como el Código Modelo de la FAO será, por lo tanto, el delinear los principios generales que regirán el aprovechamiento forestal ambientalmente apropiado y promover prácticas de aprovechamiento que estén en armonía con dichos principios.

Códigos de prácticas forestales

Los "códigos de prácticas forestales" tales como los emitidos por el Ministerio de Bosques de Fiji (1990) y el Departamento Forestal de Ghana (1992), son regulaciones o normas diseñadas para ayudar a los profesionales forestales de las agencias gubernamentales y empresas forestales a seleccionar prácticas a seguir para la ejecución del manejo forestal y las operaciones de utilización. Teóricamente, las prácticas que se atienen a un código de prácticas forestales deberán lograr resultados tales como el aprovechamiento comercial de un área especificada de bosque de forma que cumpla con estándares de manejo forestal sostenible.

En terrenos fiscales, y aún cada vez más en el sector privado de muchos países, el manejo forestal ya no está enfocado exclusivamente o principalmente en la producción comercial de madera. Hoy en día ya se reconoce a nivel mundial que los bosques tienen gran importancia para la diversidad biológica, los productos no maderables, los valores culturales y los servicios ambientales tales como el secuestro de carbono, el enriquecimiento de suelos y la provisión de agua. Como consecuencia, el manejo forestal se ha convertido en una disciplina más compleja y más exigente. Una consecuencia de esto es que actualmente es más difícil planificar y efectuar operaciones de aprovechamiento forestal, ya que dichas operaciones deben ser diseñadas e implementadas de forma que acomoden, y si es posible mejoren, el carácter de recurso múltiple del bosque. Para lograr esto, los profesionales forestales, los planificadores y los operadores forestales requieren una guía sobre los prácticas que la sociedad está dispuesta a aceptar y los resultados que se requieren en relación con las operaciones de aprovechamiento forestal. Esta es una importante motivación para la elaboración de códigos de prácticas para el aprovechamiento forestal.

El *Código Modelo de la FAO para Prácticas de Aprovechamiento Forestal* no es en sí un código completo de prácticas; ésta sería una meta inalcanzable, dada la importancia de las condiciones locales para la determinación de prácticas de aprovechamiento forestal ambientalmente apropiadas, que también sean económica y socialmente factibles. Más bien, el Código Modelo de la FAO deberá usarse como una referencia para los países miembros que contemplen la elaboración de sus propios códigos de prácticas para el aprovechamiento forestal. Por consiguiente, este documento ha sido preparado para proveer información sobre una variedad de prácticas que posiblemente serán aceptables bajo varias condiciones y también sobre prácticas que podrán aumentar el valor de los recursos maderables o no maderables.

Al hacer esto, el Código Modelo de la FAO hace dos suposiciones:

Primero, que es necesario saber qué prácticas son técnica y económicamente factibles; luego, se podrán usar instituciones políticas para establecer políticas y legislación, dentro del contexto del marco cultural y sociológico del país que motivarán o harán cumplir la adopción de dichas prácticas.

Segundo, que es posible llevar a cabo operaciones de aprovechamiento forestal de forma coherente con el manejo forestal sostenible. Esto último generalmente requiere lo siguiente:

- planificación amplia del aprovechamiento;
- control e implementación efectivos de las operaciones de aprovechamiento;
- evaluación completa de las operaciones forestales y comunicación de los resultados de la evaluación a los grupos de planificación y al personal de aprovechamiento;
- desarrollo de una fuerza laboral competente y debidamente motivada.

El Código Modelo de la FAO examina cada una de estas actividades con la intención de brindar información sobre lo que se conoce sobre la forma de lograrlas de una manera ambientalmente apropiada que no requiera mayores inversiones en capacitación y tecnología. Esto se hace mediante la consideración específica de cada una de las siguientes actividades de aprovechamiento forestal:

- planificación del aprovechamiento
- ingeniería de caminos forestales
- operaciones de corta
- extracción
- operaciones de acopio
- operaciones de transporte
- evaluación del aprovechamiento
- fuerza laboral para el aprovechamiento forestal

Cada una de éstas se discute minuciosamente en un capítulo que:

(i) describe la operación que se examina,

(ii) resume principios-guía que sirven como base para la selección de prácticas a ser recomendadas,

(iii) lista los objetivos a lograrse mediante la ejecución adecuada de la operación,

(iv) delinea las posibles consecuencias de las prácticas inadecuadas, y finalmente

(v) brinda detalles sobre las mismas prácticas recomendadas.

En la medida posible, el Código Modelo de la FAO trata de ser flexible en cuanto a la especificación de prácticas recomendadas. En la mayoría de los casos no es posible saber si una práctica específica de aprovechamiento cumplirá con los requerimientos para la sostenibilidad en todas las situaciones. Por consiguiente, los usuarios pueden anticipar que será necesario adaptar las normas sobre prácticas recomendadas de aprovechamiento a la situación local y también a cambios que ocurrirán con el tiempo, tanto en cuanto al conocimiento científico como a las condiciones socioeconómicas que brindan el contexto general del aprovechamiento forestal.

Investigación sobre Prácticas de Aprovechamiento en el Trópico

Las prácticas sugeridas que se presentan en el Código Modelo de la FAO se han basado en lo posible en los resultados de la investigación realizada en operaciones forestales tropicales. Desde 1950, una serie de estudios detallados ha cuantificado la naturaleza y el grado del impacto de las operaciones de aprovechamiento en el trópico. En la bibliografía de la presente ponencia se presenta una lista parcial de estos estudios. Sobre la base de estos estudios, parece ahora claro que el grado de daño al suelo y a la vegetación residual que se produce durante el aprovechamiento es considerablemente mayor en los bosques tropicales que en operaciones similares en bosques templados. Generalmente, más de una tercera parte de la superficie del suelo es intervenida por la maquinaria de aprovechamiento y la extracción de sólo cinco o diez árboles por hectárea puede causar daños a 100 o más árboles residuales por hectárea. En ciertos casos, el daño causado por el aprovechamiento es tan grande que el período de descanso requerido para la recuperación puede ser dos o tres veces mayor que el anticipado en los planes de manejo (Poore *et al.* 1989, Bertault y Sist. 1995). Aún si éste no fuera el caso, es posible que el pronunciado daño mecánico causado durante el aprovechamiento en muchos de los árboles residuales interfiera con la producción de servicios ambientales u otros valores no maderables (Johns 1986, Lai y Norajiki 1988).

La evidencia acumulada mediante la investigación sugiere que el grado de daño se va incrementando con el tiempo, al mecanizarse cada vez más las operaciones de aprovechamiento y basarse más en la potencia motorizada que en la competencia técnica (Fox 1968, Nicholson 1979, Borhan *et al.* 1990). El desplazamiento de bosques de tierras bajas hacia bosques de montaña también ha causado un incremento en los daños causados por el aprovechamiento, particularmente disturbios del suelo y la consecuente erosión que éstos generan. Esta tendencia probablemente continuará a menos que se desarrollen políticas gubernamentales que incentiven la adopción de tecnologías de aprovechamiento, tales como sistemas de cable (Ludwig 1994, Aulerich 1995) y helicópteros (Blakeney 1992), que tengan la capacidad de funcionar con bajo impacto sobre el suelo de las laderas inclinadas.

Cuadro 1: Comparación de resultados de estudios sobre aprovechamiento de impacto reducido que incluyen información sobre costos

Estudio y ubicación	Aprovechamiento convencional	Aprovechamiento de impacto reducido
Marn y Jonkers 1982, Malasia		
Indice de costos de corta	1.00	1.00
Indice de productividad de arrastre	1.00	1.35
Indice de costos de arrastre	1.00	0.77
Indice de árboles residuales muertos > 10 cm	1.00	0.70
Indice de densidad de pistas de arrastre	1.00	0.78
Hendrison 1989, Surinam		
Daño por corta	14% del área	8% del área
Indice de productividad de corta	1.00	1.10
Disturbios por arrastre	14% de área	5-8% del área
Indice de productividad de arrastre	1.00	1.60
Indice de costo de aprovechamiento	1.00	0.84
Johns *et al.* 1996, Brasil		
Indice de daños a los árboles	1.00	0.55
Indice de área de intervención	1.00	0.76
Indice de productividad de aprovechamiento	1.00	1.13
Indice de costo de aprovechamiento	1.00	1.05 - 1.10
Cordero 1995, Costa Rica	Tractor a oruga	Bueyes
Plantación forestal, índice de costo de aprovechamiento	1.00	0.59
Bosque natural, índice de costo de aprovechamiento	1.00	1.11

Un punto débil de la investigación sobre aprovechamiento de impacto reducido en bosques tropicales es que los datos sobre costos se reportan con muy poca frecuencia. Esto hace que sea difícil convencer al sector privado de que se pueden adoptar técnicas de aprovechamiento de impacto reducido con un nivel de costos coherente con el objetivo de obtener ganancias razonables. El Cuadro 1 resume los resultados de varios estudios que proporcionan datos sobre costos. Todos estos estudios muestran que el aprovechamiento de impacto reducido generalmente es menos costoso que el aprovechamiento convencional. La diferencia en costos generalmente se atribuye a la mejor planificación, el mayor control sobre las cuadrillas de extracción y a la utilización más completa de los árboles cortados.

Prácticas de aprovechamiento que reducen el impacto ambiental

Los trabajos de investigación citados en esta ponencia han establecido de principio que si se siguen ciertas prácticas, el impacto del aprovechamiento se puede reducir considerablemente. Ninguna de dichas prácticas es nueva o revolucionaria; todas se usan rutinariamente en los bosques de los países industrializados y algunas han sido ins-

titucionalizadas en dichos países a través de códigos formales de prácticas forestales. Algunas de estas prácticas requerirán inversiones medianas en cuanto a capacitación, personal o maquinaria; otras podrán producir reducciones de costos para los operadores forestales.

Planificación del aprovechamiento

En bosques mixtos tropicales, la planificación apropiada de las operaciones de aprovechamiento requiere de mapas de buena calidad y escala grande (es decir de escala entre 1:1000 y 1:10000), en los cuales se podrá marcar con exactitud la ubicación de todos los árboles que se consideren aprovechables inmediatamente o para futuras cosechas (Aurelich 1994). Los mapas deberán usarse, junto con reconocimientos sobre el terreno, para establecer la ubicación de caminos, pistas de arrastre y patios de acopio, y para determinar los árboles que se marcarán para el aprovechamiento, incluyendo su dirección de caída.

Ingeniería de caminos forestales

La mayor parte de la erosión de suelos producida por el aprovechamiento - más del 90% en ciertos estudios - está directamente relacionada con caminos, patios de acopio y pistas de arrastre (Hamilton 1988, Bruijnzeel y Critchley 1994). Para minimizar la erosión y reducir sus efectos destructivos, el principio general consiste en que debe disminuirse tanto la extensión total de caminos y pistas de arrastre, como la superficie total intervenida. Esto se puede lograr mediante una mejor planificación, ubicación y construcción de caminos; evitando áreas de gran riesgo para la erosión; mediante el uso de cunetas y drenajes adecuadamente espaciados para canalizar el agua dirigiéndola lejos de los caminos; mediante el uso de excavadoras en lugar de tractores a oruga para la construcción de caminos; y manteniendo los caminos y las pistas de arrastre alejados de cursos de agua excepto donde el cruce de éstos sea necesario. En muchas zonas tropicales es común usar desmontes "para el secado" a lo largo de los caminos para evitar la sombra, de modo que los caminos sequen después de lluvias intensas. Un enfoque más efectivo de este problema consiste en invertir en mejor diseño y ubicación de caminos, así como en mejores estructuras camineras, incluyendo la construcción adecuada de buenas bases, superficies para todo tipo de clima, drenajes adecuados y cunetas. Se ha comprobado de forma concluyente que el uso de esta estrategia de desmonte en áreas de alta precipitación es una inversión innecesaria en tierras que luego quedan completamente eliminadas de la producción forestal.

Corta dirigida

Este es un componente absolutamente esencial del aprovechamiento de impacto dirigido. Si bien la corta tiende a ser relativamente benigna desde el punto de vista ambiental (Hamilton 1988), en un contexto silvicultural el daño causado por la corta puede ser tan extremo como para evitar cualquier posibilidad de sostenibilidad de las operaciones (Nicholson 1979). La corta adecuada reduce la tasa de accidentes, mejora la eficiencia del arrastre y aumenta el valor de los recursos maderables y no maderables mediante la reducción de daños a la vegetación residual. Mediante el uso de técnicas de corta dirigida, los madereros pueden evitar destruir futuras cosechas, reducir el daño a los cursos de agua y otras áreas sensibles al derribar los árboles en otra dirección y orientar las copas de los árboles cortados de modo que se aumente la eficiencia de arrastre y que cualquier daño quede concentrado en un área reducida.

Corta de trepadoras

A pesar de los varios estudios que han demostrado que la corta de trepadoras previa al aprovechamiento es importante para reducir los daños producidos por el derribe de árboles (Fox 1968, Marn y Jonkers 1982, Appanah y Putz 1984), por lo menos un estudio reciente (Cedergreen *et al.* 1995) ha puesto en duda la necesidad de esta práctica. Sin embargo, este estudio utilizó un instructor europeo especialmente capacitado para la corta, de modo que no está claro si los resultados se pueden aplicar a la mano de obra menos calificada que se dispone en las operaciones forestales tropicales. Además, los autores concluyen que si bien la corta de trepadoras no tuvo un efecto mensurable en la exactitud de la corta dirigida, el daño a los árboles residuales probablemente se reduce cuando las trepadoras se cortan previamente al aprovechamiento y la tasa de accidentes ciertamente disminuye. En vez de cortar las trepadoras en toda la zona de aprovechamiento, tendría más sentido hacer cortas de liberación sólo alrededor de los árboles seleccionados para la cosecha. Esto reduce el costo de la operación y también deja intacta a la mayoría de las lianas para que cumplan sus varias funciones ecológicas.

Arrastre

La mayor parte del aprovechamiento que se efectúa en los bosques tropicales se lleva a cabo con maquinaria de arrastre. Esta práctica posiblemente continuará, aunque existe considerable amplitud como para adoptar sistemas de cable y hasta helicópteros para el uso en bosques montanos, donde la maquinaria de arrastre causa daños excesivos al suelo. En los lugares donde se hace arrastre por tierra, el uso de skidders articulados con ruedas posiblemente reducirá el impacto ambiental en comparación con los tractores a oruga. Estos últimos están diseñados para el trabajo de construcción y no para el arrastre de troncas, mientras que los skidders se han desarrollado explícitamente para el aprovechamiento forestal. Su diseño permite que la tronca sea parcialmente suspendida de modo que se reducen los disturbios del suelo. A pesar de tener un promedio mayor de presión sobre el suelo que los tractores a oruga, los skidders típicamente producen menos

compactación del suelo que los primeros debido a que la distribución de la carga es mejor y a que las máquinas vibran menos que los tractores a oruga. Los skidders casi siempre producen menos disturbios del suelo que los tractores a oruga debido a que la pala de los skidders no es adecuada para el movimiento de tierra. Las cuadrillas de extracción se dan cuenta inmediatamente de esto y dejan de usar las palas de los skidders para construir pistas de arrastre. El uso de la pala de los tractores a oruga en las pistas de arrastre, que en general es innecesario, es posiblemente la principal causa de disturbios del suelo durante las operaciones de aprovechamiento. También es costosa; Ibbotson (1991) indica que esta labor requiere hasta un 70% del tiempo de un tractor a oruga en las operaciones de aprovechamiento. Cuando se usan tractores a oruga, el enseñar a las cuadrillas a usar la pala sólo cuando es estrictamente necesario puede producir grandes dividendos, tanto en cuanto a menores costos de arrastre como en la reducción de intervención del suelo.

Pistas de arrastre pre-planificadas

La ubicación de las pistas de arrastre deberá ser claramente indicada en el suelo y determinada usando el mapa topográfico de planificación, en el que se muestra la ubicación de cada árbol que se aprovechará. La maquinaria de arrastre deberá entonces mantenerse todo el tiempo sobre las pistas de arrastre. Al permanecer sobre la pista de arrastre y llevar el cable del winche a las troncas, se puede lograr una considerable reducción de los disturbios y la compactación del suelo (Hendrison 1989). Esta práctica también reduce el daño al bosque residual.

Uso de cadenas (estrobos/chockers)

Los madereros de muchos países tropicales colocan el cable del winche directamente alrededor de la tronca que será arrastrada. Un procedimiento alternativo es el uso de cadenas sujetas al cable del winche. Las cadenas pueden ser más cortas y por lo tanto más fáciles de arrastrar por el bosque y aunque existe mayor probabilidad de que se rompan, son más fáciles y baratas de reemplazar que el cable. El uso de cadenas permite la opción de colocarlas con anticipación para reducir el tiempo de ida y vuelta, además de permitir el arrastre de más de una tronca cuando esto es posible. Se deberá capacitar a los cadeneros para ubicar la mejor aproximación a la tronca y llevar el cable del winche a la tronca mientras el skidder permanece sobre la pista de arrastre.

Uso de cables

La mayoría de la experiencia con el uso de cables en el trópico ha sido a través de sistemas elevados. Este sistema fue ideado para las operaciones de corta a tabla rasa de las regiones templadas y no tiene lugar en el aprovechamiento selectivo. Desde el punto de vista ambiental, los sistemas de cable que pueden considerarse sistemas de bajo impacto, caben dentro de la categoría de sistemas de "cable elevado" o "cable con grúa". Estos sistemas usan un cable elevado, que sirve como soporte para elevar las troncas sobre el nivel del suelo. El cable elevado se instala en un árbol de apoyo y corre hasta un punto de anclaje ubicado en el lado opuesto de la vía. Un sistema de transporte con ruedas, llamado "carro," circula sobre el cable elevado, transportando la carga hasta los patios de acopio y llevando las cadenas sin carga al lugar de corta.

Uno de los mayores problemas del uso de sistemas de cable en el trópico es que éstos son relativamente costosos y por lo tanto requieren un nivel relativamente alto de aprovechamiento por hectárea para ser económicamente factibles. Además, la extracción por cable requiere mano de obra calificada para la planificación y la ubicación, además de las personas necesarias para la supervisión y ejecución de las operaciones de acopio. Por lo tanto, el acopio por cable posiblemente nunca tendrá el amplio uso del arrastre, si bien existen varias iniciativas en curso para promover su uso en el trópico (Aulerich 1992, Kollert *et al.* 1995).

Evaluación del aprovechamiento

El aprovechamiento es sólo un componente del manejo forestal. Por lo tanto, la retroalimentación a las cuadrillas de extracción es esencial en relación al grado en que las operaciones de aprovechamiento contribuyen al logro de los objetivos generales del manejo forestal. Las evaluaciones de aprovechamiento son una revisión sistemática para determinar el grado en que la operación de aprovechamiento ha seguido el plan de corta y ha logrado sus objetivos, cumpliendo al mismo tiempo con los estándares establecidos. Dichas evaluaciones son un requisito esencial del manejo forestal sostenible.

Las evaluaciones de aprovechamiento deberán:

- Hacer un resumen de costos e ingresos.
- Evaluar el grado en que se han logrado tanto los objetivos silviculturales como los referentes a aspectos no maderables.
- Establecer el grado de daño al bosque residual y otras vegetación.
- Estimar el área intervenida de suelo mediante caminos, patios de acopio y pistas de arrastre.
- Determinar la calidad y la cantidad de regeneración.

Es esencial que los resultados de las evaluaciones de aprovechamiento se comuniquen a los planificadores, los supervisores y las cuadrillas de extracción que estuvieron involucrados en la operación. Los incentivos económicos por el buen desempeño y las penalidades por el trabajo

deficiente reforzarán el compromiso de las empresas con las prácticas ambientalmente benéficas de aprovechamiento.

Reformas políticas para la promoción del aprovechamiento de impacto reducido

A pesar del pésimo historial de las operaciones de extracción en los bosques tropicales, existen considerables esperanzas para mejorarlas. Una creciente lista de estudios recientes, incluyendo los de Marn y Jonkers (1982), Hendrison (1989), Schmidt (1989) y Kollert *et al.* (1995), demuestra que el aprovechamiento en el trópico puede ser ambientalmente sostenible y también económicamente factible. Esto requiere planificación y supervisión adecuadas, y la extracción debe ser llevada a cabo por cuadrillas adecuadamente capacitadas y motivadas. Existen dos principales impedimentos para la implementación inmediata de las prácticas de aprovechamiento de impacto reducido utilizadas en estos estudios:

- Muchos profesionales forestales están dispuestos a aceptar prácticas deficientes de extracción debido a que verdaderamente no creen que el aprovechamiento ambientalmente apropiado es posible con un nivel de costo que permita el desarrollo de una industria forestal económicamente viable. Esto se debe a que rara vez han observado operaciones de aprovechamiento que se puedan describir objetivamente como "ambientalmente correctas," y porque las ideas convencionales señalan que la protección ambiental siempre cuesta más.

- Si bien las operaciones de aprovechamiento de impacto reducido pueden ser menos costosas que las operaciones convencionales, el ahorro puede deberse a una mejor planificación, mejor supervisión y mejor utilización de la madera extraída (por ejemplo, dejando menos troncas en el bosque y mediante un troceo que permita obtener mayores valores de las troncas). Para lograr este ahorro, es necesario contar con planificadores, cuadrillas de extracción y supervisores técnicamente competentes. Además, los costos adicionales de la mejor planificación y la mejor supervisión generalmente corren por cuenta del concesionario, mientras que la reducción de costos de aprovechamiento favorecerá al contratista. Por lo tanto, aún si los costos totales son menores, existe una desigualdad potencial en la distribución de costos y beneficios que puede desincentivar a los concesionarios.

Todas las profesiones necesitan "modelos," y si se desea que los madereros pongan en práctica lo que se ha aprendido a través de la investigación, es importante que se disponga de ejemplos prácticos de operaciones de aprovechamiento exitosas y ambientalmente adecuadas. Dichas operaciones deberán se capaces de demostrar técnicas de aprovechamiento de impacto reducido y la consiguiente reducción de costos que se puede lograr mediante la aplicación de dichas técnicas.

Aparte de estas operaciones-modelo, los gobiernos deberán también garantizar la promulgación de políticas forestales que brinden incentivos para que tanto las cuadrillas de extracción como los concesionarios adopten prácticas de aprovechamiento reducido. Si bien esto es fácil de decir, no es necesariamente fácil de hacer; las políticas gubernamentales son por definición específicas a cada país y las políticas ajenas al sector forestal pueden afectar de forma directa a las decisiones tomadas por concesionarios y operadores forestales. No obstante, es importante que la industria forestal reconozca la necesidad de dichos cambios de políticas y trabaje a través de sus organizaciones profesionales para incentivar el cambio por medio de un proceso político informado, que tome en cuenta el conocimiento científico.

Comentarios finales

El principal objetivo del presente trabajo es comunicar la idea de que tanto el valor de los recursos maderables como no maderables puede ser sostenido en los bosques tropicales mediante la puesta en práctica de técnicas de aprovechamiento de impacto reducido, establecidas a través de la investigación y la experiencia. En su mayoría, estas técnicas requieren sólo modificaciones relativamente menores a las prácticas actuales y en general pueden ser implementadas con poco o ningún incremento general de los costos de operación. Para garantizar que estas prácticas sean ampliamente adoptadas, sin embargo, los gobiernos deberán revisar sus políticas para:

- mejorar los acuerdos de concesión de bosques,
- brindar incentivos para las prácticas sostenibles a través de impuestos y otras medidas fiscales,
- requerir un mayor control de las operaciones de aprovechamiento, y
- garantizar que profesionales y técnicos forestales capacitados participen en la toma de decisiones sobre las operaciones forestales.

Una vez que dichas políticas se pongan práctica, los gobiernos deberán tener la voluntad política para hacerlas cumplir. Por su parte, los profesionales y la industria forestal deberán hacer todo lo posible para utilizar los bosques tropicales de modo contribuyan a las metas de desarrollo y simultáneamente aumenten el valor de los activos forestales que pasarán a las futuras generaciones.

Bibliografía

Appanah, S. y Putz. F.E. 1984. Climber abundance in virgin dipterocarp forest and the effect of pre-felling climber cutting on logging damage. *Malays. For.*, 47(4): 335-342.

Aulerich, D.E. 1995. Applying skylines to partial cuts in the tropics. Forest Engineering, Inc., Corvallis, Oregon, USA. 11 p.

Blakeney, K.J. 1992. Cable and helicopter logging for reduced damage. *In* Wan Razali Wan Mohd. *et al, Editors, Proceedings of the Symposium on Harvesting and Silviculture for Sustainable Forestry in the Tropics*, 5-9 October 1992, Kuala Lumpur, Malaysia, Kepong, Kuala Lumpur. P. 145-150.

Bertault, J.G., and P. Sist. 1995. The effects of logging in natural forests. *Bois et Forets des Tropiques* 245-5-13 (French) and 15-20 (English).

Borhan, H., B. Johari, and E.S. Quah. 1990. Studies on logging damage due to different methods and intensities of harvesting in a hill dipterocarp forest of Peninsular Malaysia. *Malaysian Forester* 50(1-2): 135-147

Bruijnzeel. L.A., and W.R.S. Critchley. 1994. *Environmental Impacts of Logging Moist Tropical Forests.* UNESCO, Paris, IHP Humid Tropics Programme Series, No. 7.224p.

Cedergren, J., J. Falk, A. García, F. Goh, and M. Hagner. 1995. Impact of selective logging on silvicultural values in a mixed Dipterocarp forest in Sabah, Malaysia. Paper presented at the IUFRO World Congress, 6-12 August 1995, Tampere, Finland (Proceedings forthcoming).

Dykstra, D.P., and R. Heinrich. 1992. Sustaining tropical forest through environmental sound harvesting practices. *Unasylva* 43(169): 9-15.

Dykstra, D.P., and R. Heinrich 1996. Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO. ISBN 92-5-303690-7, FAO, Roma.

Fiji Ministry of Forests. 1990. *Fiji national code of logging practice.* Ministry of Forests, Suva, Fiji. 58 pp. (más 7 páginas del folleto sobre la utilización de la sierra a cadena y sus concernientes medidas de seguridad).

Fox. J.E.D 1968. Logging damage and the influence of climber cutting prior to logging in the lowland dipterocarp forest of Sabah. *Malays. For.*, 31(4): 326-347.

Ghana Forestry Department. 1992. *Logging manual for forest management in Ghana.* Forestry Department, Accra, Gana. 13 pp.

Hamilton, L.S. 1988. Minimizing the adverse impacts of harvesting in humdi tropical forests. En: A.E. Lugo, J.R. Clark y R.D. Child, eds. *Ecological development in the humid tropics*, p. 191-235. Morrilton, Arizona, Estados Unidos, Winrock International Institute for Agricultural Development.

Hendrison, J. 1989. *Damage-controlled logging in managed tropical rain forests in Suriname.* Series on the Ecology and Management of Tropical Rain Forests in Suriname. Wageningen, Países Bajos, Wageningen Agricultural University. 204 pp.

Ibbotson, R. 1991. Tractor logging in the hill forests of Sarawak. Proceedings, *Forest Harvesting in Southeast Asia*, seminar held 17-20 June 1991, Singapore. Forest Engineering, Inc., Corvallis, Oregon, USA.p. 67-74

Johns, A.D. 1986 Effects of selective logging on the behavioural ecology of West Malaysian primates. *Ecology*, 67(3): 684-694.

Kollert, W., K. Uebelhor, and M. Kleinc. 1995. Financial analysis of natural forest management on a sustained-yield basis: *A case study for Deramakot Forest Reserve in Sabah, Malaysia.* Report 200, Malaysina-German Sustainable Forest Management Project, Sandakan, Sabah, Malaysia. 36 p.

Lai, F.S. y Norajiki, A.J. 1988. Some stream water quality characteristics of two small logged over watersheds in Selangor. *Pertanika*, 11(3): 461-468.

Ludwig, R. 1992. Cable crane yarding, an economical and ecologically suitable system for commercial timber harvesting in logged-over rainforests of the Philippines. *Proc. IUFRO Symposium on Harvesting and Silviculture for Sustainable Forestry in the Tropics*, Kuala Lumpur, Malasia, 5-9 octubre de 1992. 12 pp.

Marn, H.M. y Jonkers, W. 1982. Logging damage in tropical high forest. En: P.B.L. Srivastava *et al.*, eds. *Tropical forests: source of energy thorugh optimization & diversification*, p. 27-38. Informe de la Conferencia realizada en Penerbit Universiti Pertanian, del 11 al 15 de noviembre de 1980, Serdang, Selango, Malasia.

Nicholson, D.I. 1979. *The effects of logging and treatment on the mixed diperocarp forests of Southeast Asia.* Informe FO:MISC/79/8. Roma, FAO. 65 pp.

Poore, D., P. Burgess, J. Palmer, S. Rietbergen, and T. Synnott. 1989. *No timber without tress.* Earthscan, London. 252 p.

Schmidt, R. 1989. Tropical rain forest management. *Unasylva* 39(156): 2-17

La Compra de Madera por Adelantado: Una Nueva Visión Aplicada por FUNDECOR

Pedro González Chaverri[1]
Carlos Porras Salazar[2]

Resumen

FUNDECOR, una institución no gubernamental sin fines de lucro, creada para promover la conservación y uso racional de los recursos forestales dentro del Area de Conservación de la Cordillera Volcánica Central, en la actualidad cuenta entre otros, con el compromiso de brindar asistencia técnica y asesoría forestal a un grupo de 120 finqueros propietarios de bosques naturales de producción bajo el programa de Manejo de Bosque y 200 pequeños y medianos propietarios que desarrollan plantaciones forestales, de las cuales un 80% se realiza a través del Centro Agrícola Cantonal de Sarapiquí.

Recientemente, FUNDECOR firmó un contrato de préstamo por un monto de quinientos mil dólares (US $ 500,000.oo) con el International Finance Corporation (IFC) del Banco Mundial, para implementar un novedoso y moderno esquema financiero en el Sector Forestal costarricense, el cual se ha denominado "Compra de Madera por Adelantado".

Este nuevo esquema responde a las políticas nacionales de Desarrollo Sostenible y modernización del sector forestal que impulsa el Ministerio de Ambiente y Energía y representa una innovación tanto a nivel nacional como internacional.

El proyecto

Antecedentes

Conscientes de la falta de mecanismos financieros por medio de los cuales la actividad forestal productiva llegue a competir con los usos alternativos impuestos por las opciones agropecuarias, FUNDECOR inicia gestiones con el Banco Mundial para obtener un crédito que proporcione contenido económico al Proyecto de Compra de Madera por Adelantado.

Para el año 1996, se concreta el crédito y se establece un fideicomiso con el Banco Interfin de Costa Rica, a través del cual, serán formalizados y tramitados todos los Contratos de compra-ventas de madera generados con el desarrollo del Proyecto, al igual que los desembolsos de los montos a pagar.

Objetivos

El proyecto de Compra de Madera por Adelantado ha sido ideado para hacer posible que los dueños de bosques productores y de plantaciones forestales jóvenes puedan recibir ingresos económicos antes del año establecido para obtener sus cosechas.

Con esto, los propietarios cuando establezcan plantaciones forestales o manejen sostenibleme nte su bosque, podrán disponer de forma rápida de un monto de dinero que les permita mejorar el flujo de caja propio de su actividad principal, y de esta forma reducir, el riesgo de ejecutar el cambio de uso de su tierra por las presiones económicas.

FUNDECOR. Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central.
Puerto Viejo, Heredia, Costa Rica
Ejecutor del Proyecto.
1-2 Jefes de Proyectos del Departamento de Operaciones de FUNDECOR

En concreto está previsto incluir bajo estos esquemas a 150 propietarios de fincas ubicadas en el Area de Conservación de la Cordillera Volcánica Central (zona de influencia de FUNDECOR) en tres años a partir de 1997.

Sistemas de producción

♦ *Programa de manejo de bosque natural*

El modelo que aplica para los dueños de bosques de producción, les brinda a los propietarios un monto que oscila entre 75 y 125 dólares por hectárea como primer adelanto por la venta, a favor de FUNDECOR, de toda la madera en pie que autorice la Administración Forestal del Estado en el Plan de Manejo Forestal elaborado para cada una de las fincas.

La definición del monto está en relación a la ubicación de la finca, del volumen y número de árboles a extraer y de la proporción de maderas semiduras y suaves presentes en el bosque.

Bajo este sistema, se pretende evitar que los intermediarios, en la cadena de comercialización, compren la madera de los propietarios de bosques a bajos precios y sin especificar los plazos para su extracción.

Posteriormente, FUNDECOR vuelve a vender la madera buscando el mejor precio posible a través de subastas abiertas u ofreciéndola a la Bolsa de Productos Agropecuarios. Proporcionando aquí, información sobre la situación particular de cada finca en cuanto a ubicación, acceso y áreas efectivas; y respecto a las características de las maderas presentes, en relación al volumen total a extraer y los tipos especies forestales. Así como también, el eventual contrato legal a formalizar.

Una vez vendida la madera e iniciada su corta y extracción, FUNDECOR, hace entrega al propietario el monto total producto de la venta, descontándose el dinero entregado como adelanto, aplicándole un 11 % anual de interés (en dólares).

♦ *Programa de reforestación*

El modelo propuesto permite a los propietarios vender hasta un 20 % de la madera en pie que será cosechada durante el primer decenio del próximo siglo. Se pretende que los reforestadores comprometan unos 40 metros cúbicos (equivalentes a unas 12,000 PMT[1]) por cada hectárea plantada.

El monto a pagar por hectárea está en relación directa con la edad de la plantación (que determina además la cantidad de pagos), con el porcentaje presente entre especies semiduras y suaves y con la condición de acceso a la plantación, si es durante todo el año o sólo en época de verano. Lo anterior de la siguiente forma:

- Para plantaciones de tres años, el valor oscila entre: 42.5 y 94.5 dólares/Ha.
  (con 9 pagos anuales consecutivos)
- Para plantaciones de cuatro años, el valor oscila entre: 51.3 y 113.9 dólares/Ha.
  (con 8 pagos anuales consecutivos)
- Para plantaciones de cinco años, el valor oscila entre: 62.7 y 139.4 dólares/Ha.
  (con 7 pagos anuales consecutivos)
- Para plantaciones de seis años, el valor oscila entre: ... 78.3 y 174.1 dólares/Ha.
- (con 6 pagos anuales consecutivos)
- -Para plantaciones de siete años, el valor oscila entre: 100.6 y 223.5 dólares/Ha.
  (con 5 pagos anuales consecutivos)
- Para plantaciones de ocho años, el valor oscila entre: 134.5 y 298.8 dólares/Ha.
  (con 4 pagos anuales consecutivos)

La madera vendida deberá ser de la Calidad Promedio a producir. Sin embargo, se establece como requisitos mínimos los siguientes: trozas rectas y sin defectos de ningún tipo, no menos de un 80 % de trozas con diámetro mínimos de 40 centímetros en punta delgada y no más de un 20 % de trozas con diámetros mínimos de 30 centímetros en punta delgada con longitudes de 3, 6 y 9 metros.

Se entiende aquí como el "turno de corta", el momento en que la madera cumpla con la calidad descrita anteriormente. El turno de corta estimado para este tipo de plantaciones es de 15 (quince) años, por lo tanto, el compromiso del propietario para hacer la entrega de la madera vendida será cuando la plantación cumpla con esa edad.

Si después del turno previsto de quince años, la madera no se encuentra lista para ser aprovechada, se podrá aumentar el plazo de entrega por el resto de años requeridos hasta que esté madura, pero el propietario deberá entregar por cada año de atraso, un 5 (cinco) % más de la cantidad de madera vendida, porcentaje que aplica de forma acumulativa.

Formalización legal de la compra-venta

La compra-venta de madera se concreta a través de un Contrato Legal, el cual deben firmar las partes interesadas, compradora y vendedora. Este contrato hace referencia a los detalles antes mencionados de cada Programa y define claramente las responsabilidades y deberes que cada una de las partes tendrán, como son:

De parte de FUNDECOR:

- Depositar en el Banco Interfin los recursos que garanticen a los propietarios los pagos anuales ofrecidos .

[1] PMT = Pulgada Maderera Tica, unidad costarricense de medición de madera.

- Brindar la asistencia y supervisión técnica de forma gratuita.
- Respaldar la Regencia del Proyecto proporcionada por el Centro Agrícola Cantonal de Sarapiquí.
- Pagar los costos legales de formalizar el contrato compra-venta.

De parte del PROPIETARIO:

- Aceptar las condiciones establecidas en el fideicomiso FUNDECOR/BANCO INTERFIN.
- Entregar la madera vendida bajo las condiciones previstas.
- Acatar las recomendaciones técnicas realizadas a la plantación.
- Continuar brindando el mantenimiento planificado según el Estudio Técnico.
- Firmar, como respaldo por los pagos a recibir, un Contrato de Usufructo, o en su efecto una garantía prendaria, sobre la totalidad de los árboles plantados.

Proceso de incorporación de propietarios

La estrategia seguida se resume en realizar un primer contacto con el propietario, donde se le expone el detalle del Proyecto en términos técnicos, económicos, ambientales y legales. Esto se hace coincidir con una visita al campo donde se hace una evaluación sobre el estado general de la plantación o bosque natural.

Posteriormente se le hace entrega de un pequeño resumen en forma escrita y se le deja una hoja de registro, en la que queda indicada la cantidad de madera comprometida con FUNDECOR, el monto de dinero a percibir en el año o los años del proyecto (según Programa) y su esquema particular de pagos.

Se ejecutan algunas visitas adicionales para solventar dudas y después, si el propietario se decide, se procede a establecer una cita con un abogado y se formaliza el contrato.

Principales obstáculos

- El proyecto conlleva un componente ligado al cambio cultural de los propietarios. Esto significa para ellos analizar en forma crítica lo que tradicionalmente ofrece el maderero versus lo que ofrece FUNDECOR. Por esta razón FUNDECOR, ha entrado a jugar un papel competitivo con el maderero lo que requiere un proceso de convencimiento a los propietarios particularmente los de manejo de bosque. Además existe temor en los propietarios tanto de bosques como de plantaciones de enfrentar nuevas y diferentes alternativas de financiamiento.
- Previo a la implementación del esquema de COMPRA DE MADERA POR ADELANTADO, se debió desarrollar un agresivo programa de promoción y concientización. Esto hubiera permitido el involucramiento de una mayor cantidad de propietarios en las primeras fases de implementación. Sin embargo, es claro para el personal de FUNDECOR, que ese proceso no se desarrolló debido a la incertidumbre acerca del momento en que podría iniciarse la ejecución del proyecto así como el temor de crear en los propietarios falsas expectativas.
- Como esquema novedoso, para la implementación del proyecto se ha requerido la creación sistemas legales y administrativos de los cuales no había experiencia a nivel nacional. El desarrollo de estos sistemas demandó una inversión de tiempo más prolongado de lo previsto. Sin embargo, ese proceso de elaboración ha permitido iniciar en forma sólida y dar la pauta para el desarrollo futuro de proyectos similares en el área.
- Otra preocupación manifestada por los propietarios es el tipo de restricciones que el proyecto impone sobre la propiedad. Como garantía de que los dueños de bosques o plantaciones entreguen la madera vendida en el plazo pactado, FUNDECOR, solicita a los primeros una garantía denominada "usufructo", la cual básicamente consiste en que el propietario ofrece la totalidad de la producción.

Este tipo de garantía debe inscribirse en el Registro Público de la propiedad. Lo que permite prever que si la propiedad cambia de dueño, el comprador obtendrá la madera, independientemente quien sea el nuevo propietario de la plantación. Razón por la cual, se crea una restricción de tipo legal, en la propiedad que limita ofrecerla en garantía hipotecaria al sistema bancario nacional. Esto crea alguna reticencia en los propietarios .

Avances logrados

A seis meses de iniciado el proyecto se ha logrado incorporar a 9 propietarios (1000 Has) bajo la modalidad de compra de madera de primera cosecha en bosque natural bajo plan de manejo y a 7 propietarios (70 Has) bajo la modalidad de compra de madera con entrega diferida.

TREMA - Um Software para Planejamento da Exploração Florestal

Ian S. Thompson

EMBRAPA/CPATU-DFID
Rainforest Silviculture Research Project
C.P. 48, Belém, PA, Brasil

Resumo

TREMA é um software desenvolvido especificamente para facilitar o planejamento da exploração florestal no contexto do sistema silvicultural policíclico. O programa facilita a seleção de árvores a serem abatidas e a confecção dos mapas da exploração. O programa permite a tomada de decisões baseado no máximo de informações incluindo aspectos da legislação vigente, conhecimentos botânicos, ecológicos e silviculturais, levantamentos topográficos, inventários florestais, e dados econômicos conforme os objetivos de manejo.

A utilidade do programa é ilustrada através de tabelas e mapas produzidos. Outros exemplos mostram os procedimentos da seleção de árvores.

Introdução

O TREMA é um programa desenvolvido especificamente para facilitar o planejamento da exploração florestal, assim tornando o uso de práticas de manejo sustentável mais factível. Outras aplicações incluem o monitoramento, o gerenciamento de dados e o plane-jamento da coleta de sementes ou de produtos não-maderaveis.

O planejamento da operação da exploração florestal é um elemento chave do sistema de manejo sustentável. A exploração é o evento do maior impacto no ecosistema no ciclo de manejo. Ela determina o que está retirado da floresta ao qual preço, e o que permanece na floresta em qual condição. Uma exploração de baixo impacto é da maior importância em sistemas de silvicultura policíclicos. O melhoramento das operações da exploração merece destaque por seu potencial de alcançar um melhoramento significativo na sustentabilidade das práticas de manejo florestal.

A exploração de baixo impacto é alcançado quanto

- existe um bom planejamento antes das atividades,
- os operadores estão treinados nos procedimentos de derruba e arraste,
- há um controle (um sistema de retroalimentação positivo bem como negativo) efetivo durante as atividades para que o plano seja cumprido.

Há dois elementos distintos no processo de planejamento que na realidade devem ser integrados

- A seleção das árvores a serem abatidas tomando em conta critérios como espécie, tamanho, qualidade, distribuição espacial, etc. para atingir uma determinada intensidade

- A preparação do mapa logístico mostrando todas as informações necessárias para o planejamento, execução e controle das operações da exploração e para o manejo da área em geral

É um processo complexo cruzando aspectos silviculturais, ecológicos, e econômicos. O software, TREMA, foi desenvolvido para facilitar a seleção bem como o mapeamento.

A origem do software

A ODA (atualmente o DFID, Departamento para Desenvolvimento Internacional do Governo Britânico) apoiou o desenvolvimento do software, FROGGIE, para a apresentação do estado de conservação de espécies florestais em Gana. A software viabilizou a preparação de mapas do país mostrando as áreas de floresta e a distribuição da qualquer espécies baseado nos inventários disponíveis. Há possibilidade de fazer "zoom" de nível do país aos dados do inventário através da ligação entre os mapas e os bancos de dados.

A EMBRAPA-CPATU, com o apoio do Convênio que mantém com o DFID, iniciou o desenvolvimento do software dedicado ao planejamento da exploração florestal. Baseado na ligação de bancos de dados e mapeamento já existente em FROGGIE o objetivo era de fazer a seleção de árvores a serem abatidas no sistema policíclico aplicando critérios ao banco de dados e observando o resultado no mapa na tela do computador. Dois consultores da Universidade de Oxford, o Denis Filer e o William Hawthorne foram contratados para desenvolver o programa.

Em Costa Rica o CODEFORSA já estava usando softwares diversas para preparar os mapas usados em manejo florestal. Numa avaliação do sistema usado os consultores surgirem que o CODEFORSA pudesse beneficiar de um software dedicado às necessidades do sistema do manejo florestal sendo utilizado.

O TREMA (TREE MAPPING AND UTILITIES) está sendo desenvolvido pelos consultores em Oxford com a cooperação da EMBRAPA no Brasil e o CODEFORSA em Costa Rica.

TREMA

¿O que é?

O TREMA é um programa de DOS que roda na janela de DOS em Windows. Está escrita em MS FOXPRO e MS VISUALBASIC com arquitetura aberta facilitando a adição de outros módulos de interesse específico. Há compatibilidade entre outros formatos comuns como xls e dbf. Foi desenvolvido em inglês mas é fácil introduzir traduções em outros idiomas.

¿O que é que faz?

O programa funciona como um banco de dados tornando-os mais acessíveis com maior probabilidade a serem usados. A tabela 1 mostra alguns parâmetros específicos ao nível de espécies mas pode também entrar texto, assim incluindo características de madeira ou outros dados de interesse do usuário. O programa incorpora uma lista de espécies numa forma que promove a identificação correta de espécies.

O programa produz listas e tabelas de povoamento (exemplo em tabela 2). Uma simples lista taxonômica já pode indicar anomalias no plano de manejo, por exemplo uma elevada proporção de espécies de alto valor comercial. As tabelas de povoamento e da colheita são elementos fundamentais do plano de manejo.

O programa também produz mapas conforme as necessidades do usuário. Para gerenciar a colheita de sementes ou produtos não-maderaveis pode ser um mapa da distribuição de uma espécies (mapa 1). Para a planificação da transporte na exploração florestal pode ser um mapa mostrando a localização de árvores a serem reservadas e abatidas (mapa 2). Mas o mapa tem muitas aplicações. Pode produzir um mapa para o motoserrista mostrando as árvores ele tem de derrubar diariamente. A agência de controle pode produzir um mapa de uma amostragem de árvores a serem abatidas e reservadas segundo o plano de exploração para facilitar a vistoria. Há possibilidade de mapear qualquer parâmetro medido usando diferentes símbolos e cores para destaque. O mapa pode ser produzido em diferentes níveis, o Estado, o Município, a propriedade, o bloco de exploração, ou uma parte do bloco.

O programa tem opções para marcar as árvores a serem reservadas ou abatidas numa exploração do sistema policíclico. Alguns critérios são compulsórios, como reservar as espécies protegidas por lei (*Bertholletia excelsa* e *Hevea brasiliensis* no caso do Brasil) ou as árvores menor do diâmetro mínimo da corte (45cm no Brasil). Outros são opcionais como reservar as espécies com maior valor para produtos não-maderaveis ou reservar as espécies de baixa ocorrência no bloco. Há um critério para reservar um estoque mínimo de cada espécie baseado na informação fornecida por espécie. Assim a pesquisa pode aperfeiçoar a seleção indicando a população remanescente necessária para garantir a regeneração da espécie ou do ecosistema. O programa calcula um resumo a qualquer etapa da seleção (tabela 3) para orientar a seleção. Também da acesso ao resumo dos impactos de cada operação da seleção (tabela 4). A seleção deve continuar até a intensidade de corte previsto é alcançada. A etapa final é avaliar a distribuição espacial das árvores a serem abatidas ajustando a seleção para evitar clareiras grandes ou uma mal distribuição das remanescentes de alguma espécie. Isto é feito no mapa usando o "mouse" mas é registrada no banco de dados.

Os resultados esperados

- Melhoramento dos planos de manejo.
  O software é um ferramenta que facilita a seleção de árvores no sistema policíclico baseado nos conhecimentos disponíveis sobre as espécies e que promove a utilização de critérios conservadores visando a maior sustentabilidade do manejo.

- Melhoramento da execução dos planos de manejo
  A facilidade de apresentar informação em mapas ajudará o controle das operações na floresta. Também ajudará o monitoramento tornando a fiscalização efetiva.

- Transferência dos resultados de pesquisa.
  O programa é um modelo funcionando com dados limitados. Ajuda identificar as lacunas de informação, seja a identificação correta de árvores e o desafio de nomes vulgares, ou os conhecimentos dos sistemas reprodutivos de espécies ou os valores dos produtos.

- Maior integração de ecologia, silvicultura e economia na realidade do manejo florestal
  O programa promove a consideração dos três aspectos juntos e ajuda avaliar o impacto econômico de decisões tomadas em critérios ecológicos ou silviculturais.

- A primeira versão do programa está previsto para o final do 1997.

Reservas Extractivas de Madera Caída en la Península de Osa, Costa Rica: Metodologías de Bajo Impacto para el Manejo Forestal Participativo

Manuel Alonso
Ricardo Bedoya

FUNDACION TUVA
Apartado 54, Puerto Jiménez,
COSTA RICA
Teléfono: (506) 735-5013
E-mail: funtuva@sol.racsa.co.cr

Introducción

Dentro del contexto de manejo sostenible del bosque, han surgido una serie de opciones nuevas y diferentes, enfocadas a la producción de madera para cubrir las demandas de la sociedad, asegurando la permanencia de la cobertura boscosa y produciendo un mínimo impacto sobre los procesos naturales que en el bosque se llevan a cabo.

El presente documento es la descripción del aprovechamiento de madera caída naturalmente, dentro del proceso de renovación del bosque, desarrollado por el proyecto denominado Reservas Extractivas de Madera Caída (REMAC) en la península de Osa en Costa Rica, como otra herramienta de manejo de bosque natural y dirigido principalmente a zonas boscosas frágiles como corredores biológicos y zonas de amortiguamiento de Areas de Conservación, que sufren una alta presión de uso por parte de las comunidades aledañas.

En Costa Rica las áreas de bosque en su mayoría están en manos privadas y éstas no pertenecen a un solo propietario, sino que cada área está dividida en una serie de fincas que colindan entre sí. Es por esta razón que el proyecto desarrolló un modelo de trabajo incorporando a las comunidades dentro del proceso de manejo forestal, brindándoles apoyo financiero y técnico con metodologías prácticas, donde la producción maderera sea compatible con la conservación de la biodiversidad de forma tal que el campesino incorpore el manejo del bosque en sus actividades diarias.

El documento pretende dar una visión general y completo del proyecto REMAC, por lo que se presentan cuatro enfoques principales:

- La historia del surgimiento de REMAC
- Metodologías propuestas para el manejo
- Principales resultados obtenidos hasta la fecha
- El enfoque investigativo para los próximos años

Descripción general

Ubicación geográfica

El proyecto Reservas Extractivas de Madera Caída (REMAC), se encuentra en la región sur de Costa Rica, en la Península de Osa, distrito de Golfito, provincia de Puntarenas, dentro de la Reserva Forestal de Golfo Dulce.

En este momento REMAC cuenta con tres Unidades de Manejo, con características de vegetación, topografía y población distintas. La primer unidad es Río Piro (8° 24' N, 83° 20' O) con una extensión de 325 ha; la segunda unidad es Balsa (8° 27' N, 83° 23' O) con 770 ha y la tercer unidad corresponde a un pequeño sector de la Reserva Indígena de Guaymi (8° 36' N, 83° 31' O) y una extensión de 168 ha.

Fisiografía

Las unidades de manejo presentan una topografía diversa. Comparativamente entre ellas, Río Piro es la zona más apta en cuanto a topografía para el manejo forestal, pues presenta áreas de ondulación baja (menores a 20 % de pendiente) y pocos sectores de inclinación pronunciada (mayores al 60 % de pendiente) ubicados en las cuencas de ríos y quebradas. Guaymi posee pendientes variadas (entre 0 % y 100 %) y esta unidad de manejo se clasifica como de topografía intermedia, con algunas zonas para la protección absoluta o con severas restricciones de uso productivo. Por su parte, Balsa es la zona con mayores problemas por pendiente, alcanzando más de 100% en un alto porcentaje del área, reduciendo el manejo a filas y riberas de quebradas.

Los suelos de las tres unidades de manejo, según Watson y Divney (1992) son de clasificación Tropudult, de características de fuertemente ondulado.

Zona de vida

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1982), las tres unidades de manejo comprendidas por REMAC, se encuentra en bosque muy húmedo tropical (bmh-T).

Poblaciones con las que se trabaja

La población rural que rodea las unidades de manejo es distinta, a pesar de que la distancia entre ellas es de 50 km como máximo. A continuación se brinda una breve descripción de cada una y su origen:

- ***Unidades de manejo de Piro y la Balsa***

Estas zonas han tenido un proceso de colonización lento tanto de nacionales (principalmente de la provincia de Guanacaste al noreste del país) y extranjeros provenientes del norte de Panamá y Colombia, cuya motivación para poblar la zona fue la posibilidad de extracción de oro y una política nacional que fomentaba la invasión de tierras sin dueño, su deforestación e incorporación a las denominadas "tierras de producción nacional". El gobierno facilitó una serie de incentivos financieros (préstamos bancarios con bajos intereses) para el desarrollo de actividades como la ganadería y la agricultura.

Hoy en día, el panorama muestra una región cuyas zonas planas y costeras son dedicadas a la cría de ganado para carne y agricultura (principalmente arroz). En las áreas ubicadas en la fila montañosa existen pequeños parches de potrero y cultivos de productos agrícolas anuales de subsistencia, que ocasionalmente son para ventas en el mercado local. Lo anterior ha dado lugar a una región con poca cobertura boscosa, concentrado principalmente en las filas montañosas, donde algunos sectores poseen pendientes fuertes y son de alta fragilidad con uso netamente forestal.

- ***Reserva Indígena Guaymi***

Esta es una zona declarada por el estado en el año de 1985, bajo el decreto ejecutivo número 16310-G, para uso exclusivo de indígenas guaymies. A pesar de que anteriormente a este decreto existían algunas familias indígenas en el territorio, es a partir de él que comienza a ser colonizada paulatinamente por ellos, existiendo al menos unas 1 200 ha aproximadamente con cobertura boscosa no asignadas. El tipo de uso que se le da al suelo consiste en abrir zonas boscosas para la siembra de cultivos y granos básicos para consumo y en menor grado para venta en el mercado local. Existen potreros hechos por colonos que habitaron la sección Sureste antes de la declaración de Reserva Indígena, los cuales se mantienen con poco ganado, principalmente caballos que son muy usados en agricultura y como medio de transporte, tanto familiar como para el ingreso de alimentos y transporte de productos al mercado. Los claros de cultivos anuales (1-2 ha), son abandonadas a los 2 años, teniendo un descanso de unos 5 a 7 años antes de ser usados nuevamente. Hay en este momento unas 23 familias en toda la reserva y cada una cuenta con tierras asignadas de 50 ha como promedio de extensión, de las cuales la mayoría cuenta con un alto porcentaje aún con cobertura boscosa.

Antecedentes

Surgimiento, diseño y ejecución del proyecto REMAC

El proyecto piloto REMAC se planteó como la ampliación de los ensayos de desarrollo forestal participativo que se venían realizando de manera informal en el sector del Río Piro, con el fin de buscar soluciones prácticas hacia nuevos modelos de conservación y manejo forestal. El objetivo era el fomentar la asociación de pequeños productores, que pudieran generar recursos propios para financiar la protección de corredores biológicos a través de la estrategia del uso múltiple en zonas de amortiguamiento. De esta manera, la actividad forestal se planteaba como una actividad más entre otras destinadas a proveer ingresos adicionales a las familias locales. La fase pre-piloto fue iniciada en el valle de Piro en 1992 y se desarrolló con buenos resultados hasta finales de 1994. El proyecto inició la fase piloto con pleno financiamiento en el mes de enero de 1995.

El diseño se realizó utilizando el enfoque metodológico del Diagnóstico Forestal Participativo (DFP), una adaptación de las técnicas y métodos del Diagnóstico Rural Participativo (DRP). El proyecto fue diseñado y modificado muchas veces sobre la marcha a lo largo de varios años de actividades prácticas y de las iniciativas coincidentes entre los habitantes de esta zona y los técnicos del proyecto. Los

residentes locales se sentían frustrados por la falta de alternativas económicas dentro de las nuevas áreas protegidas, y en particular la situación del manejo forestal. Los propietarios de bosques se veían obligados a vender madera en pie a los industriales madereros que operaban en esta zona a precios muy bajos. Muchas veces el maderero no pagó la madera al campesino y se realizaban extracciones de materia prima muy por encima de lo acordado inicialmente con el propietario. Los propietarios que han tratado de dedicarse a la actividad forestal por ellos mismos para obtener mejores precios en los mercados locales, se enfrentaban a las prohibiciones y restricciones de las reservas forestales, así como la falta de recursos técnicos y financieros, por lo que siempre terminaban optando por trabajar como mano de obra barata para los mismos madereros que se aprovechaban de su ignorancia y los engañaban con toda clase de argucias.

Para tratar de corregir esta situación y tomando en cuenta que muchos campesinos poseían destrezas de trabajo forestal, se partió de la identificación y validación de estas tecnologías locales del manejo forestal y poco a poco se fueron desarrollando y mejorando de forma participativa los sistemas actualmente en uso. Al mismo tiempo se fueron obteniendo datos detallados sobre costos, recursos y mercados.

En 1992 y con una subvención de la organización alemana GEO, y bajo el nombre original de "Programa de Bosques Comunitarios", se iniciaron los trabajos de identificar y validar las formas tradicionales de manejo del bosque que pudieran tener un potencial para convertirse en mecanismos más amplios de conservación y desarrollo de base. Se realizó una revisión exhaustiva de los datos secundarios, compilándose más de 350 referencias bibliográficas y se realizaron entrevistas informales y colección de datos etnográficos con el fin de elaborar un mapa inicial de la ecología cultural de la región (Alonso-Martinez, 1993). Como parte de este proceso, se investigaron igualmente las supervivencias en técnicas de manejo de la vegetación secundaria (rastrojo) y en general la historia agrícola de la región, recogiéndose algunos datos desde la fase precolombina (Fase Aguas Buenas y Chiriqui). Además, se realizaron estudios de cartografía vegetal de la zona, utilizando fotografía aérea, transectos e inventarios en el bosque y observaciones de dinámica forestal utilizando un sistema de plataformas construidas especialmente en árboles emergentes del dosel del bosque en tres puntos altitudinales distintos. Finalmente se realizó un estudio de tenencia de tierras y caracterización socio-económica y cultural rápida de la población de vecinos del área y del resto de la zona de amortiguamiento de Corcovado.

Después de los dos años iniciales, entre 1992 y 1994, el modelo de trabajo sugería la viabilidad económica y ecológica del concepto de las reservas extractivas de madera caída con los siguientes características operativas: una extensión promedio de 325 hectáreas de bosque primario bajo manejo, un grupo de 5 a 10 propietarios y unos niveles de producción anuales con un máximo de 350 metros cúbicos y un mínimo de 200 metros cúbicos. Los datos obtenidos hasta ahora parecen validar la hipótesis de que el recurso de la madera caída es aprovechable y puede producir un rendimiento económico significativo si consigue establecer una capacidad empresarial y se mejoran las técnicas de extracción y procesamiento, así como los conocimientos de la dinámica forestal del bosque en el que opera la microempresa.

Al concluir la fase piloto a finales de 1996 se validaron los conceptos y las prácticas de las reservas extractivas de madera caída y se estableció que estas podrían funcionar en ciertos casos como un mecanismo apropiado para la conservación a través del uso económico de los bosques de Osa.

La Fundación Tierras Unidas Vecinales por el Ambiente (TUVA)

La Fundación Tierras Unidas Vecinales por el Ambiente (TUVA), promotora del proyecto REMAC en Osa, es una organización costarricense sin fines de lucro dedicada al desarrollo rural y la conservación de la diversidad biológica y cultural. Su misión central es la de facilitar programas que hagan compatibles la conservación de la biodiversidad con el desarrollo rural en la Península de Osa. Desde 1990, y con una infraestructura muy sencilla establecida en Puerto Jiménez y en el valle de Piro, TUVA ha venido fomentando alianzas vecinales y ejecutando diversos programas de desarrollo integrado en una zona de 2,500 hectáreas (25 km^2) que comprende bosques muy húmedos y ecosistemas costeros de gran importancia. Esta zona de influencia esta enmarcada en los 250 kilómetros cuadrados que comprenden la zona de amortiguamiento sudeste del Parque Nacional Corcovado.

La Fundación TUVA empezó sus trabajos en la región del valle de Río Piro, en el sector sureste de la Península de Osa en 1990, como respuesta a estos dos retos urgentes y unidos entre si: por un lado la rápida desaparición de los bosques y por el otro la falta de alternativas económicas para las poblaciones de las zonas de amortiguamiento o pre-parque.

Bajo el modelo de un refugio de vida silvestre mixto y la estrategia del manejo cooperativo de ecosistemas forestales y costeros, se maneja actualmente una extensión actual de 2,000 hectáreas en las que se han mantenido las ocupaciones económicas tradicionales y la estructura social existente, basada en los lazos de vecindad. TUVA ha ido forjando acuerdos con los vecinos para llevar a cabo un acceso compartido a los recursos de la reserva y para ensayar y fomentar actividades económicas nuevas y compatibles con la conservación y los intereses locales hacia la mejoría de la calidad de vida.

Metodologías propuestas para el manejo

Fase de planificación

En 1996 se realiza el primer plan de manejo para la extracción de madera caída en la Unidad de Manejo de Río Píro y en 1997, se concluyen dos nuevos planes de manejo en la comunidad de Río Oro (Unidad de Manejo Balsa) y en la Reserva Indígena de Guaymi.

La metodología es sencilla y se inicia con la medición y demarcación del área a manejar. Posteriormente se procede a la apertura de carriles usados para dos fines primordiales: el primero para la ubicación de los árboles encontrados en el censo y el segundo para la elaboración de un mapa topográfico en donde se planifican los caminos principales, delimitando además las zonas de protección y áreas de producción. Estos carriles se realizan cada 200 metros.

Durante la fase del censo, los árboles caídos son registrados en boletas de campo previamente elaboradas, en donde se toma información de producción (diámetros del árbol en tres secciones del cañón y su largo, especie, si es el árbol completo, solo parte o es una rama) y alguna información relevante para la etapa de investigación (como lo es posición con respecto a la pendiente y una categorización de la intensidad de dicha pendiente, posible causa de la caída, entre otras). Cuando una zona es censada por primera vez, se procede con identificar únicamente las especies comerciales aprovechables caídas, brindando un panorama del recurso con que se inicia y programar un aprovechamiento tal que se pueda determinar el ritmo de trabajo recomendado y poder generar entradas de dinero al grupo productor durante todo el año, sin que descuide sus diferentes labores en su finca. En los siguientes años, durante la fase investigativa (5 años), se realizarán registros de todos los individuos nuevos caídos durante cada periodo anual, tanto comerciales aprovechables, comerciales no aprovechables y no comerciales, para tener una idea del ¿por qué caen?, la relación con otras especies y cuánto es el volumen anual nuevo disponible por año. Cuando la investigación termine, el grupo productor llevará sus propios registros anuales únicamente de la madera comercial aprovechable encontrada.

Cada árbol medido en el censo, tendrá una placa identificadora, la cuál no es removida aún después del aprovechamiento, para los controles posteriores en la cadena de custodia.

En éste censo, cada árbol encontrado es registrado y ubicado en un mapa a una escala no superior a 1: 4000, que es utilizado por los encargados del aprovechamiento, durante la planificación de las actividades operativas de aserrío y extracción.

Antes de iniciar con las actividades de producción, los caminos planificados son verificados y demarcados en el campo, para su correspondiente habilitación y posterior uso.

Fase operativa

Se cuenta con un sistema de órdenes de madera procesada, en el cual se tramitan pedidos del cliente de una determinada especie. Con la cantidad de volumen solicitado y con base en registros, se asignan los árboles que serán aprovechados, siguiendo el criterio de tiempo de caído (árboles recién caídos tendrán baja prioridad si existen otros de la misma especie caídos anteriormente). Antes de aserrar, los árboles son evaluados superficialmente para determinar que su condición sea la correcta (no muy deteriorados por el tiempo) y decidir sobre el mejor acceso para su extracción desde el camino principal.

Una vez identificado el árbol y verificada su condición, se procede al aprovechamiento por medio de una motosierra con marco en donde se obtienen, ya sea tablas o bloques. Los bloques no son muy dimensionados, de manera que sean lo sufucientemente manejables durante el arrastre y el reaserrado con máquinas de mayor rendimiento (si es el caso).

El arrastre se realiza con búfalos de agua y bueyes. Los búfalos de agua trabajan individuales y con ayuda de un trineo metálico denominado "pipante". Sobre este se coloca la carga y ayuda a disminuir la fricción sobre el suelo. Por su parte los bueyes se trabajan de la forma tradicional, que es en parejas y adaptados con un sulky que ayuda a aumentar los rendimientos en distancia y la velocidad de arrastre.

El arrastre anteriormente se hacía mayormente con bueyes pues aún no se contaba con búfalos, sino hasta el año de 1996, y en este momento se comienza también a trabajar con él, pero únicamente en cortas distancias, cuando la cantidad de madera para arrastrar es poca y cuando las condiciones topográficas no permiten el trabajo con bueyes. En este momento se plantea el trabajo de arrastre en dos fases: búfalos en las pistas de extracción, donde la apertura en pocos casos en mayor a 1 m de ancho sin la necesidad de cortar ningún tipo de vegetación y la segunda fase los bueyes en los caminos principales, con ancho máximos de 2,5 metros y con pendientes bajas, abiertos para el transporte de la madera.

Incorporación comunal en las diferentes actividades.

Los trabajos se hacen con una participación máxima de los involucrados en el manejo en todas las fases (tanto de planificación como de producción), pues se considera que para que exista un compromiso por parte de éstos, se debe inculcar una independencia en la planificación y uso sostenible del bosque, fomentando la visión de pequeños empresarios.

Se realiza una pequeña capacitación en el uso de instrumentos y formularios y se da una explicación del porque realizar las diferentes mediciones. Se trata de que todos o al menos gran parte estén presentes en los distintos

pasos del proceso: demarcación del área la cuál ellos han definido anteriormente, apertura y medición de los carriles, censado de la madera, trazado y apertura de caminos, entre otras (turnándose los días de trabajo).

La participación de la comunidad es de gran importancia, pues ellos son indispensables en la etapa de planificación (conocimiento del terreno e historia de los principales acontecimientos ocurridos) y durante la fase de identificación de las diferentes maderas caídas (dendrología por medio de la madera), debido a su buen conocimiento práctico. Esto ha hecho que se contemple su participación en el presupuesto de elaboración del plan de manejo, valorando su conocimiento ya no sólo como instrumentos para que el ingeniero encargado pueda elaborar el documento, sino dando un mejor valor económico a sus conocimientos.

Resultados obtenidos hasta el momento

Reposición del recurso

Durante el primer censo realizado en la unidad de manejo de Piro en 1996, se presentaron 785 m^3 de madera comercial aprovechable, de los cuales 116 m^3 son maderas suaves con altos grados de descomposición por efectos de humedad e insectos, teniendo 669 m^3 de madera resistente a la intemperie y de buenos precios en el mercado.

En este año se completó el segundo censo, pero realizado no sólo sobre la masa comercial aprovechable, sino en las especies comerciales no aprovechables y las no comerciales. El resultado muestra un total de 589 m^3 de madera nueva en el suelo (1,7 m^3/ha), de la cual el 63 % (374 m^3) es madera comercialmente aprovechable. Sin embargo, existen dentro de esta última 64 m^3 de madera suave con los inconvenientes anteriormente descritos, por lo que potencialmente se pueden considerar 311 m^3 de madera dura.

En la figura 1 se muestra el resultado obtenido de la cantidad de volumen y número de árboles comerciales y no comerciales. Se puede apreciar que la mayor cantidad de individuos de encuentran entre las categorías diamétricas entre 20 cm y 60 cm, pero el mayor aporte volumétrico prácticamente es a partir de 70 cm de diámetro.

También, se determinó que la mayor cantidad de árboles caen desraizados (59%), teniendo al viento como mayor causa de las caídas.

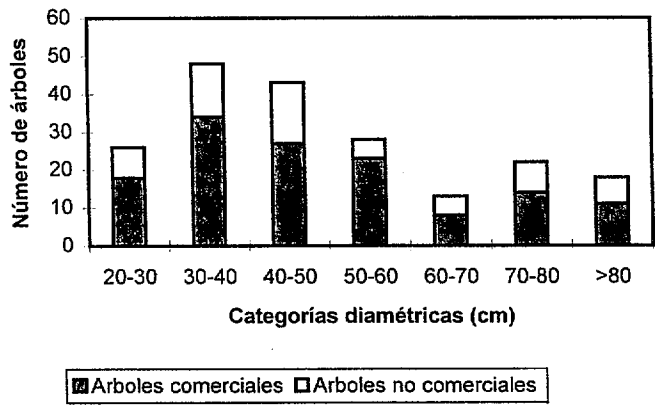


Figura 1a. Distribución diamétrica (considerando el diámetro medio del árbol) del número de árboles comerciales y no comerciales encontrados

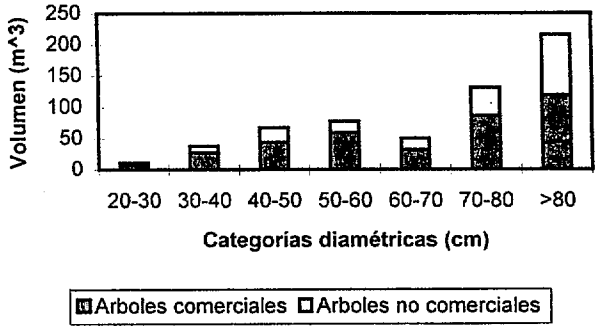


Figura 1b. Distribución diamétrica del volumen Comercial y no comercial

Costos de la actividad

A continuación, se realiza un análisis de costos directos de la producción basado en los registros elaborados por el proyecto desde 1993. Este análisis es completamente preliminar, sin embargo da una visión bastante acertada sobre la rentabilidad que se puede esperar del modelo propuesto y sobre todo permite una orientación hacia futuras decisiones a tomar.

En el cuadro 1, se presenta un resumen de los valores promedios brutos del costo de producción e ingresos tenidos hasta la fecha, de acuerdo al volumen producido por REMAC en la unidad de manejo de Piro, el cual es de 301 m^3.

Cuadro 1: costo e ingreso promedio obtenido por REMAC en la unidad de manejo de Piro desde 1996 hasta 1997

Descripción	Valor
Volumen de producción	301 m^3
Ingreso bruto promedio producto de las ventas	US$ 280/m^3
Costo bruto promedio de producción	US$ 114/m^3

El costo de producción anterior, no considera costos de valor añadido como lo son el costo por alquiler del bosque (que actualmente es de US$ 4,25/ha/mes) y la certificación. El cuadro 2 muestra el incremento sobre el costo de producción considerando estos valores.

Cuadro 2: costo e ingreso promedio obtenido por REMAC en la unidad de manejo de Piro desde 1996 hasta 1997, considerando la certificación y el alquiler del bosque.

Descripción	Valor
Volumen de producción	301 m^3
Ingreso bruto promedio producto de las ventas	US$ 280/m^3
Costo bruto promedio de producción	US$ 180/m^3

Cuadro 3: Mecanismos innovadores de incentivación: todos ganan

Las empresas forestales que trabajan en madera caída, al no talar árboles, funcionan con una base de recursos inelástica y por tanto con unos márgenes de beneficios bastante ajustados. Para lograr generar recursos adicionales que permitan a estas microempresas de productores el operar con mayor seguridad y con criterios de compatibilidad en zonas de alta diversidad biológica, se necesita poder comercializar además del producto primario de la madera aserrada, otros servicios del bosque.

Uno de los mecanismos innovadores que se han ensayado en REMAC PIRO para lograr estos recursos adicionales ha sido el comercializar mediante acuerdos con empresas privadas o organizaciones conservacionistas los servicios ambientales del bosque. En el caso concreto del contrato negociado entre REMAC-PIRO y la National Fish and Wildlife Service (NFWF), esta última, debido a su interés en la protección de hábitat boscoso para aves migratorias, ofreció pagar un 25% contra los ingresos de ventas de madera caída generados por los productores de REMAC. Contra cada $100 dólares en recibos de ventas presentados, la NFWF realiza un desembolso de $25. El contrato especifica que estos fondos deben usarse exclusivamente para ayudar a la empresa forestal en pagar los incentivos o alquileres que colocan a las fincas bajo manejo en dedicación exclusiva de extracción de madera caída. De esta manera REMAC consiguió ingresar US$8,000 adicionales anuales que pudo dedicar a pagar incentivos en forma de alquiler de fincas a sus socios, reduciendo sus costos de producción.

Al existir una compañía certificadora independiente que garantiza la viabilidad ecológica de la extracción de la madera caída de REMAC (Smart Wood en este caso), la NFWF se asegura que su inversión en el pago de los servicios ambientales del bosque esté garantizada por monitoreos independientes, mientras que a la vez esta inversión logra importantes beneficios sociales para los productores.

La ventaja de este esquema para ambas partes es evidente, pues la inversión de los productores en la certificación (normalmente muy costosa) sirve así para un doble propósito: la promoción en le mercado de dos productos diferentes como son la madera caída y los servicios ambientales.

Estos ensayos de acuerdos privados entre productores forestales y empresas u organizaciones conservacionistas interesadas en los servicios ambientales del bosque, trata de aprovechar las tendencias actuales de liberalizar las políticas forestales. Pero lo que es mas importante, muestra un interesante potencial hacia la socialización de los beneficios de la conservación, o dicho de otro modo, en la formación de áreas socio-ambientales, superando así una de las mayores deficiencias en política forestal actual.

Considerando los datos de los cuadros 1 y 2 y asumiendo un ritmo promedio de producción de 150 metros cúbicos (esto con base en el ritmo de trabajo tenido desde 1995), podemos crear tres escenarios, donde se considere la producción actual (150 m^3/año) y en otros dos se diminuya e incremente la producción de madera anual (90 m^3 y 300 m^3 respectivamente), se puede tener una visión general pero clara de la flexibilidad y potencialidades que se pueden esperara del modelo. Esto se muestra en la figura 2, y se han considerado los costos brutos promedios (insumos y salarios) sin incluir el incremento de incluir la certificación y el alquiler de bosques.

Considerando los resultados de la sección 5.1, nos muestra que el volumen comercial caído durante 1996 y 1997 es de 311 m^3 de madera dura aprovechable. Esto nos indica que es posible incrementar los beneficios económicos del modelo, sin disminuir la capacidad productiva del bosque.

Comparativamente con las otras dos unidades de manejo, Río Piro es la que presenta la mayor cantidad de volumen aprovechable por hectárea, por lo que es de esperar que en las otras unidades de manejo la cantidad de volumen que caiga anualmente sea menor a 375 m^3. Esto nos sugiere la necesidad de tratar de incorporar el volumen de maderas de menor valor con un mejor valor agregado, para elevar el punto de equilibrio entre costos e ingresos y disminuir con ello la cantidad de volumen requerido anualmente.

El incrementar las tecnologías y disminuir al máximo los desperdicios, puede lograr este incremento del valor mínimo.

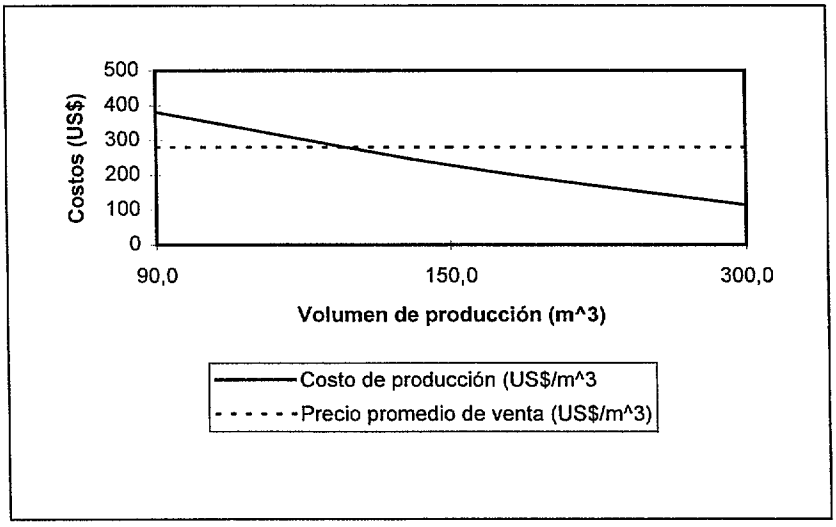


Figura 2: Reducción costos de producción con el incremento de la productividad anual. La línea horizontal indica el precio promedio por metro cúbico de venta en REMAC actualmente que es de US$ 280/m^3, en tanto la línea con pendiente negativa es el valor del costo por metro cúbico en US$ al incrementarse el volumen de producción. El punto de equilibrio entre los costos y ventas se encuentra aproximadamente a 125 m^3 de producción.

Beneficios

La idea general de REMAC, es hacer que pequeños campesinos con zonas de bosque en su finca se unan, logrando aumentar el área boscosa a manejar. El productor tiene tres opciones en su incorporación: hacerla como aportador de recurso, dándosele un valor por arrendamiento del bosque (US$ 4,25/ha/año) y con ello cede automáticamente su madera al grupo que trabajará con el recurso, los que trabajan en el proceso de aserrío, los cuales son los encargados de realizar el censo, mantenimiento de caminos, aserrío, transporte y venta de la madera. Estos devengan un salario mensual con la actividad de acuerdo al trabajo realizado más un porcentaje de las ganancias por la venta del producto y es una opción para brindar empleo a personas que tienen poco bosque o no tienen del todo y son residentes de la zona. El tercer caso es cuando una persona, además de aportar su recurso, trabaja con el grupo, obteniendo todos los beneficios descritos anteriormente.

Proceso de investigación

Para que realmente sea un plan de manejo, es necesario un monitoreo constante de los diferentes procesos para verificar y validar que lo planificado en el documento se cumpla.

Uno de los principales componentes en la fase investigativa del proyecto REMAC, es el poder determinar la mínima cantidad de volumen de madera aprovechable que cae anualmente.

Se han establecido tres unidades de manejo, para realizar estudios comparativos de importancia significativa entre ellas, las cuales poseen distintas condiciones ecológicas y socio-culturales.

Esta etapa recién está iniciando, por lo que únicamente se presenta una breve descripción de las principales actividades propuestas por el proyecto REMAC en las unidades, para lograr valorar este modelo de manejo sostenible de bosque.

Caracterización biofísica de las unidades de manejo

Es necesario contar con un estudio biofísico detallado, para realizar futuras comparaciones en diferentes sitios y poder extrapolar los resultados. La principal información a obtener comtempla el tipo de suelos, bioclima (hasta el nivel de asociaciones según Holdridge 1967) y pendiente junto con relieve del terreno. Además, con esta información se construirán mapas detallados del uso actual, capacidad de uso y de los conflictos de uso de la tierra.

Censo de árboles caídos

Esta actividad suministrará información sobre la dinámica de bosque estudiado y la cantidad de árboles y volumen caído anualmente.

Durante el proceso de investigación se determinará la cantidad de volumen e individuos en cada una de las siguientes categorías:

a) sin valor comercial actual o con problemas de aprovechamiento con el método utilizado,
b) comerciales no aprovechables (por forma, dimensiones o grado de descomposición) y
c) comerciales.

Junto a lo anterior, se deben realizar inventarios con una intensidad de muestreo aceptable sobre la masa boscosa con diámetros mayores a 60 cm de dap, para evaluar el volumen potencial a corto plazo y poder asegurar si las especies que han dominado las caídas anuales se mantienen y no existe un cambio estructural considerable, que pueda invalidar las conclusiones del modelo de manejo.

Se incluye además, un inventario sobre la regeneración establecida (entre 10 cm y 30 cm de dap), con el fin de poder determinar si la estructura sobre la cuál se están dando resultados, se mantendrá o no va a variar significativamente en el futuro (que no exista regeneración de una o varias especies deseables dominantes en el dosel superior actualmente).

Análisis de procesos socio-económicos de aprovechamiento y aserrío

El objetivo del proyecto REMAC plantea como principio el aprovechamiento de bosque con un bajo impacto, lo que prevé un manejo sostenible. Sin embargo, la sostenibilidad del sistema dependerá en gran medida de su rentabilidad. A pesar de que los ingresos percibidos a través del proyecto por los dueños del bosque no será el único, dado que ellos dispondrán de tiempo para realizar otras labores de su finca, si es importante estudiar detenidamente las labores de aprovechamiento y aserrío y llevar registros, de tal forma que se busque una optimización del proceso y así disminuir los costos de operación.

Determinación de Impactos del aprovechamiento de árboles caídos

Este componente se divide en impactos sobre la vegetación cercana al árbol e impacto sobre la fauna y microfauna.

♦ *Impacto sobre la vegetación*

Hartshorn (1980), muestra que las mayores alteraciones durante la caída de un árbol se dan en el área que golpea la copa. Las menores alteraciones se localizan en la parte intermedia del claro, a lo largo del tronco. Esta última es el área que más se altera al utilizar la motosierra con marco para aprovechar la madera caída. Este sistema de aprovechamiento, aunque respeta en buena parte la dinámica natural del bosque, podría tener impactos importantes en los siguientes aspectos:

- Destrucción de la regeneración establecida, principalmente en la zona de menor impacto natural a lo largo del fuste de los árboles caídos.
- Alteración de las características físicas del suelo, en especial compactación.
- Extracción de nutrientes, aunque aparentemente en grado mínimo.
- Alejamiento de la fauna, por presencia humana y ruido de la motosierra. Esto podría ahuyentar especies de aves y mamíferos importantes en la dispersión de semillas, lo cual eventualmente afectaría la composición de especies del claro.

♦ *Impactos en la macrofauna y microfauna*

Muchos de los procesos de aserrío y extracción de árboles caídos en el bosque, podrían afectar la actividad normal de especies animales e insectos, ya que forman parte del proceso natural de la dinámica del ecosistema boscoso, donde estos se descomponen y constituyen espacios para ciertas plantas y animales para alimentarse, reproducirse, descansar, desplazarse y refugiarse.

El objetivo es determinar el impacto de la extracción de los árboles caídos sobre la fauna silvestre y el impacto sobre poblaciones y comunidades de insectos que aprovechan este recurso.

Estudios sobre dinámica

Este componente pretende brindar conocimientos científicos sobre el comportamiento del bosque. Será evaluada desde dos perspectivas: dinámica del bosque y dinámica de claros.

♦ *Dinámica del bosque primario*

En el estudio de dinámica de bosque, se pretende contar con información sobre el crecimiento, la composición y el comportamiento. Se hará por medio de parcelas permanentes de muestreo (PPM) de una hectárea, medidas anualmente en los individuos con un diámetro a la altura del pecho (dap) igual o mayor a 10 cm, en donde se

tomarán los parámetros de: altura del dosel, altura comercial, dap, copa, posición sociológica, sanidad, forma y especie.

En cada parcela se establecerán aleatoriamente 4 subunidades de muestreo de 10 por 10 metros, para medir la regeneración establecida (de 1,5 metros de altura o 2,5 cm dap hasta 9,9 cm de dap), y dentro de cada subunidad de muestreo para la regeneración establecida se establecerán dos unidades de muestreo de 2 por 2 metros para el estudio de la regeneración no establecida.

- ***Dinámica de claros***

Para conocer la capacidad de recuperación del bosque cuando ocurren caídas naturalmente, se establecerán muestras representativas en claros de varios tamaños, seleccionados inicialmente por el dap del árbol caído, pensando en la existencia de una relación entre el tamaño de la copa y el largo del árbol con el dap, sin embargo después de la selección hecha en la oficina se procederá a realizar la medición del claro en el campo para ver si corresponde al tamaño deseado. En este se realizará la delimitación del claro, medición exacta del tamaño, el inventario de las especies presentes y una evaluación del grado de alteración sobre la vegetación (árboles quebrados, muertos, ilesos). Con los datos se elaborará un registro para luego hacer observaciones periódicas.

Consolidación de procesos

Producción

Es claro que el recurso disponible es limitado, por lo que se debe ir en busca de alternativas de bajo costo que aumente la eficiencia de los procesos y den un producto con el mayor valor agregado posible.

Actualmente, se incorporaron tres máquinas especiales fabricadas en el país y adaptadas con un motor Honda® GX160K1 con 5,5 HP, para mejorar los procesos de calidad en la madera. Así una cuenta con una cinta metálica para disminuir el desperdicio de madera en cortes para obtener tablilla de poco grosor, otra con una cepilladora para mejorar la calidad de las tablas y una con una cierra circular, que brinda gran rendimieto en cortes y acabados finales.

La idea además, es permitir que los finqueros inicien un proceso de fabricación de productos acabados con su madera e ir disminuyendo las ventas de madera en tabla, sustituyéndola por artesanías, muebles rústicos, aumentando así el capital de madera que se encuentran en sus bosques.

La necesidad de buscar mercados estables para los productos es evidente. Se necesitan mercados especiales, donde los precios sean justos y sean mercados donde la cantidad de madera solicitada no sobrepase la capacidad de producción del bosque, en el sentido de cantidad de volumen disponible de madera caída por año. La certificación en ese sentido juega un papel importante.

Además, el incorporar herramientas de bajo costo que permitan incorporar y alargar la vida de algunas maderas, que en este momento no son aprovechadas por el rápido deterioro que sufren en el campo. De esta forma, se visualiza la construcción de secadores solares hechos con materiales de bajo costo, que aumenten el volumen disponible anualmente.

Organización

En este aspecto, se hace necesario que exista una organización campesina sólida, que mejore la representatividad en los mercados. En muchas ocasiones, los intermediarios se aprovechan de los productores comprando individualmente, por ello un grupo de campesinos que eviten contacto con este tipo de personas, mejora los ingresos sustancialmente y les permite ingresar a mercados mas fácilmente. Sin embargo, se necesita una buena capacitación administrativa y selección de personas con buena iniciativa para ello.

Bibliografía

Allegretti, M.H. 1990. Extractive reserves: An alternative for reconciling development and environmental conservation in Amazonia, En Alternatives to Deforestation: Steps towards sustainable use of the Amazon Rain Forest. Columbia University Press, New York.

Alonso-Martínez, M. 1993. Ecología cultural y conservación en la Península de Osa. Unpublished paper.

Alpizar, E.; Watson, V; Alonso-Martínez, M. 1996. Plan General de Investigación del proyecto REMAC. Informe interno Fundación TUVA. San José, Costa Rica.

Browder, J.O. 1992. Social and Economic Constraints on the Development of Market-Oriented Extractive Reserves in Amazon RainForests. In Advances in Economic Botany, Volume 9, New York Botanical Garden, New York.

Clay, J. 1992. Some General Principles and Strategies for Developing Markets in North America and Europe for Non-Timber Forest Products: lessons from Cultural Survival Enterprises, 1989-1990. In Advances in Economic Botany, Volume 9, New York Botanical Garden, New York.

Corrales *et al.* 1988. Historia precolombina y de lo siglos XVI i XVII del sureste de Costa Rica. Ministerio de Cultura, San José, Costa Rica.

Donovan, R. Z. 1993. BOSCOSA: Forest Conservation & Management on the Osa Península, Costa Rica. San José, Costa Rica.

Fundación Neotropica. 1992. Evaluación Ecológica Rápida: Península de Osa, San José, Costa Rica.

Gordon, L. B. 1969. Anthropogeography and rainforest ecology in Bocas del Toro Province, Panamá. University de California Press, Berkeley.

Gillis, M. 1992. Economic Policies and Tropical Deforestation. In Advances in Economic Botany, Volume 9, New York Botanical Garden, New York.

Hartmann, H.; Alonso-Martínez, M. 1994. The Golfo Dulce Marine Environment. En prensa.

Hartshorm, G. 1980. La dinámica de los bosques neotropicales. En P.B. Tomlinson y M. H. Zimmerman (eds) Tropical Trees as Living System. Cambridge University Press, London.

Homma, A.K.O. 1992 The Dynamics of Extraction in Amazonia: A Historical Perspective. In Advances in Economic Botany, Volume 9, New York Botanical Garden, New York.

Nations, J.D.; Hinojosa, F.C. 1989 Cuyabeno wildlife production reserve. En Fragile Lands in Latin America: Strategies for Sustainable Development, Westview Press, Boulder.

Panayatou, T; Ashton, P.S., 1992 Not by Timber Alone, Island Press, Washington, D.C.

Pinedo, M. *et al.* 1992. Community Forest Reserves in the Peruvian Amazon: A Local Alternative for Sustainable Use of Tropical Forests. In Advances in Economic Botany, Volume 9, New York Botanical Garden, New York.

Salafsky *et al.* 1993. Can Extractive Reserves Save the Rain Forest? An Ecological and Socioeconomic Comparison de Nontimber Forest Product Extraction Systems in Petén, Guatemala and West Kalimantan, Indonesia Conservation Biology , March, 1993

Solorzano, Raúl. 1995. Breve diagnóstico y soluciones de corto plazo al sector forestal. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica.

Watson, V; Divney, T. 1992. Informe sobre el mapa de ordenamiento territorial de la península de Osa. Preparado para la Fundación Neotrópica y MINAE, San José, Costa Rica.

Regeneración Natural después de Cinco Años en Fajas Aprovechadas a Tala Rasa Valle del Palcazú-Perú

William Pariona Arias

Resumen

Actualmente con el casi agotamiento de maderas de los trópicos, debido a una explotación selectiva, el mercado nacional e internacional está aceptando un grupo más amplio de especies nativas, literalmente abriendo las puertas hacia un manejo intensivo de los bosques tropicales mixtos, que tienen un gran potencial de especies nativas que pueden ser aprovechadas en forma sostenida.

Las investigaciones de la última década están demostrando que los bosques tropicales son muy dinámicos, que existe una renovación rápida del bosque en los claros ocasionados por la caída de árboles grandes y su substitución por árboles jóvenes de rápido crecimiento. Uno de los componentes fundamentales de ésta renovación natural, es la dependencia sorprendentemente alta de las especies arbóreas del dosel superior, a la creación de aperturas naturales para su regeneración satisfactoria.

Teniendo como base estas investigaciones, en el valle del Palcazú se desarrolló una experiencia, mediante la cual se abrieron fajas "tala rasa", con la finalidad de inducir el establecimiento de una regeneración cuantitativa y cualitativamente suficiente para reemplazar los árboles aprovechados. Los resultados obtenidos sobre la dinámica de esta regeneración natural después de 5 años de haber repoblado estos claros, son analizados en los siguientes capítulos del presente estudio.

Zona de estudio

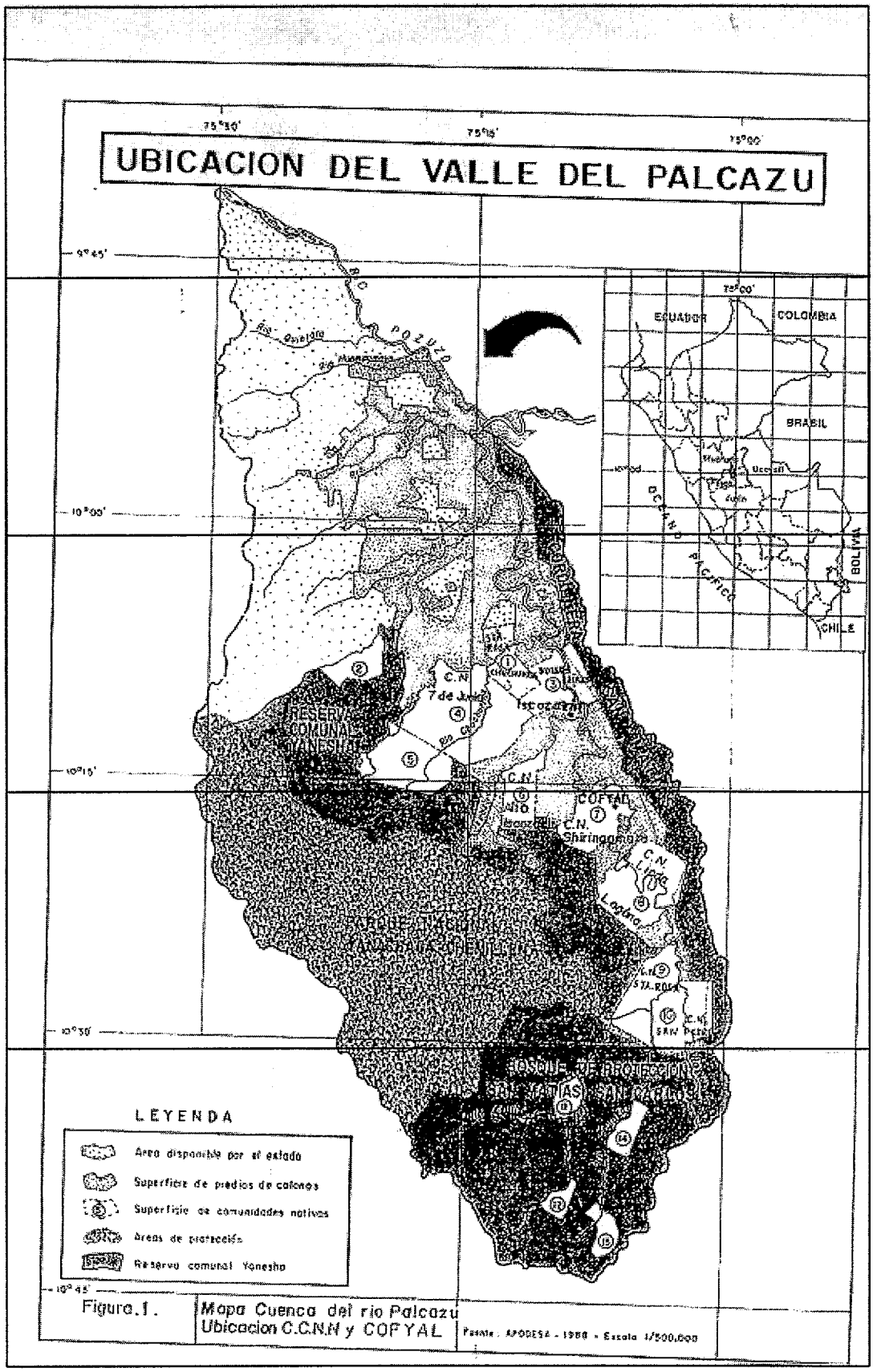
Situación geográfica

El Valle del Palcazú, es una de las últimas cuencas orientales de la Selva Central del Perú, ubicada en las estribaciones andinas, antes de llegar a la gran Hoya el Departamento de Pasco, Provincia de Oxapampa, Distrito de Palcazú, cuya capital es el Centro poblado de Iscozacín (Figura 1).

Clima

Según las estimaciones, basadas en mediciones tomadas en la Estación meteorológica del PDR-Palcazú (Iscozacín), el valle presenta una temperatura promedio anual de 23.6° C (1986-1988) y un porcentaje promedio de humedad relativa de 85%, (Chumpitáz,1988) El promedio de precipitación anual es 5,491 mm. (1985-1990), lo cual nos da una idea de las condiciones climatológicas difíciles que presenta el valle. Los meses de mayor precipitación, están entre Diciembre y Mayo, no existe un periodo seco definido, ya que las lluvias caen en cualquier época del año siendo menos frecuente entre los meses de junio a octubre.

Ministerio de la Presidencia
Instituto Nacional de Desarrollo
Proyecto Especial Pichis Palcazu
Pampa del Carmen S/N-La Merced-Perú


UBICACION DEL VALLE DEL PALCAZU
75°30'
75°15'
75°00'
9°45'
10°00'
10°15'
10°30'
10°45'
ECUADOR
COLOMBIA
BRASIL
BOLIVIA
CHILE
OCEANO PACIFICO
POZUZO
C.N. 7 de Junio
RESERVA COMUNAL YANESHA
C.N. Shiringamazu
COFYAL
C.N. Loma Linda
C.N. Sta. Rosa
C.N. San Pedro
BOSQUE DE PROTECCION PUISTAS SAN CARLOS
LEYENDA
Area disponible por el estado
Superficie de predios de colonos
Superficie de comunidades nativas
Areas de protección
Reserva comunal Yanesha
Figura.1.
Mapa Cuenca del rio Palcazu
Ubicacion C.C.N.N y COFYAL
Fuente: APODESA - 1988 - Escala 1/500,000

Aspectos edáficos y ecológicos

Los suelos del valle son notoriamente pobres, los arcillosos rojos de las extensas colinas onduladas son sumamente ácidos (pH 3.8 - 4.5), debido a la abundancia de aluminio; además son altamente lixiviados y consecuentemente casi desprovistos de los principales nutrientes como calcio, fósforo y potasio (Bolaños, 1984). Las terrazas altas no inundables con suelo franco-arenoso blancos, son menos fértiles que los suelos arcillosos rojos, éstas viejas terrazas no son utilizadas para cultivos tradicionales y por lo general tienen bosques primarios bien desarrollados.

De acuerdo al mapeo realizado en la zonas de vida (Bolaños y Watson,1981), el 85% del valle inferior se encuentran en la zona de vida bosque muy húmedo Tropical en transición cálida de la zona de vida, bosque muy húmedo- Premontano Tropical. Sin embargo, con los últimos datos de precipitación, juntamente con el promedio de la biotemperatura anual, la mayor parte del "piso del valle" se encuentra en la zona de vida bosque pluvial - Premontano tropical de acuerdo al sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge (J. Tosi, com. per.).

Vegetación

Las viejas terrazas aluviales con adecuado drenaje presentan un bosque primario alto (45 - 55 m) con una riqueza de especies de 175 a 200 por hectárea (mayor 10 cm. de DAP), diferenciándose de los bosques colinosos por tener mayor densidad de árboles pequeños, un dosel más bajo pero con grandes árboles emergentes (especialmente *Cedrelinqa catenaeformis*, Fabaceae, Mimosoidea) y una abundancia de árboles de "jebe" (*Hevea brasiliensis*, Euphorbiaceae). Una extraña anomalía es la poca presencia de palmeras en los bosques primarios del Palca-zú, posiblemente causado por la tradicional gran demanda de hojas de palmera para usarlos en los techados. El aguaje (*Mauritia flexuosa.* Arecaceae), es una palmera que se desarrolla en terrenos de pobre drenaje; sin embargo, en el valle casi no existen pantanales de palmeras llamada "aguajales" (Hartshorn y Pariona,1992).

Los volúmenes de madera se estiman en un promedio de 150 m3/ha (Onern,1982), con una riqueza y densidad florística impresionante, calculándose que existen por lo menos mil especies arbóreas (G. Hartshorn com.pers.)

Antecedentes de la actividad forestal

La ejecución del Proyecto Especial Pichis-Palcazú en Febrero de 1980 y la firma del convenio USAID - Perú para el desarrollo del Proyecto Manejo de los Recursos de la Selva Central, introduce a la zona conceptos y tecnología para el ordenamiento y aprovechamiento racional y sostenido de los recursos naturales.

En 1986, bajo el asesoramiento del PEPP y del CCT, se creó la primera Cooperativa Forestal Yanesha (COFYAL), constituida por Comunidades Nativas poseedoras de la mayor cantidad en extensión de bosques naturales, con la finalidad de elaborar planes de manejo forestal, para el aprovechamiento integral y sostenido de sus bosques naturales y darle un mayor valor agregado a la madera, ofreciendo productos industrializados como postes preservados, madera aserrada y carbón vegetal.

Metodología

Descripción del modelo de manejo

El plan de manejo aplicado en el Valle del Palcazú, denominado "Fajas a Tala Rasa" o sistema de "Fajas protectoras", es un modelo de manejo que imita a la naturaleza (claros naturales) abriendo largos y angostos cortes a tala rasa, dentro de un bosque primario (Tosi,1982).

En realidad cada corte es una faja de 25 a 35 m. de ancho, con una longitud determinada por la topografía, donde después del aprovechamiento, solamente quedan restos de ramas y hojas, que además de servir como colchón protector del suelo, crean un ambiente adecuado para la instalación de una regeneración natural proveniente de semillas del bosque alto circundante a la faja que no fue tocado y del rebrote de muchos tocones que quedaron después de la corta.

El distanciamiento de faja a faja en una misma época, no debe ser menor a los 200 m., esto principalmente con la finalidad de asegurar una continua fuente de semilla, mientras dure el repoblamiento natural de las fajas aprovechadas.

Este plan de manejo emplea sistemas silvícolas monocíclicos o sistemas que utilizan área y no volumen para calcular el Corte Permisible Anual.

Implementación del modelo de manejo

- ***Fajas de Investigación***

En 1985 el PEPP y el CCT establecieron dos fajas de investigación, con el objetivo de estudiar la dinámica de la regeneración natural, determinar el ancho óptimo de apertura, métodos apropiados de aprovechamiento y factibilidad ecológica y socio-económica (rentabilidad) de este sistema de manejo para bosques tropicales.

Estas dos fajas se encuentran ubicadas en Iscozacín, distrito de Palcazú, Provincia de Oxapampa, Dpto. de Pasco, 10°11'04" latitud sur y 75°10'00" longitud oeste. y a 325 m.s.n.m.; ecológicamente corresponde a la zona de vida bosque muy húmedo-tropical. La zona de estudio presenta un paisaje de relieve ondulado, suelo franco-arcilloso con una pendiente que oscila entre 10% y 35% y una elevación de 50 m. con respecto al río Iscozacin (Figura 2).

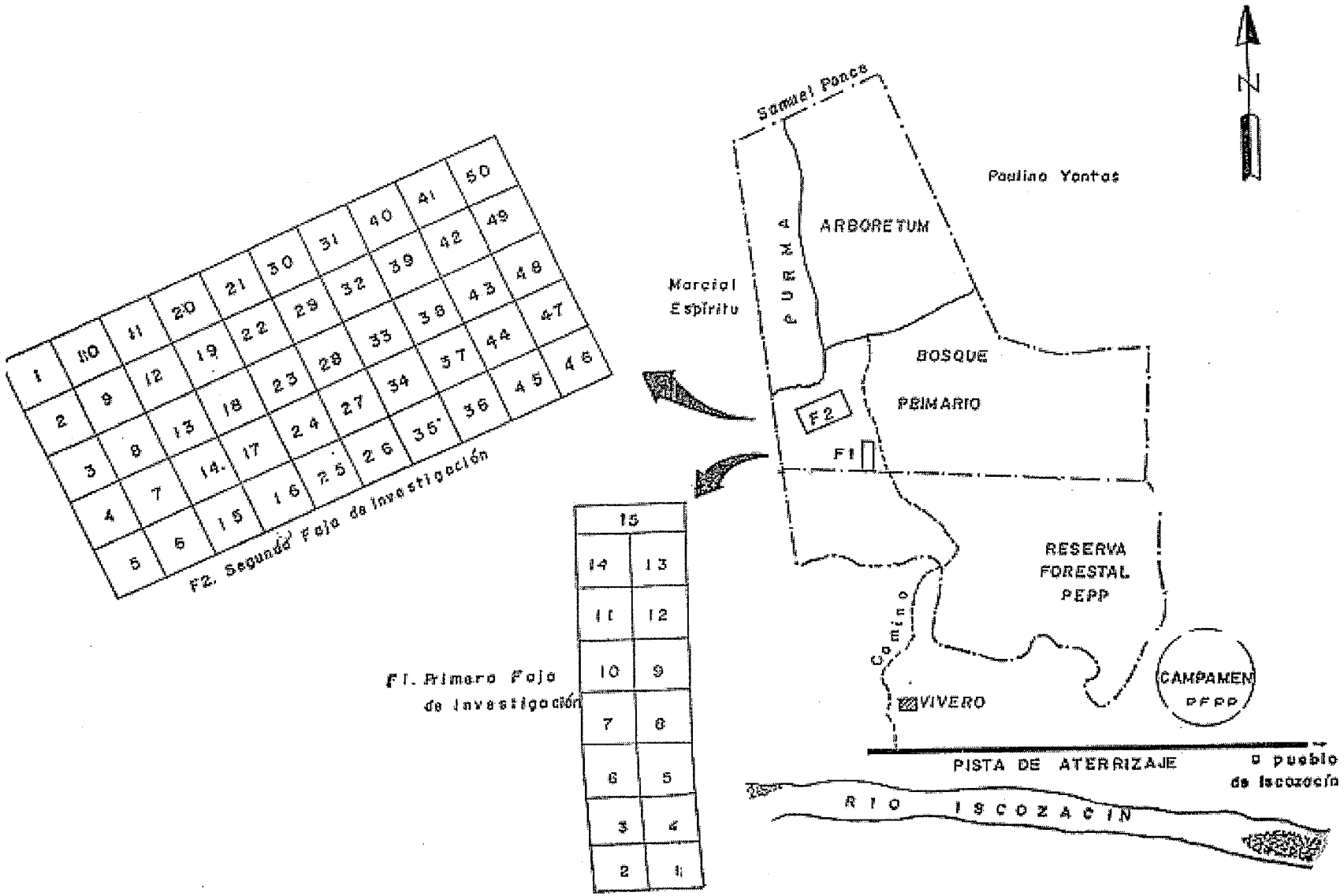


Figura 2. UBICACION Y CUADRICULACION DE LAS FAJAS DE INVESTIGACION. ISCOZACIN

Primera Faja de Investigación

Se estableció en Mayo de 1985, con una superficie de 20 m. por 75 m. (0.15 ha.) y una orientación aproximadamente de Norte a Sur.

Antes del aprovechamiento de esta faja se realizó un inventario completo, no solamente de los árboles que serian cortados (>10 cm de DAP), sino también del bosque primario periférico a la faja (>30 cm de DAP). Los resultados arrojaron un contenido de 97 árboles (>10 cm de DAP) y un estimado de volumen de 50.7 m^3. (Aspinall, *et al.* 1985). Estos 97 árboles estaban representados en 64 especies, 48 géneros y 28 familias.

Segunda Faja de Investigación

Se estableció en septiembre de 1985, con una superficie de 50 m por 100 m. (0.5 ha). El eje más largo tiene una orientación aproximadamente de 65° de azimut. El suelo presenta un buen drenaje y una ligera inclinación del 10 % similar al de la primera faja.

El completo inventario de árboles (>10 cm de DAP), de esta segunda faja demostrativa, incluye una área de 50 por 200 m. (1.0 ha), antes de su aprovechamiento. Los datos del inventario de toda esta área arrojó contenido de 586 árboles, con un volumen estimado de 267.5 m^3 y representado por 162 nombres comunes (Ulloa y Mau, 1986). Solamente se tumbó la mitad de esta área.

Evaluación e identificación botánica

La primera evaluación confiable de lá regeneración natural de estas fajas, fue realizada en 1987-88, para tal efecto cada una de las fajas fueron subparceladas 15 de la faja 1, que tiene 5 m. x 20 m. (Figura 2). El objetivo de la subparcelación, fue para favorecer el levantamiento de los datos y la ubicación de todas las plántulas inventariadas en ambas fajas. Durante esta evaluación también se realizó una liberación de bejucos y lianas y un manejo de rebrotes, el cual consistió en dejar 1 ó 2 rebrotes mejor conformados por tocón.

Todas las plántulas provenientes de semillas y de rebrotes mayores de 50 cm. de altura, fueron inventariadas y plaqueadas en orden correlativo, empezando desde el número 1, de la subparcela 1 para cada una de las fajas. Los datos tomados fueron; número de placa, número de subparcela, nombre común, DAP y altura de todas las plántulas mayores de 2 m.; de las plántulas provenientes de rebrotes, además se consideró el diámetro del tocón y el número de rebrotes. La identificación botánica de ambas fajas fue realizada por el Dr. Gary Hartshorn (Consultor C.C.T.).

La siguiente evaluación considerada para el presente estudio, fue realizada en 1991, tomando como base el inventario y la metodología empleada 1987-1988. Todas las plántulas de la regeneración natural de ambas fajas, consideradas anteriormente y otras plántulas nuevas mayores de 50 cm., fueron enumeradas y replaqueadas con placas de aluminio. La identificación botánica se continuo mediante la comparación con muestras botánicas identificadas en el Missouri Botanical Garden (recolectadas en los bosques circunvecinos de las fajas)

♦ *Fajas de Producción C.N. de Shirlingamazu*

Los bosques aprovechables de esta Comunidad Nativa, de acuerdo al Plan de Manejo diseñando, fueron demarcados en bloques de producción, rodales operables y fajas de corta. Las dos primeras fajas aprovechadas (FIII-Rodal 21 y FXI-Rodal 19), están ubicados en bosques de terraza alta con suelos profundos ácidos, de textura franco-arenoso, a franco-arcilloso, de color rojizo amarillento (Sanchoma et. al. 1986).

El bosque tiene una altura promedio de aproximadamente de 35 m. con algunos individuos de 45 a 50 m. y tiene muchas lianas con diámetros mayores de 10 cm. DAP que son los indicadores de un bosque virgen. Las familias con mayor número de especies considerando árboles y lianas son; *Fabaceae, Lauraceae, Sapotaceae* y *Burseraceae*, mientras hay escasez de las familias *Moraceae, Arecaceae, Annonaceae* y *Bignonaceae*, comparados con otros sitios de la Amazonía, estos patrones son típicos de bosques en suelos muy pobres (Gentry inédito).

La metodología empleada para la evaluación de la regeneración natural de estas fajas productivas, fue la misma que se empleó para las fajas de investigación. Para la identificación botánica de las especies de dudosa identificación, se contó con el apoyo del Dr. Alwin Gentry.

Resultados

Regeneración natural fajas de investigación

♦ *Composición*

Los resultados del último inventario (1991) de la regeneración natural de las dos fajas demostrativas, abiertas en los años de 1985-1986, realmente son sorprendentes, por el desarrollo alcanzado y por la gran mortandad de especies pioneras provenientes casi en su totalidad de semillas. La primera faja (2O x 75m) presenta 182 especies con 1172 individuos, y la segunda faja (50 x 100 m.) 3218 individuos con 259 especies. La riqueza de especies en ambas fajas continúa siendo muy abundante; en la primera faja, ésta riqueza está representada por casi el doble del número de especies encontradas en la regeneración natural antes del aprovechamiento y tres veces el número de especies aprovechadas.

En las subparcelas de 10 x 10 m, la riqueza promedio de especies arbóreas también es impresionante, 45 y sp/subparcela en la faja 1 y 34 sp/subparcela en la faja 2. El máximo número de especies arbóreas por subparcelas es significativo y casi similar en las 2 fajas, 68 y 61 respectivamente. Sin embargo el mínimo de 15 especies en la subparcela 27 de la faja 2, es muy inferior que el mínimo

de 29 en la primera faja. En efecto, el 38 % de las subparcelas de la faja 2 tienen menos especies arbóreas que la subparcela menos rica de la faja 1.

El ancho de las fajas parece afectar el número de especies arbóreas, esto puede observarse, en el casi similar número de especies, entre la primera faja y el anillo más externo de la segunda faja (26 subparcelas de 0 a 10 m. desde el borde forestal) con un promedio de 45 y 40 especies por subparcela respectivamente. Esta aproximación también está representada en casi las coincidentes curvas especies/área de estos grupos, aunque la riqueza de especies arbóreas es significativamente inferior, en las subparcelas de las anillos 2 y 3, ubicados entre los 10 y 25 m. desde el borde forestal, el promedio de 27 especies arbóreas por subparcelas, sigue siendo muy significativo.

Estructura

La estructura desarrollada por la regeneración natural es impresionante. Al tercer año las fajas presentaban una regeneración bien establecida y un crecimiento vigoroso el dosel estaba totalmente cerrado por hojas de especies pioneras como la *Cecropia sciadophylla, Cecropia montana* y *Vismia baccifera,* las cuales alcanzaban una altura máxima de 16 m. Era fácil caminar por las fajas regeneradas porque las ramas inferiores estaban muertas y porque la intensa sombra dentro de las fajas, no permitían el desarrollo de muchas plántulas de especies arbustivas y arbóreas.

Entre los cuatro y cinco años de edad, la regeneración natural de las dos fajas empezó a sufrir una gran mortandad de especies pioneras, la cual favoreció el desarrollo de especies de madera suave como: *Jacaranda copaia* y *Laetia procera* y también permitió que muchas plántulas de especies arbóreas entraran a formar parte de la regeneración natural, las cuales fueron incluidas en el último inventario realizado en 1991.

Densidad

La densidad de árboles jóvenes en promedio es 78 y 64 por subparcela y considerando solamente los mayores de 200 cm. de altura, hay 58 y 47 por subparcela en las fajas 1 y 2 respectivamente. Se puede notar una permanencia y desarrollo increíble de la regeneración natural y también el incremento de 25 nuevas plántulas arbóreas para la primera faja y 15 para la segunda, destacándose la aparición del "tornillo" (*Cedrelinga catenaeformis*), especie de gran importancia comercial en el Valle del Palcazú.

La más alta densidad presente en las fajas, ocurre en las especies de madera suave, *Jacaranda copaia (Bignoniaceae), Vismia sp. (Clusiaceae), Inaa aff thibaudiana (Fabaceae) y Laetia procera (Flacourtaceae).* Pero también es resaltante la presencia y abundancia de especies maderables como *Caryocar glabrum (Caryocaraceae)* con 29 en la faja 1 y 15 en la faja 2, *Cedrelinga catenaeformis* con 24 en la faja 1 y 4 en la faja 2 y de *Macrolobium qracile (Fabaceae)* con 23 y 40 respectivamente y varias otras especies maderables, ejm. *Ormosia coccinea (Fabaceae), Trichilia Pleeana (Meliaceae), Mezilaurus palcazucencis (Lauraceae), varias Inqa spp. (Fabaceae), Cariniana decandra (Lecythidaceae)* y muchas especies de *lauraceas.*

Dominancia

La dominancia de la regeneración natural en ambas fajas, presenta un incremento en el número de especies, en relación a los resultados de la evaluación realizada en 1987 -88 (Hartshorn, 1988). En la primera faja 14 especies conforman el 50% del valor de importancia y en la segunda faja 12 especies acumulan este mismo valor. Es interesante señalar que una especie maderable como es el *Caryocar glabrum* está presente dentro de las 14 especies más importantes de la primera faja.

La mayor concentración de dominancia en ambas fajas es debido a la *Jacaranda copaia,* con un valor de importancia muy similar. También cabe resaltar que la *Cecropia sciadophylla,* especie que en el segundo y tercer año tenía la mayor concentración de dominancia en ambas fajas, desapareció del "ranking" de las 20 especies más importantes de la faja 1.

En el "ranking" de las 20 especies más importantes de las fajas, 14 especies son iguales, incluyendo árboles pioneros del Valle del Palcazú y algunas especies comunes en los claros naturales del bosque primario, tales como *Leatia procera, Mollia stellaris* y muchas especies de *Inqa spp.*

Regeneración vegetativa

La regeneración vegetativa solamente por rebrotes de tocones, representa el 18% de la riqueza de especies arbóreas porcentaje similar en ambas fajas; habiéndose incrementado en un 4% en relación a los inventarios realizados en los años de 1987-88, (Hartshorn, 1988). Este incremento se debe principalmente a la mortandad de plántulas provenientes de semillas y no a la aparición de nuevos rebrotes de tocones. En la primera faja continúan vivos 182 tocones con 287 rebrotes y 627 tocones con 848 rebrotes para la segunda faja, representando el 17% y 20% del número de individuos de cada una de las fajas respectivamente. Asimismo cerca al doble, es el número de especies rebrotadas de tocones en la faja 2 (178) que en la faja 1 (97). Esta diferencia es debido probablemente a la existencia de 3.4 veces más, de tocones rebrotados en la segunda faja, que en la primera. Las *Fabaceae, Lauraceae y Sapotaceae* son las familias que presentan mayor número de tocones rebrotados.

Las especies representadas exclusivamente por rebrotes de tocones son generalmente maderas duras y pesadas, ejm. *Hymenolobium eleqans (Fabaceae) y Tabebuia obscura (Bignoniaceae)* en contraste, las especies de más rápido crecimiento, mayormente proceden de semillas y las pioneras son solamente de semillas.

Tomando en cuenta desde la evaluación realizada en 1987-88, es relevante la sobrevivencia de la gran mayoría de los tocones rebrotados, en la primera faja murió el 8% de 105 tocones rebrotados y en la segunda faja solamente un 4%.

Mortandad

La mayor mortandad de la regeneración natural está representada por plántulas provenientes de semillas; en la primera faja desde la evaluación de 1987 hasta 1991 existió una mortandad del 41%, mientras que en la segunda faja, la mortandad alcanzó el 53% de las plántulas provenientes de semillas.

Las especies que presentan el mayor número de individuos muertos son las pioneras, tales como la *Cecropia sciadophylla, Cecropia montana, Bellucia aequiloba, Vismia bacciferas, Miconia* sp.,las que presentan más de un 80% de mortandad en sus individuos. En términos generales, desde el inventario realizado en 1987-88, en la primera faja desaparecieron 14 especies; 13 provenientes de semilla y 1 de rebrote y en la segunda faja desaparecieron 18 especies, 12 provenientes de semillas y/o de rebrote.

A pesar que muchas plántulas de árboles han muerto por la intensa competencia en el proceso natural, sigue siendo alta la densidad de tallos que aún permanecen en las dos fajas, ofreciéndonos una excelente oportunidad de realizar intervenciones silviculturales para favorecer el crecimiento y desarrollo de las especies deseables, cuyo promedio final después de los raleos, serían de 5 - 8 árboles por subparcela.

Sin embargo aproximadamente los 2/3 y la mitad de las especies regeneradas, en cada faja respectivamente, continúan siendo representadas por plántulas provenientes solamente de semillas.

Regeneración natural en fajas de producción

Las primeras fajas productivas aprovechadas bajo el sistema de "fajas a tala rasa", fueron las de la comunidad de Shiringamazú, cuyos bloques de producción son los que se encuentran más cercanos a su planta de transformación.

En la primera faja productiva de 33 x 180 m. (0.59 ha.) aprovechada por la COFYAL, se cortaron las lianas y vegetación de sotobosque a mediados de 1,987. Los árboles menores de 8 pulgadas de DAP, fueron sacados en febrero y marzo de 1988 y el final de la extracción fue en febrero de 1989, continuándose con el aprovechamiento de la segunda faja cuya culminación fue en octubre de 1989.

La regeneración natural instalada en ambas fajas a los 12 y 18 meses respectivamente, presentaban una gran similitud en cuanto a su composición de las 20 especies más importantes, 12 de ellas son comunes para ambas fajas.

El mayor valor de concentración de dominancia en la primera faja III-R21 es debido a la *Jacaranda copaia*, con un valor de importancia muy similar a la segunda faja demostrativa (Iscozacín) a los 5.5 años de edad. A pesar de la gran riqueza de especies y la abundancia de árboles en estas dos fajas de producción, la dominancia están concentrada en un pequeño número de especies.

La estructura desarrollada por la regeneración natural de estas fajas también es impresionante. Los árboles más altos alcanzan los 12 m. y el dosel promedio 8 m. La gran mayoría de especies arbóreas del bosque primario, están presentes en la regeneración de estas dos fajas, pero se encuentran en el dosel inferior suprimidas por la sombra de especies pioneras como; *Alchornea triplinervia, Cecropia spp., Jacaranda copaia, Vismia spp.*, pero también existe una presencia de especies del bosque alto, que también ocupan el dosel superior *Cedrelinqa catenaeformis, Carapa quianensis, Tapirira quianensis, Gavarretia terminalis, Myrospermum sp. y Osteophioem platyspermum.*

El total de 1,953 plántulas para la faja FIII-R21 y 1,636 en la faja FXI-R19 realmente es impresionante, igualmente en la escala de las subparcelas 100 m², es abundante el promedio de plántulas arbóreas 92% subparcela y 77% subparcela respectivamente. El total de especies encontradas en ambas fajas es muy rico, 208 para la primera y 181 para la segunda.

El rebrote de los tocones cortados, también contribuyen con la riqueza de especies arbóreas en estas dos fajas productivas. En la faja III-R21 el 11% y en la otra el 9% de la riqueza de especies, están representadas solamente por rebrote de tocones, siendo un poco menor que lo encontrado en las fajas demostrativas.

Al igual que las fajas de investigación, la más alta densidad ocurre con árboles de especies pioneras, lo cual también nos ofrece una excelente oportunidad de realizar intervenciones silviculturales.

Conclusiones

La más importante conclusión ecológica de este modelo aplicado en el valle del Palcazú, es que los bosques aprovechados bajo el sistema de "fajas a tala rasa" prometen una excelente regeneración natural de cientos de especies de árboles nativos, demostrando lo altamente dinámicos que son los bosques y su dependencia a las aperturas para su regeneración.

El aumento en el número de especies después del aprovechamiento de las fajas, obviamente se debe a la presencia de muchas especies que no estuvieron presentes inicialmente. En el caso de las especies pioneras, ellas regeneraron casi en su totalidad, por semillas llevadas por el viento y animales de los bosques circunvecinos.

Las especies, con semillas más pesadas, probablemente llegaron de fuentes más cercanas o rebrotaron de los tocones. Sin embargo existen especies que no están presentes en los bosques vecinos, especulándose que las semillas de estas especies estuvieron en el suelo cuando se abrió el dosel del bosque o que llegaron en el sistema digestivo de algún animal o adherido a su cuerpo. En cualquier caso, el tiempo de la corta podría afectar hasta cierto grado la composición de la regeneración si coincidiera con la época de mayor fructificación de las especies de bosque primario.

Aunque la mortalidad natural, especialmente de las especies pioneras, es bastante alta, aun permanecen vivas miles de plántulas, creándose la necesidad de realizar intervenciones silviculturales para favorecer las especies más deseables.

La dominancia de la regeneración de las fajas por especies pioneras es esperada y probablemente necesaria ecológicamente. Los resultados de los análisis de las diferencias entre las subparcelas del interior de la faja y las que lindan con el bosque, si reflejan el efecto de la anchura y la orientación de la faja en la composición de la regeneración.

La evaluación de la regeneración natural de las dos fajas productivas de la C.N. de Shiringamazú, parece indicarnos que la duración del aprovechamiento también afecta en la riqueza de especies y en la densidad de individuos. El aprovechamiento de la primera faja duró más de un año, pero lo más interesante fue que la regeneración estaba representada en su gran mayoría por especies de bosque primario, presentando un porcentaje mayor que el de las fajas de investigación. Es probable que el mantenimiento de un dosel ininterrumpido por un período más largo creó condiciones más favorables para el establecimiento y regeneración de las especies menos agresivas o "no pioneras". Seguramente estas condiciones contribuyeron a la disminución de la densidad de árboles aproximadamente 8,000 pl/ha comparada con 12,000 pl/ha de las fajas demostrativas.

El valor de la importancia (abundancia relativa + área basal relativa + frecuencia relativa todo dividido entre tres y expresado en porcentaje) posiblemente junto con la riqueza de especies y los parámetros más usados en el manejo de bosques (área basal, densidad, volumen y otros, podría ser una herramienta valiosa para determinar el tiempo óptimo de iniciar trabajos silviculturales.

Se ha notado que el crecimiento de la regeneración natural en las fajas, especialmente de las especies de monte alto es poco significativo, originado principalmente por lo agrupado que se encuentran, compitiendo los unos a los otros en su lucha por obtener nutrientes del suelo y la insuficiente luz que reciben, porque el dosel superior conformado en su mayoría por especies pioneras, no lo permiten.

El plan silvicultural contempla intervenciones en la regeneración natural de las fajas. Una vez que los árboles jóvenes formen un dosel que permita trabajar (aproximadamente 5 años) se puede realizar raleos para crear una densidad óptima de árboles y favorecer el desarrollo de especies deseables. En general, la meta de estas intervenciones silviculturales es extraer material útil y vendible, a la vez mejorar la composición del bosque para que a los 40 años la faja tenga un volumen representativo de especies deseables y troncos de buena forma y calidad.

Recomendaciones

El seguimiento de las fajas de investigación es crítico para la determinación de las tasas de crecimiento y el comportamiento de ciertas especies bajo manejo forestal. No sabemos el efecto del tiempo de corta, sobre la regeneración de especies deseables en las fajas, con respecto a la fenología. La necesidad de modelos de crecimiento, estructura y composición de la regeneración de las fajas es enorme.

Bibliografía

Aspinall,W.; O.Mau Y., B.Ulloa Z. 1985, Inventario Forestal: Faja de Investigación 1 INADE/PEPP/PDR-PALCA-ZU/UDF, 48 Pags.

Bolaños, R. y Watson, C. 1981. Report on the Ecological Map of the Palcazú Valley (IN JRB. Associates, McLean, V1) Nppendix C.15 Págs.

Bolaños R.- 1984, Capacidad de Uso de la Tierra, Proyecto Palcazu, Perú. TSG Report ND 014-C, 10 Págs.

Chumpitaz M.- 1988, Creación e implementación de la Administración Técnica del Distrito Forestal de Iscozacín en la Cuenca del Río Palcazú. Tesis Ing. Forestal UNG-La Molina, Lima 250 Págs.

Hartshorn, G., R. Simeone y Tosi,Jr. 1987, Manejo para rendimiento sostenido de bosques naturales: Una sinopsis del proyecto de desarrollo del Palcazú en la Selva Central de la Amazonía Peruana. RíO Piedras, Puerto Rico: Institute of Tropical.

Hartshorn G. 1988, Natural Regeneration of Threes on the Palcazu Demostracion Strips. TSC. Forestry Support Program-AID, 32 Pags.

Hartshorn and Periong, 1992, Ecological Forest Management in the Peruvian Amazon: The Yanesha Forestry Cooperative in the Palcazú Valley (in press) 29 Pags.

Onern -1982, Inventario y Evaluacidn semi detallada de los Recursos Naturales de la Zona del Río Palcazú, Lima.

Srnchomn E, R. Simeone, M.Veliz y H. Vilchez. 1986. Plan de Manejo Forestal; Bosque de Producción de la Comunidad Nativa Shiringamazú. Informe TSC No 105-C. Iscozacín-Perú.

Tosi J. Jr. - 1982, Sustained Yield Management of Natural. Forestry Sub-Project, Central Selva Resources Management Project, Palcazú valley, Perú. Consultant Report pre pared for the office of Development Resources, USRID/Lima, Perú.

Ullon, B. y 0. Mau - 198b, Inventario Forestal: Faja de Investigación 2, INNDE/PEPP/PDR-PALCAZU. Report, 34 Págs.

Crecimiento de Cuatro Especies de Arboles de los Humedales Forestales del Litoral Pacífico Colombiano

Jorge Ignacio del Valle Arango

Departamento de Ciencias Forestales,
Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
Apartado Aéreo 1779, Medellín.
E mail: jidvalle@perseus.unalmed.edu.co

Resumen

El estudio y modelación del crecimiento de los árboles tropicales es un tema de gran importancia en varios campos de las ciencias biológicas, pero, en especial, en la demografía, la teoría sucesional y la silvicultura. La ausencia de anillos de crecimiento en muchas especies, o sus irregularidades en otras, ha conducido a un precario desarrollo de la epidometría en especies naturales del trópico húmedo. La investigación aquí acometida intenta hacer un aporte a los métodos de la epidometría y, en especial, al estudio del crecimiento de tres especies nativas de los humedales forestales turbosos del Pacífico Sur colombiano, localmente conocidos como bosques de guandal; son ellas: cuángare (Otoba gracipiles *(Smith) Gentry: Myristicaceae), cuña* (Swartzia amplifolia *var rigida Cowan: Fabaceae), pinde* (Pithecellobium latifolium *(L.) Benth.: Mimosaceae) y de tres morfoespecies aún indeterminadas conocidas con el nombre de guayabillo* (Eugenia *spp.: Myrtaceae).*

El problema

Gran parte de los estudios del crecimiento diamétrico de los árboles tropicales que no forman anillos anuales de crecimiento se ha basado en el seguimiento del diámetro normal o a "la altura del pecho" (D) de numerosos árboles cuyos diámetros se marcan y miden en el mismo lugar durante varios años. Por lo regular, se establecen clases diamétricas de amplitudes relativamente arbitrarias, pudiendo ser mayores las de las especies de mayor tamaño. Luego se promedia el crecimiento anual de los árboles que se encontraban en dicha clase al inicio del experimento. A partir de este punto se puede, bien estimar, o trazar una curva del diámetro en función del tiempo t (edad). Para ello se divide la amplitud de la primera clase diamétrica entre su crecimiento promedio, obteniendo su "tiempo de paso"; esto es, los años requeridos para que el "árbol promedio" atraviese la clase diamétrica menor; a ésta se le suman los sucesivos "tiempos de paso" de las siguientes clases diamétricas. De esta manera se van obteniendo los años acumulados para alcanzar los sucesivos límites superiores de cada clase diamétrica. Con base en estos puntos se puede trazar una curva a través de los puntos del diámetro en función del tiempo. A veces se armoniza una curva entre los crecimientos medios por clase diamétrica *versus* las marcas de cada clase, ya sea a "mano alzada" o mediante modelos matemáticos apropiados (Foggie, 1945; Miller, 1952; Keay, 1961; Prince, 1971; Bell, 1971; Misra, 1974; Dance y Malleux, 1976; del Valle, 1979, 1985; Rai, 1980; Enright y Hartshorn, 1981; Luna, 1981), entre otros. Pocos han empleado modelos compatibles de derivación-integración mediante los cuales se ajustan ecuaciones de la tasa de crecimiento diamétrica en función del diámetro ($dD/dt = f(D)$) los cuales, al integrarlos, producen una función $D = f(t)$ (del Valle, 1986; Vásquez, 1988; Chauchard, 1993; González, 1994); para ello se ha empleado la ecuación diferencial de crecimiento de von Bertalanffy (1976), también llamada de Richards y Chapman (Richards,

1959; Chapman, 1961). Hasta ahora pocos han registrado la varianza del crecimiento diamétrico o del área basal (Manokaran y Swaine, 1994; Alder, 1995; Contreras *et al.*, 1996), aunque sin consecuencias en el resultado final. Excepcionalmente (del Valle, 1996a) se han empleado los valores individuales del crecimiento diamétrico de cada uno de los árboles de la muestra, aunque Alder (1995) sí lo hizo con los incrementos en el área basal. Autores como Lieberman y Lieberman (1987) han optado por una aproximación no determinística sino estocástica y proponen un método que permite determinar la trayectoria mínima, máxima y mediana del diámetro en función del tiempo. Esta es una aproximación interesante pero tiene el inconveniente de que las tres curvas se juntan en el diámetro máximo presente en la muestra, no permitiendo estimar la edad de árboles de la misma especie pero de dimensiones mayores de los muestreados, aunque crezcan en el mismo bosque.

Las aproximaciones determinísticas descritas son deficientes cuando se trata de determinar la curva de crecimiento de los árboles de grandes dimensiones de una especie, empleando el crecimiento promedio de todos los brinzales, latizales y fustales contenidos en la muestra por cuanto la mortalidad natural tiende a ser mayor en los árboles pequeños con menores tasas de crecimiento. En relación con este asunto Manokaran y Swaine afirman, basándose en experimentos de muy largo plazo (1949-85, 1947-85) realizados en las selvas malayas, lo siguiente: *"Tanto en las parcelas de Bukit Lagong como de Sungei Menyala, la mortalidad fue significativamente mayor que el promedio en los árboles con incremento diamétrico negativo o que casi no crecieron y significativamente menor en los árboles de más rápido crecimiento"* (Manokaran y Swaine, 1994 pag. 61). Las tasas de crecimiento bajas y aun negativas aportadas por los individuos que mueren en estadios juveniles afectan las curvas del D = f (t) tendiendo a aumentar las edades requeridas para que los árboles alcancen un determinado diámetro. Si tal planteamiento es correcto, tendría sentido proponer que al construir la curva de crecimiento diamétrico de los árboles de grandes dimensiones, con base en la información de crecimiento aportada por árboles de la misma especie, desde brinzales hasta los árboles más grandes disponibles en la muestra, sólo deben tenerse en cuenta los ejemplares de crecimiento más rápido. Esta hipótesis no es nueva; ya había sido planteada por Nicholson en 1965 según cita tomada de Enright y Hartshorn (1981); pero surge la pregunta ¿cuáles son los árboles de mayor crecimiento? Según Whitmore (1975) Nicholson empleó para estimar la edad de los árboles más grandes de Sepilok, Sabah, sólo el árbol de más rápido crecimiento en cada clase diamétrica de 9,55 cm de amplitud con el fin de determinar la "edad mínima" requerida para alcanzar su diámetro máximo. La "edad promedio" la determinó empleando todos los árboles de cada clase diamétrica. Tal respuesta motiva entonces otros interrogantes como estos: ¿por qué sólo un individuo? ¿no habrá un procedimiento más adecuado? ¿qué verificación o validación da fuerza a tal procedimiento? En particular, la validación es una de las mayores falencias en este tipo de estudios (Alder,1995). Aquí se pretende abordar este tema empleando algunas especies de árboles que crecen en humedales forestales turbosos del delta del río Patía en Colombia.

Se conoce muy poco acerca del crecimiento de los árboles esciófitos cuyos individuos rara vez o nunca alcanzan el dosel y, por tanto, casi toda su vida transcurre en condiciones de penumbra. Ello se debe, muy probablemente, al poco interés que para la economía maderera tienen estas especies de tamaño pequeño, maderas densas, bajas tasas de crecimiento y, por lo regular, poco abundantes. En efecto, la gran mayoría de los estudios publicados se han concentrado en las llamadas especies comerciales de elevado valor económico y características contrastantes con el grupo antes mencionado; no obstante, las bajas tasas de crecimiento registradas para las especies del sotobosque y del subdosel, sugieren que algunos de sus ejemplares pueden ser tan o más viejos que los de especies emergentes; tal hipótesis se intentará verificar en esta investigación.

Materiales y métodos

Area de estudio

La información procede de los bosques de *guandal* del delta del río Patía en el Pacífico Sur colombiano. Aquí existen unas 125.000 ha de estos humedales forestales turbosos, en las llanuras de inundación localizadas entre los ríos del delta y la llanura mareal habitada por manglares (del Valle, 1996b). El clima ecuatorial con alta nubosidad durante gran parte del año sólo permite 3,6 horas diarias en promedio de brillo solar; la temperatura promedia anual es de 26°C con muy pocas variaciones mensuales. La precipitación en los sitios de muestreo, según las isoyetas, varía de 3.500 a 4.000 mm anuales; la humedad relativa promedio es 89% (del Valle, 1994).

Los suelos, son histosoles formados por capas alternas de turba y sedimentos; se clasifican dentro del suborden Tropofibrist y se encuentran permanentemente saturados de agua dulce producto de las lluvias y, por tanto, oligotróficas; estas aguas son de color marrón rojizo oscuro, negras en apariencia, por su alto contenido de sustancias orgánicas; sus pHs entre 3,7 y 4,5 son extremadamente ácidos (del Valle, 1996b).

Parcelas permanentes

La información acerca del crecimiento de las especies procede de 12 parcelas permanentes cuyos diámetros normales (D); esto es, medidos a 1,30 m sobre el suelo, se midieron cada uno o dos años entre 1984 y 1996, el área total de las parcelas suma 8,0 ha. En los árboles con D ≥ 10 cm se pintó una marca perimetral de color amarillo con pintura de alta calidad resistente a la intemperie, en lo posible de sólo un centímetro de ancho. Sobre esta misma

franja se ha colocado la cinta diamétrica metálica (0,5 mm de precisión), en todas las mediciones. Los árboles con D ≥ 10 cm de la parcela El Esterón 4 se midieron con Microdendrómetro Sueco y precisión de 0,01 mm. Los árboles se numeraron consecutivamente tanto con pintura como con etiqueta de aluminio cuando su tamaño lo permitió; en los más pequeños sólo se empleó la etiqueta. Los árboles cuyas dimensiones se encuentran entre 1 y 10 cm se midieron con calibrador digital (precisión de 0,01 mm); en éstos sólo se marcaron cruces en los puntos de apoyo iniciales del calibrador; sobre estos mismos puntos se efectuaron las mediciones todos los años. El diámetro mínimo de medición sobre todos los árboles de las parcelas fue de 10 cm en unas parcelas y de 5 cm en otras. Los árboles de tamaño menor se midieron en subparcelas contenidas dentro de algunas de las parcelas.

Selección de las especies

Se seleccionó la especie cuángare (*Otoba gracilipes* (Smith) Gentry: Myristicaceae) que, aunque es esciófita en su edad juvenil, como lo demostró Moreno (1996), emerge sobre el dosel y alcanza alturas hasta de 40 m y diámetros normales de 100 cm. También se seleccionaron cuatro especies o grupos de especies afines esciófitas cuyo tamaño casi nunca les permite llegar al dosel. Estas son: pinde (*Pithecellobium latifolium* (L.) Benth.: Mimosaceae), tres morfoespecies denominadas localmente guayabillo (*Eugenia* spp.: Myrtaceae) y cuña (*Swartzia amplifolia* var. *rigida* Cowan: Fabaceae). Pinde es una especie arbórea típica del sotobosque que rara vez sobrepasa los 15 cm de diámetro normal y excepcionalmente supera los 20 cm y 10 m de altura. Cuña rara vez sobrepasa los 25 cm de diámetro normal y excepcionalmente llega a los 35 cm y 15 m de altura. El complejo de tres morfoespecies denominado guabillo, comprende árboles cuya talla máxima es de 45 cm de diámetro y 25 m de altura; eventualmente estas especies pueden alcanzar el dosel, que en estos bosques se encuentra entre los 25 y 30 m de altura. Por sus tallas máximas se considera al pinde como especie del sotobosque, en tanto que a cuña y guayabillo del subdosel.

Cuángare es una especie de crecimiento relativamente rápido (del Valle, 1995) y muy abundante en estos bosques, al punto que en las asociaciones denominadas *guandal* mixto y cuangarial tiende a ocupar el primero o segundo lugar en cuanto a su índice de valor de importancia (del Valle, 1996b), es una especie de madera suave (densidad ± desviación estándar, ρ = 0,308 ± 0,050; n = 30 árboles muestreados en el corazón a 1,30 m sobre el suelo) intensamente explotada para emplearla en la industria de la construcción. Su estructura diamétrica en J invertida da cuenta de su carácter disetáneo. Su arquitectura monopódica muestra un fuerte control epinástico, característica que sólo tiende a perderse en algunos ejemplares emergentes. Estas fueron las razones para seleccionar la especie. Pinde, guayabillo y cuña, aunque más escasas que el cuángare, se escojieron por cuanto se encuentran entre las especies más abundantes e importantes entre las dicotiledóneas del sotobosque y del subdosel; pero además, parecen ser muy ubicuas. Las tres especies tienen maderas relativamente densas (Pinde: ρ = 0,608 ± 0,038; n = 12; Cuña: ρ = 0,598 ± 0,047; n = 10. Guayabillo: ρ = 0,668 ± 0,046; n = 10.) sus estructuras poblacionales tienden a ser disetáneas, crecen lentamente y revelan menor control epinástico predominando en ellas, por tanto, arquitecturas simpódicas.

Modelo de crecimiento

Se parte de la teoría del crecimiento expuesta por Ludwig von Bertalanffy en 1941 (Richards, 1959; Chapman, 1961), e incluida en su libro años más tarde (von Bertalanffy, 1976). Para von Bertalanffy el crecimiento surge de la oposición entre el anabolismo y el catabolismo (Fotosíntesis y respiración en los vegetales, respectivamente); o sea, los árboles crecen cuando la fotosíntesis supera la respiración. Estas dos variables se expresan como funciones alométricas simples

$$dD/dt = \eta(D)^m - \gamma(D) \qquad m < 1, \qquad (1)$$

donde:
dD/dt = tasa de crecimiento diamétrico, cm año^{-1},
D = diámetro normal, cm,
η = constante de proporcionalidad anabólica,
γ = constante de proporcionalidad catabólica,
m = constante alométrica del anabolismo.

González (1994) propone la siguiente expresión

$$dD/dt = \gamma'(D) - \eta'(D)m \qquad m > 1, \qquad (2)$$
$$con\ \gamma' = -\gamma,\ y\ \eta' = -\eta.$$

La variable tiempo o edad (t) resulta de la integración de las ecuaciones (1) y (2). En $m = 1$ existe una indefinición matemática denominada "muro de Gompertz" (Osumi e Ishikawa, 1983); ello se subsana haciendo m muy próxima a la unidad por exceso o defecto. Si se establece la condición inicial: $D = Do$ cuando $t = to$, entonces

$$D = A\ (1 - be^{-k(t-to)})^{1/(1-m)} \qquad (3)$$

donde:
$A = (\eta/\gamma)^{1/(1-m)}$, asíntota del diámetro, cm,
$k = (1-m)\gamma$,
$b = 1 - (Do/A)^{(1-m)}$,
$t \geq 0$ es la edad (años) asociada con cada diámetro (D),
Do = diámetro inicial en to, cm.

La forma de la curva depende del valor de m: si $m > 1$ la curva es sigmoidal, tipo logístico; en $m = 2$ se llama logística. Si $m < 1$ se llama tipo Mitscherlich y tiende a ser cóncava hacia abajo; en $m = 0$ se llama de Mitscherlich (Osumi e Ishikawa, 1983).

Con frecuencia sucede que en la muestra no se encuentran representados árboles de las mayores dimensiones de cada especie. Esta es la situación en los bosques

de *guandal* del presente estudio por cuanto han sido intervenidos intensamente para la extracción maderera durante las últimas cinco décadas (del Valle, 1993). Cuando esto sucede, la determinación de la asíntota basada en los estimadores de η, γ y m, obtenidos mediante regresión de los modelos (1) y (2), empleando árboles muy pequeños en comparación con el máximo local de la especie, puede producir grandes sub o sobreestimaciones. En estas situaciones, del Valle (1986) propone el siguiente procedimiento. En el mismo bosque se localizan y miden los árboles de mayor diámetro y que, de acuerdo con los habitantes locales, correspondan al máximo tamaño para la especie en el sitio; también es posible encontrar esta información en los registros de inventarios confiables realizados en el mismo bosque. Estimada la asíntota se procede así:

si $A = (\eta/\gamma)^{1/(1-m)}$, entonces $\gamma = \eta(A^{m-1})$; luego

$$dD/dt = \eta(D^m - A^{(m-1)} D), \qquad (4)$$

donde:
A = diámetro del árbol de mayor tamaño conocido en el bosque, el cual se asume como asíntota.

Con base en datos de inventarios y otras observaciones llevadas a cabo en los bosques de *guandal*, se obtuvieron las siguientes asíntotas para el diámetro normal: cuángare 100 cm, guayabillo 45 cm, cuña 35 cm, pinde 21 cm. Reemplazando estos valores en el modelo (4) se estiman η y m por mínimos cuadrados mediante regresión no lineal.

Algunas parcelas se han medido durante 12,5 años (El Esterón 1) en tanto que otras sólo durante año y medio a tres años (Guabillales, San Isidro, El Esterón 3); para hacer más comparable la información de crecimiento se ha fraccionado el aporte de los árboles de cada parcela entre un mínimo de 1,2 años y un máximo de cuatro años. De esta manera cada árbol de las especies seleccionadas presente en la parcela El Esterón 1, por ejemplo, y que sobrevivió los 12,5 años, aportó cinco registros independientes: 1884/85, 85/88, 88/90, 90/94, 94/96. Tal fraccionamiento, además de homogenizar el aporte de las diferentes parcelas, está más de acuerdo con el cálculo diferencial que requiere que los Δd y Δt sean pequeños como para poder asumir las tasas de crecimiento anual diamétricas como dD/dt.

Con base en el método descrito se calculan las curvas de crecimiento de las cuatro especies en estas cuatro formas: **1.** Con los registros individuales aportados por todos los árboles; **2.** Con todos los registros de los árboles individuales a partir de la clase diamétrica de 30 cm en que los árboles superan el dosel (cuángare), o se pueden considerar "adultos" para las demás especies: 12 cm para cuña, 6 cm para pinde y 10 cm para guayabillo. Mediante las ecuaciones de las estructuras diamétricas, se determinó el número de árboles por hectárea para éstos diámetros resultando para las cuatro especies 9, 3, 6 y 4 árboles ha^{-1}, respectivamente. Para las clases diamétricas inferiores a los límites previamente definidos, sólo se tuvo en cuenta la proporción correspondiente de los registros seleccionándolos por su mayor crecimiento. Así, por ejemplo, para la clase 30 cm cuángare, arrojó en una hectárea 9 árboles; para la clase 25-30 cm se tendrían en cuenta, entonces, sólo los 9 árboles; ha^{-1} de mayor crecimiento y no los de 11 restantes de la estructura diamétrica; pero como en esta clase hay 256 registros de crecimiento, este número equivalió a 209 registros seleccionados entre los de mayor crecimiento. De igual manera se procedió con todas las clases menores al límite establecido y para todas las especies. Este procedimiento se denominará en lo sucesivo árboles de mayor crecimiento; **3.** Con los promedios por clase diamétrica de todos los árboles ponderados por el número de registros que aportan a cada promedio; **4.** Con los promedios más la desviación estándar por clase diamétrica.

Validación

Se propone llevar a cabo una validación del método con base en las cuatro especies incluidas. Para ello se determinó la edad con C^{14} a muestras de madera extraídas del centro anatómico de secciones transversales en torno de 1,30 m sobre el suelo, o cuando el diámetro se normalizó si había contrafuertes en la base. Las muestras fueron cilindros torneados de 1,2 a 2,0 cm de diámetro y de 25 a 35 cm de longitud, cuyos pesos secos a 100 ± 1 °C oscilaron entre 30 y 90 gr. Este procedimiento permite determinar la edad de árboles cuya madera más antigua contenida en la sección se formó antes de 1950; esto es, la edad antes del presente (año de 1950). Cuando la madera se formó después de este año se empleó el llamado "efecto de las bombas" producido por las explosiones nucleares superficiales efectuadas en las décadas de los cincuenta y los sesenta 404 en esta última década según Worbes y Junk (1989). Estas explosiones aumentaron el contenido de C^{14} en la atmósfera alcanzando su máximo en el hemisferio norte entre 1963 y 1965 (Stuiver *et al.*, 1981; Worbes, 1995; Worbes y Junk, 1989). A partir de este punto nuevamente el contenido de C^{14} declinó. Entonces, determinando en una muestra extraída del centro del árbol su concentración de C^{14} (% moderno) y comparándola con los contenidos publicados para la evolución de estas variables en la atmósfera a partir de 1950, se determina la fecha de formación de esa madera y, por tanto, la edad del árbol debido a que la madera contiene C^{14} en igual proporción que el contenido de este isótopo en la atmósfera en el momento de su formación. Ahora bien, a una determinada concentración de C^{14} (% moderno) en la madera formada después de 1950, le pueden corresponder dos fechas diferentes por cuanto puede intersectar en dos puntos la curva del C^{14} atmosférico. Esta duda se resolvió determinando la concentración de C^{14} (% moderno) de una segunda muestra paralela al cilindro central de cada sección, pero situada unos 1,5 a 2,0 cm del centro. Ello

permite dilucidar cuál es la edad correcta en las edades posteriores a 1950. Pero, también, son una importante ayuda en muestras cuya madera se formó antes de esta fecha. El pico de C^{14} (% moderno) es mayor en las altas latitudes que en el trópico y mayor en el hemisferio norte que en el sur (Worbes y Junk, 1989; Stuiver *et al.*, 1981); no obstante, como lo revelan las curvas de Stuiver *et al.* (1981), estas se juntan a partir de 1970. Para la datación se empleó la misma curva utilizada por Worbes y compañeros, tanto para el trópico sur en la Amazonia cerca de Manaos (Worbes *et al.*, 1992; Worbes y Junk, 1989) como en el trópico norte en las sabanas de Venezuela y en Costa Rica (Worbes, 1995; Worbes y Junk, 1989) la cual se extiende hasta 1980. A partir de este año y hasta 1994 se completó la curva con los datos gráficos de ΔC^{14}(‰) correspondientes a Fruholmen, Noruega, la cual presenta continuidad con la anterior, pero correlacionándola con los datos tabulares de Smilde, Holanda, para conservar las variaciones anuales según información publicada por Meijer *et al.* (1995). ΔC^{14}(‰) se transformó en C^{14} (% moderno) mediante la ecuación:

$$C^{14}\ (\%\ moderno) = (\Delta C^{14}\ ‰/10) + 100;$$

Los análisis de C^{14} fueron realizados por el laboratorio *Beta Analytic Inc. de Miami, USA*, mediante la técnica radiométrica convencional: pretratamientos por lavado con alcali-ácido-alcali y síntesis final del benceno al que se le determinó el contenido de C^{14} en un espectrómetro de destellos (*Scintillation spectrometer*). El laboratorio empleó la dendrocalibración de Pretoria (Vogel *et al.*, 1993) para transformar las edades AP en AD (*anno domine*) o edad calendario.

Selección de los árboles para análisis de C^{14}

Para el cuángare se seleccionaron de las parcelas permanentes de El Esterón seis de los árboles de mayor diámetro. En cuanto a pinde, guayabillo y cuña se seleccionaron de a cuatro: ocho en la parcela El Esterón 1, uno en El Esterón 2, uno en guabillales y dos en el área de El Esterón fuera de las parcelas, buscando también los de mayores dimensiones.

Resultados y Discusión

Existen cuatro ecuaciones de regresión de las tasas de crecimiento, correspondientes al ajuste del modelo 4 para cada una de las cuatro especies; ellas son: **1**, para todos los registros sin agrupar; **2**, para los árboles de mayor crecimiento; **3**, para los registros promediados por clase diamétrica; **4**, para el promedio por clase diamétrica más la desviación estándar. A pesar de la amplia dispersión observada en los registros de crecimiento, y aún en sus promedios por clases diamétricas y en las desviaciones estándar, 9 de las 16 regresiones fueron estadísticamente significativas ($p < 0,01$). En todos los casos la regresión que empleó el promedio de datos por clase diamétrica ponderada por el número de registros aportados mostró los mejores ajustes por cuanto explicó desde cerca del 81% de la varianza en el pinde hasta más del 98% en el cuángare. El resultado es lógico por cuanto el promedio disminuye en gran medida la varianza asociada con el crecimiento dentro de cada clase diamétrica. Mientras en cuángare y en guayabillo sólo las segundas regresiones no fueron significativas, en cuña fueron significativas la segunda y la tercera y en el pinde la única que resultó significativa fue la tercera; en las demás, su coeficiente de determinación fue cero, reflejando el peor ajuste del modelo entre las cuatro especies.

La amplia dispersión de los registros de crecimiento individuales con crecimientos positivos muy altos e, inclusive, con crecimientos negativos, podría contener algunas observaciones extremas (*outliers*) y, por tanto, posibles de descartar desde la perspectiva estadística; ello no se hizo por cuanto la aleatoriedad de los errores implica que si se descartan los valores negativos la regresión se sesgaría hacia tasas de crecimiento mayores; además, el análisis cuidadoso de las mediciones sucesivas de los árboles que produjeron esos registros revelan que son coherentes y confiables.

La integración de las ecuaciones de tasas de crecimiento producen las respectivas ecuaciones de crecimiento diamétrico. Por su origen matemático y no estadístico se desconoce el ajuste de estas ecuaciones. Nótese que las ecuaciones para cada especie tienden a la equifinalidad en razón del empleo de la misma asíntota. Esta tendencia la concibió von Bertalanffy (1976) desde la formulación de su modelo.

Puesto que las edades estimadas con C^{14} corresponden al promedio del núcleo central analizado, cuyo diámetro fluctuó entre 1,2 y 1,5 cm, y no exactamente al centro del árbol, los diámetros de partida de las que fluctúan entre 0,9 y 1,1 cm, tienen la virtud de compensar en gran medida el tiempo requerido por los árboles para la formación de dicho núcleo. No debe subestimarse la importancia de esta compensación por cuanto los modelos de este tipo son altamente sensibles a cambios en las condiciones iniciales como lo demostró Campos (1996) para el modelo logístico.

Se presentan las edades calibradas y sin calibrar de los 18 árboles analizados. Excepto los árboles 20, 14 y 8, a los que sólo se les analizó la muestra A, los demás presentan resultados de C^{14} para ambas muestras: A central, B lateral. Cuando ambas muestras fueron posteriores a 1950 sus contenidos de C^{14} (% moderno) permitieron una determinación muy segura de la edad. Además, las pequeñas desviaciones estándar de estas determinaciones (de ± 0,7% a ± 0,9%) implican una probalidad de error muy pequeña. Por ello, la determinación de la edad de los árboles 2, 10, 22, 19, 9 y 34, no presentó dudas. En dos árboles (5 y 15) la muestra A resultó posterior a 1950 y la B antes de este año, resultado contraevidente. Otro elemento que le agrega complejidad a la interpretación de las edades calibradas proviene del hecho de que en la porción de la curva de calibración útil para estos análisis, entre 1500 y 1950 AD, presenta cuatro máximos relativos y

cuatro mínimos en razón de su trayectoria sinuosa (*wiggled*). Ello condujo a que las edades AP intersectaran en algunos casos varias veces la curva de calibración; como ocurre con la muestra 20A (200 ± 50 años AP) que la intersectó en cuatro puntos. Puesto que la mínima absoluta de la curva de calibración corresponde a $C^{14} \cong 92$ años AP y 1900 AD, las edades no calibradas (AP) menores de esta edad no intersectan la curva de calibración; por tanto, se desconocen sus edades calendario promedio, pero, de acuerdo con van Daalen *et al.* (1992), a quienes les resultaron varios árboles en esta situación, se puede afirmar que su madera se formó entre 1900 y 1950. Ello se presentó en ambas muestras del árbol 6 así como en la 17B, 15B y 18B. En estos casos, los intersectos de 1 σ ó 2 σ aportan alguna ayuda. Finalmente, las edades C^{14} sin calibrar arrojaron desviaciones desde ± 50 hasta ± 60 años AP, muy altas comparadas con las obtenidas por van Daalen *et al.* (1992) para *Pterocarpus angolensis* en Sur Africa (de ± 15 a ± 21 años AP), pero de rango similar o inferior a las de Ash (1983, 1985, 1986) para *Agathis robusta* (± 55 a ±85 años AP), *A. vitiensis* (± 48 a ± 100), así como las de Enright (citado por Enright y Hartshorn, 1981) para dos especies de *Araucaria* (± 80 a ± 115 años AP), todas estas especies del trópico de Australia y de la isla de Fiji. Tan amplias desviaciones estándar en árboles relativamente jóvenes dificultan aún más el análisis en una porción de la curva considerada por Stuiver (1978), autor de una de las curvas de calibración más empleadas, como particularmente difícil de interpretar.

Se sabe que en los árboles pueden migrar compuestos orgánicos formados con posterioridad al núcleo central de la madera hacia el centro del árbol (Worbes y Junk, 1989; van Daalen *et al.*, 1992; Tamers y Hood, 1997). Estos "contaminantes" pueden dar lugar a dataciones con radiocarbón muy jóvenes o muy viejas; los pretratamientos ácido-alcalí-acido tienden a eliminar tales compuestos orgánicos, en particular el lavado con NaOH pero, puesto que no aseguran su total eliminación, en ocasiones se acude al análisis de la celulosa pura (van Daalen *et al.*, 1992). El análisis por espectrometría de aceleración de masas, previa transformación de la muestra en grafito puro, también arroja resultados muy satisfactorios (Worbes y Junk, 1989), pero a menudo los hace prohibitivos. También debe tenerse en cuenta que las curvas de calibración se han elaborado analizando muestras compuestas de 10 a 20 anillos de los árboles empleados en la calibración (van der Plich y Mook, 1987; Tamers y Hood, 1997); por tanto, poco detectan las variaciones del C^{14} producidas cada 11 años por las manchas solares (van der Plich y Mook, 1987). Puesto que muchas muestras pueden no cumplir con el criterio de los 10 a 20 años, las edades C^{14} se deben considerar como aproximaciones (Tamers y Hood, 1997).

Resta aún otro factor que puede disminuirle exactitud a la estimación de la edad de los árboles con C^{14}. En rodales densos los árboles juveniles presentes en el sotobosque captan CO_2 de la respiración del suelo y, por ello, tienen un contenido de radiocarbón diferente del atmosférico (Medina y Minchin, 1980)

A pesar de las dificultades mencionadas, la confrontación de los anillos de crecimiento en árboles tropicales con su contenido de C^{14} ha demostrado ser de gran utilidad en estudios dendroclimatológicos y silviculturales (Ash, 1983, 1985, 1986; Worbes y Junk, 1989; Worbes, 1995) y ha servido para demostrar la existencia de anillos anuales tanto en árboles de las *várseas* amazónicas como del trópico australiano. Pero, a diferencia de los autores citados que contaron con árboles con anillos claramente visibles y concéntricos, los aquí estudiados carecen de ellos. A continuación se explica cómo se llegó a la edad calibrada de los árboles que presentaron dificultades.

Árbol 5: la muestra A arroja 41 años de edad de acuerdo con su contenido de C^{14} (% moderno), pero estas mediciones muy cercanas a 1950 pueden, en opinión de van Daalen *et al.* (1992), resultar con C^{14} (% moderno) levemente por encima del 100%, aunque hayan vivido durante poco tiempo después de 1950 y parte de su madera se haya formado antes de este año. Mediante tasas de crecimiento (diámetro dividido entre el crecimiento promedio anual basado en 12,5 años de mediciones) se estimó la edad en 30 años. En la muestra B, más joven, su edad C^{14} produce edades calibradas de 71, 181, 261 y 306 años, inconsistentes con la muestra A. Se decidió asignar a este árbol el promedio de la muestra A, 41 años, y la edad calibrada más reciente de la B 71 años, resultando 56 años. **Árbol 6:** ninguna de las dos fechas C^{14} sin calibrar intersectó la curva de calibración. Ello demuestra que su madera se formó entre los años 1900 y 1950. 2 σ en la curva de calibración σ = desviación estandar arroja edades para la muestra A, de 61 a 191 años y de 251 a 316 años; para la B estas son 271 a 321 años y 51 a 146 años; mediante tasas de crecimiento durante 12,5 años se estima la edad en 46 años. Por tanto, la edad más probable es de 61 años. **Árbol 7:** la edad C^{14} de la muestra A al intersectar la curva de calibración sugiere estas edades: 51, 196, 221 y 321 años; la muestra B: 81, 116, 161 y 171 años. La edad más cercana a la estimada con tasas de crecimiento (35 años para 12,5 años de mediciones) son los 51 años de la muestra A; no obstante, los 81 años de la muestra B son contraevidentes por cuanto se sabe que esta muestra es más joven. Analizándola para 2σ A indica edades de 46 a 351 y la B de 46 a 331. Por tanto, se puede aceptar 51 años como la edad más probable del árbol. **Árbol 12:** la edad C^{14} de la muestra A intersecta la curva de calibración en cuatro puntos correspondientes a las edades: 61, 191, 251 y 316 años. La muesta B arroja 40 años. La edad más probable del árbol es de 61 años. Aunque pareciera demasiado tiempo 21 años entre la muestra central y la lateral, es muy posible que la muestra lateral tuviese compuestos de carbono formados tanto antes como después de 1950; otras fuentes de error, ya discutidas, tampoco se pueden descartar. **Árbol 17:** la edad C^{14} de la muestra A intersecta en cuatro puntos la curva de calibración sugiriendo estas edades: 56, 196, 226,

321 años; la edad C^{14} de la muestra B no intersectó la curva de calibración, arrojando edades 1σ de 76 a 136 años, 141 a 176 años y 276 a 296 años y 2σ de 56 a 196 años y 226 a 321 años. La edad estimada con tasas de crecimiento (mediciones durante 4,5 años) fue de 113 años. La edad más probable de este árbol es de 56 años. **Árbol 20:** con sólo información de la muestra A y sin datos de crecimiento por cuanto el árbol fue cortado fuera de las parcelas permanentes, la decisión sobre la edad probable es muy subjetiva. La edad C^{14} intersecta la curva de calibración en cuatro puntos, cuyas edades son: 51, 201, 216, y 326 años; con 1σ se obtiene: 46 a 66 años, 186 a 256 años y 311 a 341 años. Dentro del contexto del crecimiento de esta especie la edad más probable es de 201 años y 1σ de 186 a 256 años. **Árbol l4:** su edad de acuerdo con el C^{14} (% moderno) es de 42 años en la única muestra disponible; no habiendo otra muestra que aporte evidencias y dada la cercanía del árbol al origen de la curva donde ésta es poco precisa, por cuanto la madera más cercana al centro del árbol pudo haberse formado antes de 1950 y, además, por la poca pendiente de la curva, se ha decidido considerar que su edad es mayor de 42 años, pero este dato no se tendrá en cuenta en análisis posteriores. **Árbol 15:** el C^{14} (% moderno) de la muestra A sugiere 42 años pero, podría ser que la muestra tuviese parte formada antes de 1950; la muestra B más joven, sugiere que su madera se formó poco antes de 1950 lo cual es contraevidente con la edad de la muestra A. En la muestra B la edad C^{14} de 40 años AP no intersecta la curva de calibración; sólo lo hace con 2σ sugiriendo estos rangos: 71 a 181 años y 261 a 300 años. Por estar muy por debajo de la mínima absoluta de la curva de calibración (1900 AD) sólo la edad de 71 años tiene sentido. Se decidió promediar la edad de la muestra A con esta última edad y se le asignó a este árbol 56 años. **Árbol 16:** la edad C^{14} de la muestra A produce seis edades calibradas: 76, 136, 141, 176, 276 y 296 años; la edad C^{14} de la muestra B, arroja al calibrarla 331 años, mayor que todas las edades de la muestra A, a pesar de que se sabe que es más joven; no obstante, si la muestra B tuviese 205 años AP, edad comprendida entre 220 ± 60 años AP de la muestra, intersectaría la curva de calibración en cuatro puntos arrojando edades de 51, 46, 205 y 313 años. Ello permite detectar dos edades posibles: 76 y 276 años. En el contexto del crecimiento de la especie es más probable la edad menor. **Árbol 18:** la edad C^{14} de la muestra A transecta la curva de calibración en dos puntos que corresponden a 46 y 326 años; la edad C^{14} de la muestra B no toca la curva de calibración en ningún punto, sólo lo hace con 2σ y estos rangos de edades: 261 a 306 años y 71 a 181 años; pero al no atravesar la curva de calibración, la edad correspondiente al siglo XX es la única posible. Luego la edad más probable de este árbol es 46 años. **Árbol 8A:** la única muestra de C^{14} (% moderno) transecta la curva de calibración en dos fechas sugiriendo dos edades de formación de la madera central de este árbol: 33 y 22 años, la edad estimada con tasas de crecimiento (medidas durante 12,5 años) es de 73 años; se considera entonces que la edad más probable del árbol es 33 años. **Árbol 23:** la edad C^{14} de la muestra A intersecta la curva de calibración en cinco puntos que sugieren estas edades: 81, 116, 165 y 171 años. La muestra B evidencia que se formó después de 1950 por cuanto su contenido de C^{14} (% moderno) atraviesa la curva de calibración en dos fechas correspondientes a 36 u 8 años de edad siendo esta última muy improbable. Tampoco parece probable que el árbol haya requerido como mínimo 45 años (81-36) para crecer 1,0 cm, distancia promedio entre las muestras A y B. El promedio de estas dos edades, 58 años, se consideró como la edad más adecuada para el árbol.

Los diámetros de las sucesivas mediciones de los árboles teniendo en cuenta la edad correspondiente al diámetro de la última medición. Lo primero que se advierte es la gran similitud en las trayectorias de las ecuaciones D_1 y D_3 correspondientes a la integración de las ecuaciones de tasas de crecimiento para todos los registros individuales y para los datos agrupados, al punto que para cuña y pinde las dos curvas virtualmente se sobreponen durante todo su recorrido. Para cuángare y guayabillo D_3 siempre superó a D_1 aunque sus diferencias no alcanzaron a ser significativas. Entonces, agrupar o no los registros de tasas de crecimiento, tiene poco o ningún efecto en las curvas de crecimiento, al menos para los cuatro casos aquí analizados. Por el contrario, las curvas D_2 y D_4, se presentan con trayectorias distintas resultando significativamente diferentes para cuángare y guayabillo, mas no para cuña y pinde. En todos los casos los diámetros fueron mayores con la curva resultante de la integración de la ecuación de las tasas de crecimiento por clases diamétricas más la desviación estándar (D_4) que con los árboles de mayor crecimiento (D_2). Para las cuatro especies y durante gran parte del recorrido de las curvas se cumple que, para igual edad, ellas predicen diámetros según la secuencia: $D_4 > D_2 > D_3 \geq D_1$. La observación visual de los diámetros de todas las especies permite afirmar que las curvas D_1 y D_3 tienden a subestimar el crecimiento de los árboles. En todos los casos las curvas D_2 o D_4 predicen mejor los diámetros de los árboles datados. Para una verificación más rigurosa de lo planteado se han efectuado varias pruebas. Para cuángare D_2 mostró los valores más bajos de residuales, diferencia agregada y t de Student, prueba mediante la cual no se rechaza la hipótesis nula, así como el mayor valor de Z en la prueba de rangos de Wilcoxon la cual conduce a aceptar la hipótesis nula. Por tanto, esta ecuación refleja mejor el crecimiento de la especie. Para guayabillo el conjunto de las pruebas conduce a seleccionar la ecuación D_4, la cual no rechaza la hipótesis nula (valor de t), pero que si es aceptada por la prueba de Wilcoxon. En la especie cuña las ecuaciones D_2 y D_4 parecen similares en varias pruebas, no obstante, el valor de t que acepta la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$ más no para $\alpha = 0,01$, conduce a considerar D_4 como la curva más representativa. En pinde todas las pruebas son más favorables para D_4 a pesar de que t rechaza la hipótesis nula, pero la prueba de Wilcoxon la acepta para $\alpha = 0,05$, siendo este un argumento estadísticamente más contundente que el de la prueba anterior.

Las dificultades encontradas para datar con exactitud varios árboles mediante C^{14} no permiten una comprobación contundente de la hipótesis de partida, pero toda la evidencia parece demostrar que los modelos que emplean toda la información del crecimiento de los árboles, obtenida de la medición durante varios años de los diámetros en parcelas permanentes (Ecuaciones D_1 y D_3), subestiman el crecimiento de los árboles que pueden llegar al dosel o a su adultez. Para los árboles, materia de este documento, el procedimiento de sumarle al crecimiento medio por clase diamétrica su desviación estándar (Ecuaciones D_4) fue superior en tres de las cuatro especies. Sólo en cuángare el procedimiento denominado "árboles de mayor crecimiento" (ecuación D_2), estima mejor el crecimiento de los árboles datados. Obsérvese que se llegaría al mismo resultado si sólo se tuviesen en cuenta los cinco árboles datados con muy bajos márgenes de error (2, 10, 22, 19, 9, 54). En todos las curvas D_1 y D_3 subestimarían grandemente sus diámetros. Las curvas D_2 y D_4 representarían mejor sus crecimientos.

La especie con árboles más viejos fue cuña. Los cuatro árboles datados arrojan 85,2 años de edad promedio y 20,8 cm de diámetro normal. En segundo lugar se encuentra guayabillo; tres árboles con diámetro normal promedio de 26,3 cm arrojaron 59,0 años de edad promedia. Luego se encuentra cuángare con 44,5 años y 58,8 cm de diámetro normal promedio de seis árboles. Finalmente pinde: sus cuatro árboles arrojaron 40,0 años y 16,1 cm de diámetro normal promedio. Las tasas de crecimiento promedio fueron: cuángare 1,32 cm $año^{-1}$, guayabillo 0,44 cm $año^{-1}$, pinde 0,40 cm $año^{-1}$ y cuña 0,24 cm $año^{-1}$. Se verifica entonces la hipótesis planteada según la cual los árboles de pequeñas dimensiones del subdosel y del sotobosque son tan o más viejos que los árboles del dosel en virtud de sus bajas tasas de crecimiento; para los árboles datados ello implica que cuángare crezca desde más de cinco veces más rápido que cuña hasta tres o más veces que guayabillo o pinde.

Debe destacarse la poca edad de los árboles muestreados a pesar de haber sido seleccionados entre los más grandes de las parcelas permanentes y aún, por fuera de ellas. Su edad promedia es apenas de 55,6 años, y si no se tuviese en cuenta el individuo más viejo, un cuña de 201 años, el promedio de los restantes bajaría a 46, 6 años. Se afirma que estos árboles son jóvenes por cuanto al compararlos con las edades de otros árboles del trópico húmedo cuyas edades se han estimado por métodos diversos: anillos de crecimiento, C^{14}, tasas de crecimiento, ello se hace evidente. La mayoría de las siete *Araucaria hunsteinii* datadas por Enright (citado por Enright y Hartshorn, 1981) empleando las tres técnicas previamente mencionadas, variaron entre 100 y 400 años; para *Agathis robusta* Ash (1983) encontró por C^{14} edades para cuatro árboles adultos entre 285 y 620 años. El mismo autor dató cinco *A. vitiensis* de la isla Fiji cuyas edades con anillos de crecimiento y con C^{14} fluctuaron entre 400 y 600 años (Ash, 1985). Ashton *et al.* (1980) recopilaron alguna información acerca de este tema; mencionan a Wyatt-Smith quien estima que las edades máximas de las Dipterocarpáceas de Malasia fluctúan entre 200 y 450 años, a Jones quien estima que las especies africanas *Lophira alata* y *Guarea cedrata* viven entre 300 y 350 años y a Heinsdijk quien atribuye 450 años como promedio para árboles de la selva amazónica con diámetros de 145 a 155 cm. Más aún, hay árboles gigantes en las selvas tropicales que pueden vivir hasta 1.400 años como un *Bertholletia exelsa* del río Jarí, Brasil, con 4,2 m de diámetro o el *Balanocarpus heimii* de Malasia que puede alcanzar también esta edad (Murça-Pires y Cousens, respectivamente, citados por Ashton *et al.*, 1980). Whitmore (1975) informa que un gigantesco árbol de *Nothofagus pullei* con 1,8 m de diámetro se dató en 550 ± 85 años, un *Shorea curtissii en* 800 ± 70 años, ambos de los trópicos asiáticos y que un enorme baobab (*Adamsonia digitada*) de las sabanas africanas cuyo diámetro alcanzó 4,5 m se dató en 1.000 ± 100 años.

Mediante tasas de crecimiento Nicholson (citado por Whitmore, 1975) estimó la edad media y mínima de 19 especies de árboles de los bosques tropicales del norte de Borneo. Las especies emergentes y del dosel principal tardarían en promedio 110 a 300 años para alcanzar 38 cm de diámetro y, como mínimo, basándose en el árbol más precoz en cada clase diamétrica con amplitud de 9,55 cm, 60 a 170 años; para los del subdosel estas edades fueron 310 a 720 años en los que podían alcanzar este diámetro; otras del subdosel, cuyo diámetro máximo no supera los 29 cm requerirían para alcanzar dicho diámetro entre 250 y 490 años en promedio y entre 110 y 250 años como mínimo.

Se puede tener una aproximación al ciclo vital de estas especies calculando el tiempo para que alcancen el 99% de sus asíntotas respectivas empleando la ecuación D_2 en cuángare y D_4 en las demás especies; igualmente, se puede calcular el crecimiento medio en dicho punto de la curva. Mediante este cálculo los ciclos de vida de cuángare, guayabillo, cuña y pinde son: 140, 160, 340 y 91 años, respectivamente, y los siguientes crecimientos medios: 0,71, 0,28, 0,10 y 0,23 cm $año^{-1}$. Cuángare se revela entonces como especie de rápido crecimiento no siendo pionera y a pesar de permanecer durante gran parte de su vida bajo el dosel. Guayabillo y pinde tienen tasas de crecimiento bajas y las de cuña son muy bajas.

La juventud de los árboles puede atribuirse a los reiterados aprovechamientos a que han estado sometidos estos humedales forestales durante las últimas cinco décadas (del Valle, 1993). Aunque de las especies estudiadas sólo cuángare tiene valor en el comercio de la madera, las demás especies pueden también sufrir el impacto de las explotaciones. Parece entonces que la mayoría de estos árboles nacieron después de las primeras intervenciones madereras, o eran aún juveniles sobrevivientes del impacto de las explotaciones.

Existen razones para considerar que cuángare no es una especie muy longeva. El autor ha comprobado que, con frecuencia, árboles de esta especie con 70 a 80 cm de diámetro cortados por los campesinos, tienen podrido el

corazón, síntoma de que su muerte está cercana; igualmente, tres árboles de esta especie se debieron descartar para datarlos en esta investigación por igual razón.

Agradecimiento

Decenas de mis alumnos del curso de Silvicultura Tropical han participado en el levantamiento de las parcelas y medición de los árboles entre 1984 y 1996; igualmente, muchos profesores e ingenieros forestales colegas. A todos les agradezco por igual su trabajo y dedicación aunque el espacio no me permite mencionarlos por sus nombres. Deseo dejar constancia explícita de reconocimiento a mis asistentes, ingenieros Javier Martínez y Hernán Darío Posada, por su gran ayuda en la obtensión y preparación de las muestras para C^{14} y en el procesamiento de toda la información. También a mi secretaria Nelly Valencia por su empeño y dedicación en la digitación y corrección de todo el documento y al profesor Flavio Moreno quien leyó el manuscrito y me hizo varias sugerencias incluídas en el texto. Entre 1984 y 1991 la investigación fue financiada por la Universidad Nacional (CINDEC), entre 1992 y 1995 por el Proyecto Guandal PNUD Col 89/011. Finalmente, las últimas mediciones (1996) y todos los costos que hicieron posible la realización de esta investigación, los asumió íntegramente el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) mediante el contrato No 093/96 con la Universidad Nacional de Colombia.

Bibliografía

Alder, D. 1995. Growth Modelling for Mixed Tropical Forests. Oxford Forestry Institute, Forestry Research Programme, Tropical Forestry Paper No 30, 231 p.

Ash, J. 1983. Growth rings in Agathis robusta and Araucaria cunninghamii from tropical Australia. Australian Journal of Botany 31: 269-275.

_____. 1985. Growth rings and longevity of Agathis vitiensis (Seemann) Benth. & Hook. f. ex Drake in Fiji. Australian Journal of Botany 33: 81-88.

_____. 1986. Growth rings, age and taxonomy of Dacrydium (Podocarpaceae) in Fiji. Australian Journal of Botany 34: 197-205.

Ashton, P.S., M. K. Hopkins, L. J. Webb, W.T. Williams & J. Palmer. 1980. El bosque natural: biología, regeneración y crecimiento de los árboles. En Unesco Cifca (eds.). Ecosistemas de los Bosques Tropicales: Informe Sobre el Estado de los Conocimientos, pp. 204 - 264. Paris.

Bell, T. I. W. 1971. Management of Trinidad Mora Forest with Special Reference to Matura Forest Reserve. Forestry Divition. Trinidad and Tobago. 70 p.

Campos, D. 1996. Modelo logístico: un paradigma en la teoría del caos. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales 20 (78): 503-518.

Contreras, F., W Cordero & J.C. Licona. 1996. Tiempos de paso para cuatro especies forestales de lomerío. Informe Interno Proyecto Belfor (Bolivia), 4 p.

Chapman, D. G. 1961. Statistical problems in population dynamics. In Proc. Fourth Berkeley Symp. Math. and Prob. Univ. of Calif. Press, Berkeley.

Dance, C. & O. J. Malleux. 1976. Estudios de una metología para la determinación de edades en bosques naturales. Revista Forestal del Perú 6(1-2): 33-40.

Del Valle, J. I. 1979. Curva preliminar de crecimiento del cativo (Prioria copaifera) en bosque virgen empleando el método de los tiempos de paso. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín 32(2): 19-26.

_____. 1985. Crecimiento del Roble (Tabebuia rosea) y del Cedro (Cedrela odorata) en la Región de Urabá, Antioquia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín, 106 p.

_____. 1986. La ecuación de crecimiento de von Bertalanffy en la determinación de la edad y el crecimiento de árboles tropicales. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín 39(1): 61-74.

_____. 1993. Silvicultura y uso sotenido de los bosques: referencia especial a los guandales, Nariño. En Leyva, P. (ed.), Colombia Pacífico. Tomo II, pp. 692-713. Fondo Fen, Santafé de Bogotá.

_____. 1994. Anotaciones sobre el clima de los bosques de guandal del delta del río Patía. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín 47 (1 y 2): 145 - 159.

_____. 1995. Evaluación del crecimiento diamétrico de árboles de humedales forestales del Pacífico colombiano. Interciencia 20 (5): 273 - 282.

_____. 1996a. Silvicultura en los bosques de guandal del Pacífico Sur colombiano. En CIFOR Seminario-Taller "Experiencias Prácticas y Prioridades de Investigación en Silvicultura de Bosques Naturales en América Tropical". Center For International Forestry Research (Cifor), Pucalpa, Perú junio 17-21.

_____. 1996b. Los bosques de guandal del delta del río Patía (Colombia). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Axactas, Físicas y Naturales 20(78): 475-489.

Chauchard, L. M. 1993. Modelo de crecimiento individual del raulí (Nothofagus alpina (Poepp. et Endl.) Oerst. Revista de Agricultura, Piracicaba 68 (fasc. 3): 247 - 267.

Enright, M. J. & G. S. Hartshorn. 1981. The demography of tree species in undisturbed tropical rain forests. In Borman, F. H. & G. Berlyn (eds.) Age and Growth Rate of Tropical Trees: New Directions for Research, pp. 107-120. Yale Univ. School of Forestry and Enviromental Studies, Bulletin No 94, New Haven.

Foggie, A. 1945. On girth increment and age of trees with special reference to management in irregular tropical forest. Empire Forestry Review 24(2): 176-191.

González, H. 1994. Generalización de un modelo determinístico para el análisis del crecimiento de organismos vivos. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín 47 (1 y 2): 89 - 98.

Keay, R. W.J. 1961. Increment in the Okumi Rorest Reserve, Benin, Nigeria. Forestry Information Bulletin (New Series), IBADAN, No. 11. 34 p.

Lieberman, D. & M. Lieberman. 1985. Simulation of growth curves from periodic increment data. Ecology 66:632-635.

Luna, A. 1981. Estudio preliminar sobre el crecimiento y edad del pino laso Podocarpus rospigliossii P. en el bosques San Eusebio, Mérida, Venezuela. Revista Forestal Latinoamericana (Venezuela) 1:19-32.

Manokaran, N. & M.D. Swaine. 1994. Population Dynamics of Trees in Dipterocarp Forests of Peninsular Malaysia. Forest Research Institute, Malaysia, Malayan Forest Records No 40, Kuala Lumpur, 173 p.

Medina, E. & P. Minchin. 1980. Stratification of 13C values in Amazonian forests. Oecologia 45: 377-378.

Meijer, H. A. J., J. van der Plicht, J. S. Gislefoss & R. Nydal. 1995. Comparing long-term atmospheric 14C and 3H records near Groningen, the Netherlands with Fruholmen, Norway and Izaña, Canary Islands 14C Stations. Radiocarbon 37 (1): 39-50.

Miller, R. G. 1952. A girth increment study of Baikiaea plurijuga in Northern Rhodesia. Empire Forestry Review 31(1): 42-45.

Misra, R. 1974. Determination of age of trees in natural tropical deciduos forest of Chalkia. Tropical Ecology (India) 15 (1-2): 43-52.

Moreno, F. H. 1996. Fotosíntesis y crecimiento en plántulas de sajo (Campnosperma panamensis y cuángare (Otoba gracilipes) bajo diferentes ambientes lumínicos. Tesis Magister en Silvicultura y Manejo de Bosques, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 144 p.

Ogden, J. 1981. Dendrochronological studies and the determination of tree ages in Australian tropics. Journal of Biogeography 8: 405-420.

Osumi, S. & Y. Ishikawa. 1983. Applicabbility of the Richards growth function to analysis of growth of trees. Laboratory of Forest Management, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural Univ., Kyoto, Japan, Scientific Report 35: 49-76.

Prince, A. J. 1973. The rate of growth of Green Hearth (Ocotea rodiaei). Commowealth Forestry Review 52(2): 143-146.

Rai, S. N. 1980. Diameter increment of Terminalia paniculata and Lagerstroemia lanceolata. Indian Forester 106(12): 856-864.

Richards, F. J. 1959. A flexibe growth funtion for empirical use. Journal of Experimental Botany 10(29): 290-300.

Stuiver, M. 1978. Atmospheric CO2 related to carbon reservoir changes. Science 199: 2 53 - 258.

Stuiver, M., A. de Luca Rebello, J. C. White & W. Broecker. 1981. Isotopic indicators of age/ growth in tropical trees. In Bormann, F. H. & G. Berlyn (eds.) Age and growth Rate of Tropical Trees: New Directions for Research, pp. 75-82. Yale Univ., School of Forestry and Environmental Studies, Bulletin No 94, New Haven.

Tamers, M. & D. G. Hood. 1997. Analytical procedures and final report. Beta Analytic Inc, Radiocarbon Dating Service, 7 p.

Van Daalen, J. C., J. C. Vogel., F. S. Malan. & A. Fuls. 1992. Dating Pterocarpus angolensis trees. South African Forestry Journal No 162: 1-7.

Van der Plicht, J. & W. G. Mook. 1987. Automatic radiocarbon calibration: ilustrative examples. Paleohistoria 29: 173-182.

Vásquez, G. L. 1988. Crecimiento de un bosque de guandal explotado en el litoral Pacífico colombiano. Crónica Forestal y del Medio Ambiente (Medellín) 5: 35-62.

Vogel, J. C., A. Fuls, E. Visser & B. Becker. 1993. Pretoria calibration curve for short lived samples. Radiocarbon 35(1): 73-86.

Von Bertalanffy, L. 1976. Teoría General de Sistemas. Trad. Del inglés por J. Almeda, Fondo de Cultura Económica, México.

Whitmore, T. C. 1975. Tropical Rain Forests of the Far East. Clarendon Press, Oxford, 282 p.

Worbes, M. 1985. Structural and other adaptations to long-term flooding by trees in Central Amazonia. Amazoniana 9(3): 459-484.

_____. 1995. How to meassure growth dynamics in tropical trees. A review Iawa-Journal. 16(4): 337 - 351

Worbes, M & W.F. Junk. 1989. Dating tropical trees by means of 14C from bomb test. Ecology 70 (2): 503-507.

Worbes, M., H. Klinge, J. D. Revilla & M.Christopher. 1992. On the dynamics, floristic subdivition and geographical distribution of vársea forests in Central Amazonía. Journal of Vegetation Science 3: 553-564.

Parametrización de un Modelo de Simulación de Base Individual como Herramienta para el Manejo de un Bosque Tropical Venezolano

H. Ramírez Angulo
A. Torres Lezama

Resumen

En ecosistemas de larga vida y complejos, como los boscosos, el desarrollo de modelos de simulación puede ser de gran utilidad para analizar y predecir los efectos de diferentes estrategias de manejo. Una serie de datos provenientes de una red de parcelas permanentes con más de 30 años de medición, se utilizó para la parametrización de un modelo de simulación de base individual para un bosque de los Llanos Occidentales venezolanos, específicamente el Bosque Universitario "El Caimital", clasificado como bosque seco transición a húmedo tropical según Holdridge. Debido a la alta cantidad de especies con más de 10 cm de dap, presentes en las parcelas (64), y a la dificultad de ejecutar el modelo para un número tan elevado, fue necesario escoger las más importantes. Con base en el Índice de Valor (IV), que relaciona el área basal relativa con la densidad relativa, se seleccionaron 14 especies (IV= 75%). Las especies restantes fueron discriminadas en seis grupos ecológicos, según sus requerimientos de luz y la altura máxima que alcanzan. Se obtuvieron los valores de los parámetros para ejecutar el modelo ZELIG. Se concluye que el bosque estudiado está compuesto mayormente por especies nómadas las cuales actualmente tienen gran valor comercial. Por otra parte, el modelo se muestra prometedor para el estudio de la dinámica del bosque tropical, aun cuando se requiere mejorar algunos elementos como las alometrías altura comercial - diámetro e incorporar aspectos como el ciclaje de nutrientes y estrés causado por condiciones anóxicas en el suelo.

Introducción

Existe una creciente necesidad de conocer cómo las perturbaciones naturales o antrópicas afectan los ecosistemas boscosos. Sin embargo, dada la gran longevidad del componente arbóreo se requeriría de varias generaciones humanas para hacer el seguimiento debido con un enfoque experimental. Una valiosa herramienta para responder las preguntas sobre las respuestas del bosque a las perturbaciones la constituyen los modelos de simulación, los cuales han sido desarrollados en gran número desde la década de los setenta, principalmente para los bosques de la zona templada. La razón fundamental para el uso de la simulación en estos estudios es que la misma permite predecir el comportamiento del bosque, tomando en cuenta las variables más importantes que inciden en su dinámica. Para ello se han desarrollados diferentes métodos, algunos de los cuales se describen en Ramírez y Torres (1996).

Dentro de estos métodos destacan los modelos de base individual, que han sido usados para reconstruir bosques del cuaternario, para proyectar posibles consecuencias ecológicas de cambios climáticos futuros, para estudiar el efecto de catástrofes como huracanes y fuego (Doyle, 1981) y para examinar la sensibilidad de los bosques a cambios climáticos (Bonan *et al.*, 1990). Sin embargo, en los bosques neotropicales han poco sido aplicados (cf. Doyle, 1981; Fernández, 1995 y Ramírez, 1995).

Palabras claves: dinámica del bosque tropical, manejo forestal, modelo de simulación, Venezuela, ZELIG.

Grupo de Investigación BIODESUS.
Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Vía Los Chorros de Milla. Mérida, Venezuela.
e.mail: rhirma@ing.ula.ve.
Tel. 58 74 401598. Fax: 58 74 401503

Entre las razones para explicar esta relativa escasez de modelos aplicados a estos biomas, se pueden mencionar: a) en los bosques tropicales son pocos los registros de datos de crecimiento y otras variables que permiten la formulación de modelos; b) la atención mundial hacia los bosques tropicales ha comenzado recientemente a medida que la pérdida de biodiversidad y la explotación maderera se ha acelerado; c) la mayoría de estos bosques están en países en desarrollo donde hay muy pocos investigadores para desarrollar modelos forestales; y d) estos ecosistemas son mucho más complejos y diversos que los templados (Liu y Ashton, 1995).

Estos bosques sostienen una gran abundancia de plantas, las cuales son muy diversas, tanto en términos de número de especies arbóreas, como en su biología funcional (Mabberley, 1992); también, presentan muchas diferencias tanto en forma de crecimiento como en requerimientos de radiación solar y patrones de reproducción (Field y Vásquez-Yanes, 1993). Ante esta situación, Acevedo *et al.* (1995, 1996) recomiendan simplificar el proceso de simulación agrupando las especies con un criterio adecuado; reduciendo así el número de operaciones requeridas en las simulaciones.

En silvicultura y ecología forestal, el comportamiento de los árboles ha sido considerado siempre como de importancia extrema. Una noción tradicional en la silvicultura europea es el "temperamento" de las especies arbóreas, definido como el conjunto de reacciones de crecimiento y desarrollo mostrados por un individuo hacia su ambiente durante su ciclo de vida (Oldeman y van Dijk, 1993). Estas especies han sido agrupadas, con base en los atributos fisiológicos y demográficos que muestran y sus requerimientos de claros, en dos grandes grupos ecológicos con historias de vida claramente diferentes: pioneras y clímax o no pioneras (Picket, 1983; Bazzaz, 1984; Brokaw, 1985; Whitmore, 1989).

Aunque este modelo dicotómico puede ser usado para una primera clasificación, el análisis de los mecanismos involucrados en la dinámica de las poblaciones puede ser limitado. En este sentido, y considerando el *continuum* de respuesta de las especies arbóreas a la luz, durante años se han reconocido al menos tres "temperamentos": demandantes de luz (heliófilas - pioneras), tolerancia media (nómadas) y tolerancia alta (esciófilas - tolerantes) (Swaine y Whitmore, 1988; Martínez-Ramos, 1985).

Por otra parte, en contraste con la situación reinante en la mayoría de los bosques de la zona templada, donde se ha establecido una red de inventario forestal continuo u otras parcelas permanentes, en los trópicos prácticamente no existe tal información. Sin embargo, en Venezuela contamos con una serie de parcelas permanentes (67), establecidas en nueve zonas de vida y bosques con diferentes grados de intervención (desde primarios hasta muy perturbados), por el Instituto de Silvicultura de la Universidad de Los Andes, las cuales cuentan con registros para un periodo cercano a los 40 años.

La finalidad de estas parcelas fue estimar el crecimiento anual y la productividad global en madera y leña, en los diferentes bosques (Veillon 1957, Konrad 1965, Veillon *et al.* 1976, Veillon 1977, Veillon 1985). Recientemente, estas mediciones han sido utilizadas en el desarrollo de ecuaciones de regresión para estimar la biomasa de árboles individuales y biomasa total (Brown *et al.* 1989; Gillespie *et al.*, 1992).

En este trabajo se explora la aplicabilidad de un modelo de simulación de base individual como herramienta para predecir la dinámica del bosque tropical. Se obtuvieron los parámetros necesarios para la ejecución del modelo seleccionado, y se usó el modelo para predecir la dinámica del Bosque "El Caimital".

Materiales y métodos

Selección del modelo

Se seleccionó el modelo ZELIG (Urban 1993), por ser este un modelo genérico, de fácil implementación, desarrollado con versatilidad en la aplicación. ZELIG se deriva del FORET (Shugart y West, 1977; Shugart, 1984), del cual se distingue, básicamente, en que se implementa sobre una cuadrícula de parcelas modelo. Las celdas de la cuadrícula pueden ser interactivas, pues los árboles sobre una celda dada pueden sombrear o ser sombreados por los de las adyacentes. Hay dos submodelos conceptuales para ZELIG. El énfasis principal es sobre el régimen de luz -que difiere cualitativamente de otros modelos de claros- y sobre el balance de agua en el suelo, que ha sido ampliado de la rutina simple usada en la mayoría de los modelos de claros (Ramírez, 1995).

Descripción del área de estudio

El Bosque Experimental "El Caimital" está ubicado al noroeste del estado Barinas, Venezuela, a los 8°40´ N y 70°13´W. Su altitud es de 170 msnm, el relieve presenta pequeñas depresiones (bajíos) y caños (tributarios del río Yuca) que se inundan en la época lluviosa; la pendiente no supera el 3%. (Konrad, 1961).

El clima es del tipo tropical (Awui) (Köppen 1948), la temperatura media anual es de 26,7°C, con un máximo de 37,4°C y un mínimo de 19,8°C. La precipitación media es de 1590 mm, presentando una marcada distribución estacional, con un período de sequía bien definido de 4-5 meses (diciembre a mayo). Los meses más secos son enero y febrero, con una precipitación prácticamente nula. Según Holdridge (Ewel *et al.;* 1968) el área corresponde a la zona de vida Bosque seco Tropical transición a húmedo.

El área de estudio se localiza sobre la formación geológica "Río Yuca". Los suelos poseen un particular grado de fertilidad, determinado por el material originario y el estado juvenil de los mismos (Castillo, 1966).

La vegetación del área es la típica de un bosque tropical, caracterizada por su gran heterogeneidad. En las parcelas bajo estudio se consiguió un total de 64 especies arbóreas, pertenecientes a 33 familias botánicas, además de un número considerable de palmas. El bosque es un mosaico compuesto de unidades florísticamente diferentes; en su estructura vertical se distinguen tres estratos y el sotobosque, siendo los estratos superior y medio más bien ralos y comparativamente pobres en especies vegetales, el piso inferior y el sotobosque son mucho más densos y con mayor número de especies (Lamprecht, 1964).

El Caimital aparentemente es un bosque secundario establecido sobre terrenos anteriormente agrícolas, lo cual se evidencia por la abundancia de plantas de café. Por otro lado, en los años 1940 y 1951, el bosque fue explotado selectivamente, aprovechándose los mejores individuos de las especies de mayor valor comercial (*Cedrela odorata* y *Swietenia macrophyla)* (Finol, 1964).

En este bosque fueron establecidas seis de las parcelas mencionadas, con una superficie de 0,25 ha cada una, las cuales tienen un periodo de medición de 34 años.

Cuadro 1: Indice de Valor 200 para cada una de las especies y grupos presentes en las parcelas permanentes del Bosque Experimental "El Caimital"

Nombre Cientifico	Nombre Vulgar	IV	IV%	IVacum.
Ceiba pentandra	Ceiba	10.66	13.71	13.71
Parinari pachyphylla	Merecure	9.02	11.60	25.31
Luehea cymulosa	Drago	5.88	7.57	32.88
Pterocarpus acapulcensis	Guácimo cimarrón	5.57	7.16	40.04
Bombacopsis quinata	Saqui-saqui	4.46	5.74	45.78
Spondias mombin	Jobo	3.48	4.47	50.26
Pithecellobium saman	Samán	3.46	4.45	54.71
Cedrela odorata	Cedro	3.23	4.16	58.87
Chlorophora tinctoria	Mora	2.67	3.43	62.30
Albizia colombiana	Carabalí	2.00	2.57	64.87
Cordia collococca	Pica pico	1.52	1.95	66.82
Tabebuia rosea	Candilero	1.43	1.83	68.65
Chrysophyllum caracasanum	Chupón	1.42	1.82	70.48
Sloanea terniflora	Apamate	1.68	2.16	72.64
Nómadas con hmax<=30 m		6.20	7.97	80.61
Nómadas con hmax>30 m		3.56	4.57	85.18
Pioneras con hmax<15m		5.63	7.25	92.43
Pioneras con hmax=15-30m		1.25	1.60	94.03
Tolerantes con hmax<15m		3.86	4.96	98.99
Tolerantes con hmax=15-30m		0.78	1.01	100.00

Selección de las especies

Debido a la dificultad de ejecutar un modelo con un número tan elevado de especies arbóreas, se procedió a seleccionar las más representativas. Para ello, se recurrió a un indicador de valor, que relaciona el área basal relativa, parámetro que refleja la superficie ocupada por el individuo, con la densidad relativa de las especies, es decir:

$$IV = \frac{\text{Área basal total de la especie/Área basal total}}{\text{Densidad de la especie / Densidad Total}}$$

Una vez obtenidos estos valores para cada una de las especies, se procedió a calcular el IV relativo, para así discriminar las especies en orden decreciente de valor. Se seleccionaron 14 especies para un Índice de Valor acumulado de 75% (Cuadro 1). Sin embargo, para obtener una representación más cercana del ecosistema, y ante la imposibilidad de incluirlas todas en el modelo, se procedió a agrupar a las restantes de acuerdo con sus características resaltantes desde el punto de vista ecológico.

Para el agrupamiento de las especies del Bosque "El Caimital", se usaron dos criterios que conjugan las características más resaltantes en lo relativo a requerimientos de luz y al crecimiento reflejado en la altura máxima que pueden alcanzar los individuos, aspecto que refleja su capacidad para crear claros. Se consideraron tres clases de altura: altura máxima menor de 15 m, entre 15 y 30 m y mayor de 30 m. En lo relativo a tolerancia a la sombra, se agruparon las especies en baja (pioneras), media (nómadas) y alta (tolerantes), considerando la información reportada en la literatura y el criterio de expertos que han estudiado la flora de la zona y la dinámica de estos bosques. Los resultados del agrupamiento de las especies se pueden observar en el Cuadro 2, distribuyéndose las mismas en seis grupos.

Parametrización del modelo

Para la parametrización del modelo se requiere el cálculo de las relaciones alométricas, las tasas de crecimiento y tolerancias térmicas. Asimismo, es necesario establecer los valores de los parámetros relativos a las restricciones en cuanto a radiación solar, sequía, nutrientes y capacidad reproductiva de las especies.

♦ *Relaciones alométricas*

Los modelos de base individual usan una relación no lineal entre la altura total del árbol y su diámetro a la altura de pecho; con esta relación se calcula la altura a medida que el diámetro se incrementa de acuerdo con la ecuación diferencial que define la dinámica del crecimiento diamétrico (Ramírez y Torres, 1996).

Para establecer las alometrías, el modelo JABOWA (modelo original) usó una ecuación cuadrática entre la altura total (H) y el diámetro a la altura de pecho (D). ZELIG, en cambio, usa la ecuación de Chapman-Richards para establecer las relaciones alométricas, la cual es suficientemente flexible para ajustar a la mayoría de las

Cuadro 2: Resultados del agrupamiento de las especies presentes en las parcelas bajo estudio

	hmax<15 m	15<hmax<30m	hmax>30 m
Pioneras	*Adelia ricinella*	*Cecropia peltata*	
	Banara guianensis	*Citharexylum sp.*	
	Myrcia splendens	*Cochlospermum vitifolium*	
	Casearia spinescens	*Crataeva tapia*	
	Chomelia spinosa	*Erythrina poeppigiana*	
	Picramnia aff.macrostachya	*Guazuma ulmifolia*	
	Stemmadenia grandiflora	*Porcelia venezuelensis*	
	Urera sp.	*Sapium aubletianum*	
		Torrubia pacurero	
		Trophis racemosa	
Nómadas		*Calycophyllum candidissimum*	*Albizia colombiana*
		Chlorophora tinctoria	*Astronium graveolens*
		Chrysophyllum sericeum	*Bombacopsis quinata*
		Chrysophyllum caracasanum	*Brosimum alicastrum*
		Cordia collococca	*Cedrela odorata*
		Dendropanax arboreum	*Ceiba pentandra*
		Fissicalyx fendleri	*Myrospermum frutescens*
		Hirtella triandra	*Pithecellobium guachapele*
		Inga cf. edulis	*Pithecellobium saman*
		Inga punctata	*Sorocea sprucei*
		Inga spp.	*Spondias mombin*
		Luehea cymulosa	*Swietenia macrophylla*
		Lonchocarpus margaritensis	*Tabebuia rosea*
		Nectandra rigida	*Terminalia guyanensis*
		Parinari pachyphylla	
		Pterocarpus acapulcensis	
		Sapindus saponaria	
		Symmeria paniculata	
		Triplaris caracasana	
Tolerantes	*Annona montana*	*Couroupita guianensis*	
	Allophylus occidentalis	*Licania octandra*	
	Coccoloba caracasana	*Melicoccus bijugatus*	
	Faramea occidentalis	*Protium heptaphyllum*	
	Trichilia triflora	*Protium tenuifolium*	
		Sloanea terniflora	
		Trichilia hirta	
		Trichilia martiana	

especies arbóreas (Urban 1993). Para mayores detalles sobre esta ecuación, ver Ramírez (1995).

Para la estimación de los coeficientes alométricos de cada una de las 18 especies y de los seis grupos, se prepararon archivos contentivos de los datos de diámetro a la altura de pecho (d) y altura total. Debido a la distribución heterogénea de las especies en el bosque, el número de observaciones para cada una de ellas fue diferente. Con esa información se procedió a estimar los coeficientes alométricos correspondientes, a través de regresiones no lineales (Cuadro 3).

- ***Tasas de crecimiento y tolerancias térmicas***

ZELIG dispone de un programa de soporte (GROW) que permite calibrar las tasas de crecimiento de las diferentes especies de acuerdo a las condiciones ambientales especificadas por el usuario; las cuales se establecen en términos de grados-día, índice de días secos y fertilidad relativa del suelo.

El programa permite variar interactivamente algunos de los parámetros de las especies, entre ellos el diámetro máximo (Dmax), edad máxima (Amax), área foliar (lf) y tasa de crecimiento (g). Estos pueden ser modificados para calibrar la ecuación de crecimiento con registros empíricos (c.f. Ramírez y Torres, 1996).

En ZELIG se dispone también de un programa de soporte llamado WEATHER, que permite calibrar las tolerancias térmicas y la variación de la humedad del suelo. Las tolerancias térmicas son consideradas en términos de grados-día de crecimiento mínimos y máximos para cada especie, estos grados-día se refiere a los grados diarios acumulados, por encima de un valor de 5,57°C (Urban, 1993). Como no se dispone de información sobre las tolerancias térmicas de las especies se optó por establecer un solo valor para todas, con base en los resultados obtenidos al ajustar WEATHER, éste da un indicador de 7671,4 grados-día de crecimiento con una desviación estándar de 71,8; por lo que se asumieron los valores de 5000 y 10000, de forma tal de asegurar que las especies no sufran estrés térmico.

Ejecución del Modelo Zelig

Una vez obtenidos los valores para los parámetros requeridos por el modelo ZELIG versión 2, se conformaron los tres archivos de entrada necesarios para la ejecución del modelo. Los datos de entrada para ZELIG están separados en tres archivos: un archivo CONTROL que especifica las opciones de tiempo de corrida y las salidas necesarias. Los parámetros de sitio (localización, clima y suelos) son leídos del archivo SITIO y los parámetros de las especies se encuentra en el archivo ESPECIES (CUADRO 4). Estos archivos se describen en Ramírez (1995).

Para la ejecución del modelo, en el archivo CONTROL se especificó el modo interactivo entre claros, a partir de cero cobertura, y una matriz de 20 x 20 m, con período de simulación de 500 años. El archivo SITIO, contiene los parámetros correspondientes a la localidad, datos de suelo y clima del área en estudio. En cuanto a las características del suelo, se usaron tres tipos de acuerdo con los resultados obtenidos por Bello (1996) para la zona. Para las ejecuciones se consideró que la parcela es homogénea, es decir, que tiene el mismo tipo de suelo. El tipo utilizado fue el arcilloso. Con base en información bibliográfica, valores observados en campo, los parámetros calculados y otras fuentes se preparó el archivo ESPECIES.

ZELIG usa algunas relaciones alométricas que son determinadas por la forma del árbol. Estas alometrías (ALEAF y WOOD) están codificados para algunos géneros de la zona templada 1=Abies, 2=Pinus, 3= Pseudotsuga, 4= Thuja, 5=Picea, 6= Acer, 7= Alnus, 8= Quercus y 9= otras, como esta última incluye las especies latifoliadas, fue la utilizada para la simulación.

La tasa de establecimiento de plántulas (*seed*) es un valor relativo de un rango entre las especies. La capacidad de rebrote es especificada por el número de brotes que se espera sobrevivan y llegan a ser árboles grandes (*nprt*) y por el diámetro máximo para el cual se podrían esperar brotes (*sdmax*). En la simulación estos dos últimos valores se asumieron como cero, por no poseer suficiente información al respecto.

Preparados los archivos de entrada necesarios se ejecutó el modelo. ZELIG escribe varios archivos de salida los cuales pueden ser solicitados en el archivo CONTROL. Entre estos se incluyen resúmenes a nivel de parcela y agregados (PUNCH y PRINT), un perfil de índice de área foliar (PROFILE), un archivo traza escrito para cada año (TRACER) y un diagnóstico (LOG). Estos archivos son descritos en detalle por Ramírez (1995).

Resultados y discusión

La complejidad del bosque tropical, tanto en número como en características de las especies, representa siempre una limitación al desarrollo de modelos para esta zona. Sin embargo, una adecuada selección y agrupamiento de las especies facilita el proceso. Se considera que la aplicación de una clasificación implica una simplificación dentro de una complejidad como la del bosque tropical; pero, es necesaria puesto que permite establecer al menos patrones generales de lo que está ocurriendo a nivel del bosque.

En este sentido, estos bosques están compuestos principalmente por especies nómadas, con alturas entre los 15 y 30 m (Cuadro 1). Es de considerar que el mismo sufrió perturbaciones leves en épocas recientes y se encuentra en periodo de recuperación, lo que puede explicar la presencia de un gran número de estas especies.

Cuadro 3: Relaciones alométricas de las especies y grupos presentes en las parcelas bajo estudio

Especie	Coeficiente b_2	Error estándar	Coeficiciente b_3	Error estándar	r^2
Bombacopsis quinata	0,0582	0,0080	2,3030	0,0353	0,7987
Cedrela odorata	0,0982	0,0127	4,0448	1,0634	0,8307
Ceiba pentandra	0,0636	0,0071	2,2248	0,2171	0,9844
Chrysophyllum caracasanum	0,0382	1,2523	0,0105	0,2986	0,7815
Cordia collococca	0,0430	0,0211	1,2081	0,4329	0,6459
Luehea cymulosa	0,0776	0,0159	2,0489	0,3732	0,9435
Pithecellobium saman	0,0328	0,0019	1,1270	0,0669	0,9967
Pterocarpus acapulcensis	0,05910	0,0160	1,2355	0,2872	0,4804
Sloanea terniflora	0,0256	0,0047	1,2214	0,1306	0,9561
Spondias mombin	0,0159	0,0170	0,6601	0,0880	0,5299
Tabebuia rosea	0,0355	0,0087	1,5000	0,3480	0,9104
Nómadas con hmax<=30 m	0,0435	0,0058	1,5393	0,1722	0,8721
Nómadas con hmax>30 m	0,0689	0,0360	2,5094	0,1671	0,9846
Pioneras con hmax<15m	0,1570	0,0429	2,6100	0,8056	0,9006
Pioneras con hmax=15-30m	0,0881	0,0038	2,5005	0,1290	0,9932
Tolerantes con hmax<15m	0,2029	0,0134	3,8658	0,4056	0,9919
Tolerantes con hmax=15-30m	0,0983	0,0064	2,9286	0,2698	0,9811

Cuadro 4. Parámetros de las especies y grupos utilizados en la simulación, para el Bosque El Caimital

Especie		Emax	Dmax	hmax	g	L	H	N	S
Albizia colombiana	ALco	600	100	40	432	3	5	0	2
Bombacopsis quinata	Boqu	600	280	45	800	3	5	3	2
Cedrela odorata	CEod	500	180	40	1275	3	5	3	2
Ceiba pentandra	Cepe	600	250	40	690	3	5	3	2
Chlorophora tinctoria	CHti	600	120	30	470	2	5	2	3
Chrysophyllum caracasanum	CHca	550	100	30	301	2	5	2	3
Cordia collococca	COco	400	100	25	300	2	5	2	3
Luehea cymulosa	LUcy	450	180	30	805	3	5	2	3
Parinari pachyphylla	PApa	600	150	40	476	2	5	2	3
Pithecellobium saman	PIsa	600	240	35	602	3	5	0	2
Pterocarpus acapulcensis	PTac	450	150	30	1333	2	5	0	3
Sloanea terniflora	SLte	350	80	25	305	5	4	3	2
Spondias mombin	SPmo	550	120	35	245	3	5	3	2
Tabebuia rosea	TAro	450	140	35	1195	3	3	3	2
Nómadas con hmax<=30 m	Nome	350	100	30	1645	2	5	2	3
Nómadas con hmax>30 m	NOgr	550	280	45	1255	3	5	3	2
Pioneras con hmax<15m	PIpe	50	40	15	1783	2	4	2	4
Pioneras con hmax=15-30m	PIgr	80	80	30	1726	3	5	3	5
Tolerantes con hmax<15m	TOPe	250	40	15	1178	4	4	2	1
Tolerantes con hmax=15-30m	TOgr	600	100	30	1176	5	4	3	2

Emax: edad máxima, en años
Dmax: diámetro a la altura de pecho máximo, en cm
hmax: altura máxima, en m
g : tasa de crecimiento
L: tolerancia a la sombra, puede tomar valores entre 1 y 5, correspondiendo 1 a la clase muy intolerante;
H: tolerancia máxima a la sequía, siendo 1 muy intolerante y 5 muy tolerante;
N: clase de respuesta a los nutrientes con valores de O= fijadora de nitrógeno, 1= sensible y 3= no sensible y tolerante al estrés.
S: establecimiento de plántulas, es un valor relativo de un rango entre las especies.

En cuanto a las relaciones alométricas, éstas nos permiten establecer algunos parámetros de las especies con base en otros, específicamente la relación altura-diámetro ha sido muy utilizada en los modelos de claros. En los resultados se observa que, desde el punto de vista estadístico, los coeficientes de determinación (r^2) son muy buenos, en su mayoría alcanzan valores superiores a 0,90; es decir, que el 90% o más de la variación está controlada (Cuadro 3). Existen algunas excepciones como en el caso de *Pterocarpus acapulcensis* con un r^2 de 0,48, valor éste muy bajo. A esta última especie, así como a *Chlorophora tinctoria* y *Parinari pachyphylla*, las cuales tienen un número muy bajo de observaciones (inferior a 5), se les asignó los coeficientes alométricos del grupo correspondiente.

Para la obtención de los valores de altura y diámetro necesarios en el cálculo de los coeficientes alométricos se contó con poca información, considerando las innumerables investigaciones que se han realizado en la zona. Esta situación se debe fundamentalmente a que en los inventarios se hace énfasis sobre la medición de la altura comercial más que la total; por lo que se recomienda considerar ambas. Otro problema encontrado fue el que sólo se cuenta con datos por encima de 10 cm de dap, lo cual deja un vacío de información, que es especialmente problemático en las especies pequeñas (menores de 15 m de altura y con diámetros menores de 30 cm).

Para la calibración de las tasas de crecimiento de las especies se utilizaron los datos de incremento diamétrico provenientes de las parcelas permanentes, el valor considerado fue el máximo observado por especie, puesto que la tasa de crecimiento que genera GROW es la potencial. Ante el conocimiento más bien indicativo de las edades máximas, y contando con registros suficientes que permitieron establecer los diámetros máximos y los incrementos diamétricos, se aprovechó la característica de la subrutina mencionada, que funciona de manera interactiva, para lograr una estimación más aproximada de la edad.

Se observó que las especies con mayores tasas de crecimiento son *Pterocarpus acapulcensis, Tabebuia rosea* y *Cedrela odorata*, pertenecientes al grupo de las nómadas, lo que coincide con el comportamiento esperado para ese gremio, el cual muestra un crecimiento rápido, similar al de las pioneras, pero una mayor longevidad que éstas. A nivel de grupos, este comportamiento se mantiene; es decir, las nómadas (medianas y grandes) tienen las mayores tasas, seguidas por las especies pioneras medianas y las tolerantes pequeñas.

En lo relativo a otros parámetros, si se considera la variabilidad de las respuestas de las diferentes especies al ambiente, se puede considerar que cinco categorías son muy pocas, pero un mayor número incrementaría el gasto computacional y desmejoraría desde el punto de vista de la eficiencia.

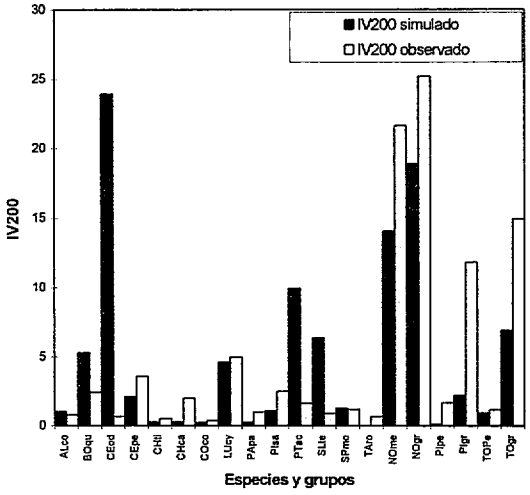
Uno de los parámetros que se incluye en el archivo ESPECIES, es el de la forma del árbol, la cual para el caso de las latifoliadas toma un valor único (9). Se considera que no es apropiado agrupar una variabilidad tan grande como la que se da en estas especies, bajo un solo valor. Es de considerar las diferencias arquitectónicas que existen entre especies tales como *Bombacopsis quinata* (especie con aletones) y *Ceiba pentandra* (fuste abombado) o entre *Pterocarpus acapulcensis* (árbol muy grande) y *Sloanea terniflora* (árbol que no sobrepasa los 25 m de altura), por mencionar sólo unos pocos casos.

Es de destacar que los valores asignados a los diferentes parámetros, de ninguna manera son definitivos; es necesario hacer esfuerzos adicionales para establecer con mayor precisión los mismos.

Si se considera que el bosque sufrió intervenciones recientes (55 y 45 años atrás), aunque se pueden considerar de ligeras a moderadas; y que, además, existen indicios de que el área, alrededor de 200 años atrás, fue objeto de cultivos agrícolas (Finol, 1964); los resultados obtenidos con la simulación en cuanto al mayor índice de importancia de las especies nómadas, se ajustan a la dinámica esperada y a los valores observados (ver figura). El índice para *Cedrela odorata* no se ajusta a lo observado; sin embargo, es de hacer notar que esta especie fue una de las dos que se explotaron recientemente.

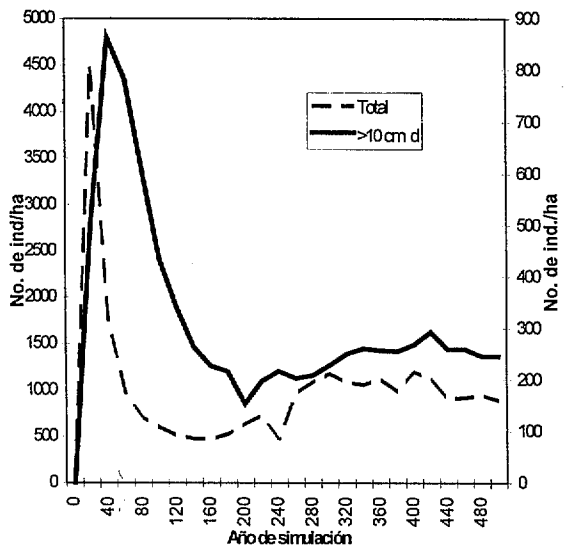
Los resultados conseguidos con la ejecución del modelo, en el año 240 de simulación, están dentro de lo esperado para la zona de vida Bosque Seco Tropical, en cuanto a la densidad de individuos arbóreos con d mayor de 10 cm, el valor simulado es de 217,44 ind/ha y el observado es de 237,26 (ver figura). Bello (1996) estimó una biomasa, por encima de 10 cm d, de alrededor de 158 Mg/ha $\pm$ 62; el modelo da un estimado de 250,25 Mg/ha pero incluye los individuos por debajo de 10 cm d. En cuanto a área basal se han observado valores de 25 m^2 /ha para la zona de vida a la que corresponde el bosque (Veillon, 1985) mientras que el modelo estima 26,37 m^2/ha

Indices de Valor obtenidos en la simulación para el año 240 y observados en las parcelas permanentes del Bosque El Caimital



El modelo ZELIG hace énfasis en las restricciones en lo relativo a luz y agua, pero en el caso de los nutrientes no es muy sensible. Además, siendo un modelo formulado para la zona templada, en lo relativo al agua, la restricción la establece en el sentido de estrés por sequía. En el caso de los bosques tropicales, específicamente los de los llanos venezolanos, es necesario considerar además el estrés por condiciones anóxicas. Por esta razón, se recomienda realizar los ajustes necesarios al modelo para que pueda reflejar mejor este parámetro.

Variación de la densidad de árboles simulada, durante un período de 500 años, partiendo de suelo desnudo, en el Bosque El Caimital.

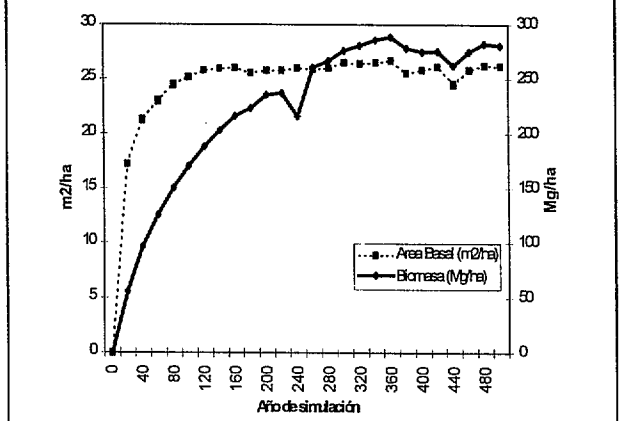


Se deben hacer esfuerzos para incorporar el ciclaje de nutrientes al modelo, puesto que éste representa un elemento importante en la dinámica forestal. En el bosque tropical una alta proporción de los nutrientes se encuentra en la biomasa, principalmente en los tallos y el follaje con una proporción similar en la hojarasca, por lo que la caída de los árboles y su descomposición representan una entrada de nutrientes que no está siendo considerada al momento de establecer la fertilidad del sitio.

La revisión de la información generada por la distintas ejecuciones del modelo indica que la misma se encuentra dentro de lo esperado. No obstante, debe afinarse la parametrización. Asimismo, en futuras investigaciones debe considerarse la heterogeneidad de los suelos y hacerse esfuerzos a fin de incorporar este elemento al modelo.

En general, se puede afirmar que el modelo ZELIG, con las modificaciones mencionadas e incluyéndole algunos otros procesos como el ciclaje de nutrientes y un manejo de lo relativo a condiciones de inundación, funciona para la predicción de la dinámica del bosque tropical.

Variación del área basal y la biomasa simuladas, para un periodo de 500 años, partiendo de suelo desnudo, en el Bosque El Caimital.



Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a Miguel Acevedo, por sus valiosos aportes en la realización de este trabajo, a Mauricio Jerez por el asesoramiento en la elaboración de las regresiones, a Luis Marcano Berti por su asistencia en la determinación botánica de las especies, a Omar Carrero por su ayuda en la agrupación de las especies, a Giorgio Tonella y Tania Jiménez por su colaboración para el uso del laboratorio. Esta investigación se realizó con el financiamiento parcial del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico, de la Universidad de Los Andes, a través del proyecto FO-312-94-A y el Convenio de Cooperación entre el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, el Departamento de Recursos Naturales de la Universidad de Illinois y el Instituto de Silvicultura de la Universidad de Los Andes.

Bibliografía

Acevedo, M.F.; Urban, D.L. and M. Ablan. 1995. Transition and gap models of forest dynamics. *Ecological Applications* 54:1040-1055.

Acevedo, M.F.; Urban, D.L. and H.H. Shugart. 1996. Models of forest dynamics based on roles of tree species. Ecological Modelling 87/1-3:267-284.

Bazzaz, F. A. 1984. Dynamics of wet tropical forests: physiological responses of pioneer and secondary species. *In:* Medina, R; Mooney, and C. Vásquez-Yanez (eds.) Physiological ecology of plants of the wet tropics. Tasks for Vegetation Science 12. Dr. W. Junk Publ., The Hague.

Bello, N. 1996. Relación entre la productividad del bosque y el contenido de nitrógeno y la textura del suelo en varias zonas de vida de Venezuela. Tesis M.Sc. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

Brokaw, N. R. 1985. Treefalls, regrowth and community structure in tropical forests. *In:* Pickett, S.T.A. and P.S. White (eds.) The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press. New York.

Brown, S; Gillespie, A. J. R. and A. Lugo. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forestry inventory data. Forest Science 35: 881-902.

Castillo, J. B. 1966. Estudio de Suelos, Bosque Experimental ULA-Caimital. Distrito Obispos, Edo. Barinas. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Los Andes. (mimeo).

Doyle, T. W. 1981. The role of disturbance in the gap dynamics of a montane rainforest: an application of a tropical forest succession model. *In:* West, D. C.; Shugart, H. H. and D. B. Botkin (eds.) Forest Succession concepts and applications. Springer-Verlag.

Ewel, J.J., Madriz, A. y J.Tossi. 1968. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa. Ministerio de Agricultura y Cría. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Caracas. Venezuela.

Fernandez, Y. 1995. Aplicación de modelos de base individual a bosques tropicales americanos: un caso de la Guayana venezolana. Tesis MSc. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes.

Field, C. and C. Vasquez-Yanez. 1993. Species of the Genus *Piper* provide a model to study how plants can grow in different kinds of rainforest habitats. Interciencia 18:230-236.

Finol, H. 1964. Estudio silvicultural de algunas especies comerciales en el Bosque Universitario "El Caimital", edo. Barinas. Rev. For. Vzlana. 7 (10-11):17-63.

Gillespie, A. J. R, Brown, S. and A. E. Lugo. 1992. Tropical forest biomass estimation from truncated stand tables. For. Ecol. Manage. 48:69-87.

Koppen, W. 1948. Climatología. Fondo de Cultura Económica. México.

Konrad, V. 1961. Plan de Ordenación del Bosque Experimental "Caimital". Trabajo Especial. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Los Andes. (mimeo).

Konrad, V. 1965. Resultados de la investigación del crecimiento de bosques naturales venezolanos. Revista Forestal Venezolana 7(12-13): 65-93.

Lamprecht, H. 1964. Ensayo sobre la estructura florística de la parte sur-oriental del Bosque Universitario "El Caimital", edo. Barinas. Revista Forestal Venezolana 7 (10-11):77-119.

Liu, J. And P.S. Ashton. 1995. Individual-based simulation models for forest succession and management. For. Ecol. Manage. 73:157-175.

Mabberley, D.J. 1992. Tropical rain forest ecology. Blackie Academic & Professional. Londres.

Martinez-Ramos, M. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. *In:* Gómez-Pompa, A. y S. del Amo (eds.) Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México.

Oldeman, R. and J. van Dijk. 1993. Diagnosis of the temperament of tropical rain forest trees. *In:* Gómez-Pompa, A. T.C. Whitmore and M. Hadley. Rain Forest and Management. Unesco y The Parthenon Publishing Group. Man and Biophere Series. Vol. 6. París. 457 p.

Pickett, S.T.A., 1983. Differential adaptation of tropical species to canopy gaps and its role in community dynamics. Tropical Ecology 24:68-84.

Ramirez, H. 1995. Aplicación de un modelo de simulación de base individual a la dinámica del bosque tropical: un caso de los llanos venezolanos. Tesis de M.Sc. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

Ramirez, H. y A. Torres-Lezama. 1996. La Simulación Forestal como herramienta para el manejo forestal. Revista Forestal Venezolana. (en prensa).

Shugart, H. H. 1984. A theory of forest dynamics. Springer-Verlag. New York.

Shugart, H.H and D.C West. 1977. Long-term dynamics of forest ecosystems. American Scientific 69:647-652.

Swaine, M. D. and T. C. Whitmore. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. Vegetatio 75:81-86.

Urban, 1993. A User's Guide to ZELIG version 2. Department of Forest Sciences. Colorado State University. Fort Collins. U.S:A:

Veillon, J. P. 1957. Primeros resultados de la medición del crecimiento de bosques naturales venezolanos. Boletín del IFLAIC. 2:73-90.

Veillon, J. P. 1977. Los bosques del Territorio Federal Delta Amacuro, Venezuela, su masa forestal, su crecimiento y aprovechamiento. Instituto de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Los Andes. 42 p.

Veillon, J. P. 1985. El crecimiento de algunos bosques naturales de Venezuela en relación con los parámetros del medio ambiente. Revista Forestal Venezolana 29: 5-120.

Veillon, J. P.; V. Konrad Y N. Garcia. 1976. Estudio de la masa forestal y su dinamismo en parcelas de diferentes tipos ecológicos de bosques naturales en las tierras bajas venezolanas. Instituto de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Los Andes. 40 p.

Whitmore, T. C. 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. Ecology 70:536-537.

Predicción de la Respuesta de un Bosque Tropical Venezolano a Diferentes Estrategias de Manejo

A. Torres Lezama
H. Ramírez
R. Baldoceda

Palabras clave: bosque tropical, explotación selectiva, manejo forestal, modelo de simulación, sustentabilidad de ecosistemas, Venezuela.

Grupo de Investigación BIODESUS.
Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes.
Vía Los Chorros de Milla. Mérida, Venezuela.
e.mail: rhirma@ing.ula.ve, torres@ing.ula.ve.
Fax: 58 -74 - 401503.

Resumen

La explotación selectiva de especies maderables en el bosque tropical ha estado sometida recientemente a un fuerte cuestionamiento. Con el propósito de explorar la aplicación de un modelo de simulación de base individual, como herramienta en la predicción de los efectos de la explotación en la dinámica del bosque, se utilizó el modelo ZELIG. Se simularon tres escenarios de aprovechamiento de especies comerciales de acuerdo al diámetro mínimo de cortabilidad establecido legalmente; en el primero se extrajo toda la masa, en el segundo sólo un 50% y en el tercero se agregó al escenario previo el daño que causan las actividades extractivas. En cada escenario se evaluaron los archivos de salida referidos a los parámetros de densidad promedio, área basal promedio y biomasa total maderable. Asimismo, se determinó el grado de sustentabilidad ecológica, en función del nivel de recuperación que mostraba el bosque remanente con respecto a los valores iniciales del bosque no explotado. Se concluye que el modelo, mejorándole las alometrías, puede utilizarse como herramienta para la predicción de las posibles consecuencias de la explotación forestal.

Introducción

Los bosques neotropicales se encuentran bajo una fuerte presión asociada a la expansión de la frontera agrícola, el aprovechamiento selectivo de especies maderables y la extracción minera. Por lo tanto, se hace muy necesario contar previamente con programas de manejo que puedan garantizar un desarrollo forestal sustentable (Stiles, 1995).

Especialmente a partir de la década de los 70, los países afectados reconocieron la necesidad del manejo, la conservación y el desarrollo sustentable de los bosques; de esa manera se han venido adoptando nuevos instrumentos de planificación para una gestión con bases ecológicas, entre los que se encuentra la exigencia de los estudios de impacto ambiental para todos los proyectos de aprovechamiento forestal y cambio de uso de las tierras forestales (Abaza, 1995). A pesar de haberse desarrollado nuevas técnicas para la evaluación de impactos, todavía subsisten grandes inconvenientes y problemas importantes que es necesario abordar para su aplicación. Asimismo, se carece de una base de datos ambientales y socio-económicos pertinente. En consecuencia, es apremiante fomentar y promover técnicas sencillas, coherentes y adecuadas que puedan ser adaptadas a nivel nacional y local.

En los bosques naturales, los modelos de simulación son usados para predecir la dinámica (e.g. Leak, 1968; Hartshorn, 1975; Ferguson *et al.*, 1986; Hamilton, 1990; Vanclay, 1995). Igualmente, se aplican en la operación del bosque como sistema (Botkin, 1993), con respecto al diámetro mínimo de corta, ciclo de corta, tratamientos silvícolas (Howard y Valerio, 1992), evaluación de impactos ambientales (Shugart y West, 1977) y cambios clima-vegetación (Shugart y Smith, 1992).

Un especial interés ha despertado en los investigadores el estudio del impacto que causa la explotación

sobre la dinámica del bosque húmedo tropical. Los antecedentes más abundantes proceden de los países tropicales de Asia y Africa, donde durante décadas se ha venido generando información sobre las implicaciones de la explotación selectiva mecanizada, como por ejemplo sobre la regeneración natural (Wyatt-Smith y Foenander, 1962), el crecimiento de las especies remanentes (Miller, 1981, Bossel y Krieger, 1994, Vanclay, 1994), en la estructura, composición, regeneración y el hábitat de las especies forestales (Abdulhadi *et al.*, 1981; Ola-Adams, 1987; Borhan *et al.*, 1987; Woods, 1989), sobre la flora en general y sus consecuencias en la población de frugívoros y folívoros (Andrew, 1988). En el trópico americano, los estudios principalmente han sido sobre los efectos económicos, sociales y ecológicos que ocasiona la extracción forestal sobre los bosques amazónicos (Uhl y Guimaraes, 1989; Uhl *et al.*, 1991; Verissimo *et al.*, 1992; Macedo y Anderson, 1993). En Venezuela, Plonczak (1993) y Kammesheidt (1994) evaluaron la estructura y diversidad de la vegetación remanente en los bosques de los llanos occidentales. En América Central, Chaves (1994), Gonzáles y Chaves (1994) estudiaron la estructura, composición y la dinámica de los bosques húmedos tropicales aprovechados de Costa Rica.

Uno de los grandes problemas de la gestión del recurso forestal es la toma de decisiones, ello ha llevado a la búsqueda de nuevas técnicas, que reduzcan el grado de incertidumbre en el manejo de los bosques. Entre éstas, los modelos de simulación constituyen una novedosa herramienta y son de mucha utilidad, debido a que permiten tener una visión anticipada de las distintas alternativas de gestión y sus respectivas consecuencias o efectos que pueden derivarse al decidir intervenir el ecosistema boscoso.

No obstante, son pocas y recientes las experiencias de aplicación de los modelos de simulación para los bosques tropicales, como herramienta para la predicción de los posibles cambios que pueden ocasionar los distintos sistemas de aprovechamiento forestal y de esa manera anticipar aquellos escenarios que no garantizan su sustentabilidad (e.g. Vanclay, 1990, 1994; Bossel y Krieger, 1991, 1994; Gullison y Hardner, 1993).

La dificultad de contar con una herramienta confiable y aplicable para los bosques tropicales, se ha debido a una serie de deficiencias y factores que podemos indicar: a) poca o nula base de datos, tanto en cantidad como en calidad adecuada; b) poca disponibilidad de modelos desarrollados para las condiciones de bosques tropicales; c) necesidad de adoptar muchos valores supuestos, cuando la información no existe; d) dificultad de ejecutar el modelo considerando la totalidad de las especies del bosque y e) alto costo del personal capacitado para la formulación de modelos aplicables a bosques tropicales.

El presente trabajo tiene como objetivos: a) predecir a largo plazo los efectos de los diferentes escenarios de explotación forestal sobre la estructura y composición del bosque experimental "El Caimital", mediante el uso del modelo ZELIG.2; y b) evaluar la aplicabilidad del modelo. El bosque mencionado es descrito en otro trabajo (Ramírez y Torres, 1997) presentado en este mismo simposio.

Metodología

Descripción del área de estudio

En esta etapa se procedió a recopilar toda la información existente del área de estudio, las características físico-ambientales y la información biológica de las especies.

La información físico-ambiental comprendió la ubicación geográfica, latitud y longitud, elevación, información climática (con detalles de las características de la precipitación mensual; temperatura máxima, mínima y promedio; y radiación solar), características de los suelos (como tipo, clase textural, profundidad, capas del suelo, niveles de fertilidad, capacidad de campo y punto de marchitez para cada nivel).

La información biológica de las especies comprendió el nombre científico, familia, abundancia, forma de crecimiento, tasas de crecimiento máximo, diámetro máximo, altura total y altura máxima que alcanza, edad máxima, requerimientos de luz y patrones de reproducción

Selección de especies

Debido a la dificultad de ejecutar el modelo con un número elevado de especies, se procedió a seleccionar 20 de ellas, utilizando el criterio de importancia en función del indicador denominado Índice de Valor (IV), el cual fue calculado para cada especie por Ramírez (1995). Así se escogieron las 14 especies individuales, que representan el 74,46 % del IV relativo del bosque "El Caimital". Las demás especies se agruparon de acuerdo a los criterios descritos por Ramírez (1995). Los criterios de selección empleados fueron los requerimientos de luz y el crecimiento reflejado en la altura máxima que pueden alcanzar los individuos. En cuanto a las necesidades de luz se establecieron tres clases: 1) alto (especies fuertemente demandantes de luz, al que corresponden las especies heliófitas); 2) medio (especies que toleran medianamente las condiciones de sombra); y 3) bajo (especies que tienen una tolerancia alta a la sombra). Las clases de alturas consideradas fueron: 1) altura máxima menor de 15 m; 2) altura máxima entre 15 y 30 m de altura; y 3) altura máxima mayor de 30 m.

Estimación de valores de los parámetros

Para la elaboración de los archivos de entrada del modelo es necesario establecer previamente una serie de índices y parámetros como los coeficientes alométricos, tasas de crecimiento y tolerancias térmicas, los que se obtienen fuera del modelo ZELIG.

- ***Cálculo de la relación alométrica altura-diámetro***

Para cada una de las 14 especies dominantes y para los seis grupos de especies se tomaron los valores de los coeficientes alométricos calculados por Ramírez (1995). Los coeficientes alométricos b_0 y b_1 fueron estimados por regresión no lineal a partir de los datos de altura y diámetro para el conjunto de árboles de la misma especie o grupo de especies. Los datos de altura y diámetro se obtuvieron de los registros de evaluación realizadas en las parcelas permanentes del bosque experimental "El Caimital" y de datos provenientes de otros inventarios realizados en la zona. Los parámetros b_0 y b_1 obtenidos, se ingresaron en el archivo ESPECIES para las 14 especies individuales y los seis grupos ecológicos mencionados.

- ***Cálculo de las tasas de crecimiento y estimación de los límites de tolerancia térmica***

En la versión ZELIG.2 (Urban, 1993) se dispone de un programa de soporte llamado GROW, el cual se usa para calibrar las tasas de crecimiento (g) de las diferentes especies de acuerdo a las condiciones de crecimiento especificadas por el usuario. Los valores de g fueron tomados de la calibración realizada por Ramírez y Torres (1997).

Los valores de las tolerancias térmicas se tomaron de Ramírez (1995), y se obtuvieron al ejecutar el programa de soporte llamado WEATHER. Debido a la falta de información sobre la tolerancia térmica de las especies se adoptó una sola para todas. Con base en los resultados obtenidos al ajustar el programa mencionado, 7671,4 grados-día de crecimiento con una desviación estándar de 71,8 grados-día, se adoptó una banda de tolerancia térmica de ± 2500 grados-día, considerando como punto medio el valor hallado para garantizar que las especies no sufrieran restricciones por temperaturas extremas (Ramírez, 1995).

- ***Ejecución preliminar del modelo***

Esta etapa se realizó con la finalidad de ajustar algunos parámetros o coeficientes que afectaban la simulación. Se utilizaron los archivos generados por Ramírez y Torres (1997) que presentaban una buena parametrización del modelo para el área. Una vez verificados los parámetros de salida se procedió a elaborar los diferentes archivos de entrada, considerando los distintos tratamientos diseñados para evaluar el efecto del aprovechamiento.

- ***Preparación de los tratamientos o escenarios de aprovechamiento***

Inicialmente se realizó un estudio preliminar con varios escenarios (9) de aprovechamiento forestal, basado en un sistema de manejo policíclico, combinando ciclos de corta y diámetro mínimo de cortabilidad (cf. Baldoceda, 1996). Para los fines de este trabajo se escogieron tres escenarios de aprovechamiento de especies comerciales, incluyendo el daño que ocasiona la extracción. Los mismos fueron:

- **Escenario 1**: Aprovechamiento de todos los árboles comerciales a partir del diámetro mínimo de cortabilidad. Para las especies *Bombacopsis quinata* y *Cedrela odorata* fue de 50 cm y para el resto de 35 cm de dap.

- **Escenario 2**: Aprovechamiento del 50 % de los árboles comerciales, considerando los diámetros mínimos de cortabilidad.

- **Escenario 3**: Aprovechamiento del 50 % de los árboles comerciales, considerando los diámetros mínimos de cortabilidad, incluyendo el daño que ocasiona la extracción a la vegetación remanente. El daño ocasionado por la extracción, se determinó en función del número de árboles extraídos, eliminando el 50 % de los individuos en la categoría 0-10 cm tomando como referencia las evaluaciones de Uhl y Guimaraes (1989) y Plonczak (1993).

De las 14 especies del grupo de las nómadas grandes, 11 son de alto valor comercial y las que se extraen con mayor intensidad; las demás consideradas comerciales están dentro del grupo de las nómadas medianas.

- ***Ejecución del modelo***

Una vez obtenidos los parámetros para cada una de las especies se elaboraron los archivos de entrada del modelo, CONTROL, SITIO y ESPECIES, los cuales son descritos en Ramírez y Torres (1996). Con estos archivos se realizaron las diferentes ejecuciones del modelo para cada uno de los escenarios planteados. ZELIG después de cada simulación reporta varios archivos de salida, que son solicitados con una periodicidad especificada en el archivo CONTROL. Entre éstos se incluyen los resúmenes a nivel de parcela y agregados (archivos PUNCH y PRINT), un perfil del índice del área foliar (PROFILE), un archivo traza escrito para cada año de simulación (TRACER) y un archivo diagnóstico (LOG) (ver Ramírez y Torres, 1996).

Adicionalmente, con la opción 2 de INDATA en el archivo CONTROL se genera el archivo Z. DUMP que reporta los valores referidos para cada celda de la parcela y para el último año de simulación; contiene datos del número de la celda, número de árboles, número de las especies presentes

(de acuerdo al orden que se encuentran en el archivo ESPECIES) y el diámetro. Este archivo fue utilizado para seleccionar los árboles que superaban los diámetros mínimos de corta, de acuerdo a los escenarios indicados en la metodología.

Resultados y discusión

Resultados de las simulaciones

Con base en referencias históricas del Bosque "El Caimital", se asumió que el mismo tiene una edad aproximada de 240 años, las condiciones actuales del mismo fueron simuladas por Ramírez y Torres (1997). Partiendo de esas condiciones se procedió a simular cada uno de los escenarios planteados.

Simulación del bosque no explotado

La densidad total, al final de la simulación del bosque natural fue de 891,25 ind/ha, de los cuales 245,50 tienen más de 10 cm de dap, valor que se encuentra en el rango de 208 - 336 individuos reportado para el bosque El Caimital (Veillon, 1985). Asimismo, es muy similar a los observados por Gonzáles y Chaves (1994) para bosques de Costa Rica, donde se encontraron 286 árboles/ha. Ola-Adams(1987) halló 190,9 árboles/ha en bosques semideciduos imperturbados; 108,7 árboles/ha en bosques deciduos perturbados y 104,9 árboles/ha en bosques semideciduos secundarios.

La distribución de árboles por categorías diamétricas, en los diferentes períodos de la simulación, mostró una distribución regular, muy parecida a la forma "J invertida" que se reporta para bosques naturales. Esta característica ha permitido la recuperación de los individuos en los diferentes escenarios de aprovechamiento.

El área basal es un parámetro ampliamente estudiado, por su relación con el tamaño y la ocupación del espacio que tienen los árboles. En la simulación se incrementó hasta 26,156 m^2/ha (incluye la categoría 0-10 cm de dap y sólo individuos arbóreos), valor que consideramos muy aproximado al de 25 m^2/ha encontrado por Veillon (1985) para el mismo bosque (a partir de 10 cm), y muy cercano al valor citado por Lamprecht (1990), que considera "normal" valores de 29 m^2/ha para bosques similares de los llanos occidentales venezolanos.

En relación a otros estudios, también se encontraron resultados similares. Por ejemplo, Ola-Adams (1987), evaluando la estructura de bosques de Nigeria, encontró 28,9 m^2/ha de área basal en bosques semideciduos primarios sin perturbación; 14,0 en bosques deciduos perturbados y 11,7 en bosques semideciduos secundarios. Abdulhadi *et al.* (1981) halló 22,5 m^2 en bosques primarios malayos. Gonzáles y Chaves (1994) reportan que el área basal alcanzada en los bosques de Sarapiquí es de 25 m^2/ha, cantidad inferior a lo encontrado en la estación biológica La Selva de Costa Rica (28 m^2/ha). Uhl *et al.* (1991) encontraron 24,9 m^2/ha de área basal en bosques naturales de Tailandia-Pará, evaluando árboles mayores de 10 cm d.

La biomasa en la simulación se incrementó hasta 218,159 Mg/ha a los 240 años de simulación, valor éste que se encuentra cercano al límite superior reportado para el mismo sitio por Bello (1996) de 158 $\pm$ 62 Mg/ha, para individuos con d >10 cm en la misma área. Uhl y Saldarriaga (1986) encontraron en San Carlos de Río Negro (Venezuela), que la biomasa aumentaba linealmente en los primeros años de recuperación, pasando de 15 (a los dos años) a 150 Mg/ha a los 60 años, un 59% de la biomasa del bosque maduro. Según los mismos autores, la acumulación de la biomasa total (aérea y subterránea) en superficies utilizadas en agricultura migratoria se acumula lentamente, calculando que una parcela recién abandonada necesita de 140 a 200 años para alcanzar una biomasa comparable a la del bosque maduro no perturbado. Ese período puede alargarse según el grado de la perturbación; a perturbaciones fuertes (eliminación total de la capa superficial del suelo) el período de recuperación puede necesitar más de 1000 años para alcanzar los valores del bosque natural. Estos períodos indicados muestran mucha relación con el período de simulación; en este caso, se necesitó de 240 años para llegar a los 218,59 Mg/ha.

La cantidad de biomasa encontrada en la simulación es comparable a otros valores reportados por Vitousek y Sandorf (1986) para algunas zonas tropicales, como Ghana donde encontraron 233 Mg/ha de biomasa, Jamaica (209), Puerto Rico (197), y entre 180 a 185 en Venezuela (Alto Bana y Caatinga); mientras que resultó mucho menor a algunas zonas de moderada y baja fertilidad de suelos como en los bosques de Panamá (316), zona central del Amazonas Brasileño (406), estado Amazonas de Venezuela (335) y los Andes de Venezuela (348 Mg/ha).

- ***Simulación de la respuesta del bosque a la extracción de especies comerciales***

La densidad total de árboles en los tres escenarios mostró una tendencia creciente. En el primero subió de 372,5 a 846,75 árboles/ha, en el segundo ascendió de 404,12 a 980,7 y en el tercer escenario se incrementó de 336,38 a 1024,7, para los 260 años de simulación posterior a la corta. Con respecto al número de árboles con un d > 10 cm en el escenario 1, la recuperación de la densidad tomó un periodo de 140 años; en los escenarios 2 y 3 el tiempo requerido fue un poco menor (120 años).

En lo que respecta al área basal, en los tres escenarios el grado de recuperación de este parámetro varió según los escenarios. En el escenario 1, tomó un periodo de 140 años recuperar el área basal del bosque natural; en los escenarios 2 y 3 se requirió de 100 años para lograr restablecer los valores.

Dawkins (1958) y Graff (1986) indican que para lograr una reacción satisfactoria del bosque, se debe extraer la mitad o los dos quintos del área basal. Para el caso en

estudio se simuló la extracción de un 60,86% del área basal en el escenario 1, 37,74% en el escenario 2 y 41,16% en el escenario 3.

La biomasa maderable mostró tendencias similares en los escenarios 2 y 3, con un periodo de recuperación de 60 y 80 años respectivamente; en el escenario 1 el tiempo fue mayor (120 años).

- ***El modelo de simulación como herramienta de estudio y gestión***

Como indica Vanclay (1994), para el cálculo de la sustentabilidad de la producción de un bosque se requiere de una serie de operaciones básicas, entre las que se encuentran el conocimiento previo del crecimiento diamétrico, volumétrico, nivel de mortalidad, reclutamiento (incorporación de nuevos individuos) e intervalos de aprovechamiento; los que se pueden obtener utilizando herramientas de predicción como los modelos de simulación. Dichos modelos deben ser validados formalmente, y sus resultados se deben tomar como indicativos. No obstante, el modelo puede servir para ilustrar las diferencias de las numerosas opciones y de esa manera ser utilizado por el planificador para escoger la mejor.

A pesar de los problemas encontrados con algunos parámetros, se puede indicar que el modelo constituye una valiosa herramienta para el estudio de la dinámica del bosque y para explorar sus posibles aplicaciones cuando se somete a diferentes escenarios de aprovechamiento. Los problemas encontrados pueden ser superados en la medida que se realicen nuevos estudios para el mejoramiento y afinamiento de los parámetros o se propongan algunas modificaciones en el modelo para adecuarlo a las condiciones de bosques tropicales, como las alometrías determinadas por "forma del árbol" (cf. Ramírez y Torres, 1996), el que considera a todas las especies de un solo tipo de arquitectura.

Conclusiones

Este trabajo ha permitido visualizar la aplicabilidad de los modelos de simulación en la evaluación de efectos de las actividades de aprovechamiento y se puede concluir que puede ser usado para evaluar las consecuencias de un determinado sistema silvicultural, como el caso de Bossel y Krieger (1991) que, aplicando el modelo FORMIX en bosques de dipterocarpáceas, llegaron a determinar que ni el actual Sistema Malayo Uniforme (MUS) con 70 años de ciclo de corta, ni el anterior Sistema de Manejo Selectivo (SMS) con ciclos de 35 años, se acercan a la frecuencia de la regeneración natural del bosque tropical de la península. Ambos sistemas fueron considerados como no sustentables para la producción de madera, por lo que se recomendó la adopción de periodos de 100 y 200 años de ciclo para los bosques con abundancia de árboles de copa altas o emergentes, respectivamente. Según dichos autores, esta conclusión es válida para sistemas de manejo similares que se realizan en otras zonas tropicales y subtropicales del mundo.

El modelo utilizado, aun cuando tiene algunas deficiencias identificadas por estudios anteriores, ha permitido realizar una serie de ejercicios de simulación de los efectos posibles en varios escenarios de explotación forestal. Los resultados obtenidos para algunos parámetros (densidad, área basal, biomasa) se pueden considerar aceptables; mientras que para otros (altura) se hace necesario profundizar la investigación tendiente a su mejoramiento, a fin de contar con una herramienta que permita estudiar la dinámica sucesional del bosque.

Debido a la dificultad de contar con los valores de la altura comercial de cada uno de los árboles, no ha sido posible determinar los volúmenes extraídos en cada escenario, limitando el análisis de la rentabilidad y su relación con la sustentabilidad del bosque.

De los distintos escenarios simulados, se pueden considerar que los escenarios 2 y 3 garantizan una recuperación más rápida del bosque, si se combinan los diámetros de cortabilidad con periodos de 100 o más años de ciclo de corta. Dichas condiciones, no deben considerarse como escenarios definitivos que pueden contribuir a la solución del problema del manejo forestal en el trópico, sino como una prueba ilustrativa de la aplicabilidad y las posibilidades que se pueden tener en el futuro con los modelos de base individual, y específicamente del modelo ZELIG versión 2.

Bibliografía

Abaza, H. 1995. Aprovechando el bosque. Revista Nuestro Planeta (PNUMA) 1:25-27.

Abdulhadi, R.; Kartawinata, K. y Sukardjo, S. 1981. Effects of mechanized logging in the lowland dipterocarp forest at Lempake, East Kalimantan. The Malaysian Forester 44(2):407-418.

Acevedo, M.F.; Urban, D.L. and M. Ablan. 1995. Transition and gap models of forest dynamics. Ecological Applications 54:1040-1055.

Andrew, J.D. 1988. Effects of "selective" timber extraction on rain forest structure and composition and some consequences for frugivores and folivores. Biotropica 20(1):31-37.

Balcodeda, R. 1996. Aplicación de un modelo de simulación para predecir la respuesta de un bosque tropical al aprovechamiento: un caso de los llanos occidentales venezolanos. Tesis M.Sc. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigacion Ambiental y Territorial, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

Bello, N. 1996. Relación entre la productividad del bosque y el contenido de nitrógeno y la textura del suelo en varias zonas de vida de Venezuela. Tesis M.Sc. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

Borhan, M.; Johari, B. y E.S. Quah. 1987. Studies on logging damage due to different methods and intensities of harvesting in a hill dipterocarp forest of Peninsular Malaysia. The Malaysian Forester 50(2):135-147.

Bossel, H. Y Krieger, H. 1991. Simulation model of natural tropical forest dynamics. Ecological Modelling 59:37-71.

Bossel, H. Y Krieger, H. 1994. Simulation of multi-species tropical forest dynamics using a vertically and horizontally structured model. Forest Ecology and Management 69:123-144.

Botkin, D.B. 1993. Forest dynamics: An ecological model., Oxford: Oxford University Press.

Chaves, E. 1994. Crecimiento y dinámica del bosque húmedo tropical después del aprovechamiento. Ciencias Ambientales 11:12-22.

Dawkins, H.C., 1963. The productivity of tropical high-forest trees and their reaction to controllable environment. PhD thesis, University of Oxford.

Ferguson, D.E.; Stage, A.R. y Boyd, R.J. 1986. Predicting regeneration in the grand fir-cedarhemlock ecosystem of the northern rocky mountains. Forest Science Monograph 26.

Gonzales, E.J. y Chaves E. 1994. Estructura y composición de un bosque húmedo tropical explotado. Ciencias Ambientales 11:36-57.

Graaf, de N.R. 1986. A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname. Agricultural University of Wageningen.

Gullison, R.E. y Hardner, J.J. 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.

Hamilton, D.A. 1990. Extending the range of applicability of an individual tree mortality model. Canadian Journal of Forest Research 20:1212-1218.

Hartshorn, G.S. 1975. A matrix model of tree population dynamics. pp: En: Tropical ecological systems. Golley, F.B., and Medina, E. (eds.). New York: Springer-Verlag.

Howard, A. F. y Valerio, J. 1992. A diameter class growth model for assessing the sustainability of silvicultural prescriptions in natural tropical forest. Commonwealth Forestry Review 71:171:177.

Kammesheidt, L. 1994. Bestandesstruktur und artendiversität in selektiv genutzten feuchtwätdern der westlichen llanos Venezuelas, unter besonderer berücksichtigung einiger antökologischer merkale wichtinger baumarten. No 100. Göttingen: Göttinger Beiträge Zur Lan-Und Forstwirtschaft in Den Tropen Und Subtropen.

Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos. Trad. de la ed. alemana. Eschborn: Cooperación Técnica - República Federal de Alemania.

Leak, W.B. 1968. Birch regeneration: A stochastic model. USDA Forest Service Research. Note EN-85.

Macedo, D. y Anderson, A. 1993. Early ecological changes associated with logging in an Amazon floodplain. Biotropica 25(2):151-163.

Miller, T. 1981. Growth and yield of logged-over mixed dipterocarp forest in east Kalimantan. The Malaysian Forester 44(2):419-424.

Ola-Adams, B. A. 1987. Effects of logging on the residual standas of a lowland rainforest at Omo Forest Reserve, Nigeria. The Malaysian Forester 50(4):403-413.

Plonczak, M. 1993. Estructura y dinámica de desarrollo de bosques naturales manejados bajo la modalidad de concesiones en los llanos occidentales de Venezuela. Mérida: Instituto Forestal Latinoamericano.

Ramirez, H. 1995. Aplicación de un modelo de simulación de base individual a la dinámica del bosque tropical: un caso de los llanos venezolanos. Tesis de M.Sc. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

Ramirez, H. y A. Torres-Lezama. 1996. La Simulación como herramienta para el manejo forestal. Revista Forestal Venezolana. (en prensa).

Ramirez, H. y A.Torres-Lezama. 1997. Parametrización de un modelo de simulación de base individual como base para el manejo de un bosque tropical venezolano. Simposio Internacional sobre Posibilidades para el Manejo Forestal Sostenible en America Tropical, Bolivia.

Shugart, H. H. 1984. A theory of forest dynamics. New York: Springer-Verlag.

Shugart, H. H. 1987. Dynamic ecosystem consequences of tree birth and death patterns. BioScience 37:596-607.

Shugart, H. H. y West, D. C.. 1977. Development of an appalachian deciduous forest succession model and its aplication to assessment of the impact of the chestnut blight. Journal of Environmental Management 5:161-179.

Shugart, H. y Smith, T.M. 1992. Modelos para predecir la dinámica de los bosques boreales en respuesta al cambio ambiental.Unasylva 43:30-38.

Stiles, D. 1995. Una nueva función para la evaluación ambiental. Revista Nuestro Planeta (PNUMA). 4:33-34.

Swaine, M. D. and T. C. Whitmore. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. Vegetatio 75:81-86.

UHL, C. y Guimaraes, I.C. 1989. Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon: A case study from the Paragominas Region of the state of Pará. Biotropica 21(2):98-106.

UHL, C. y Saldarriaga, J. 1986. Fragilidad de la pluviselva amazónica. Investigación y Ciencia. 121:72-81

UHL, C.; Veríssimo, A.; Mattos, M.; Brandino, Z. y Guimaraes, I.C. 1991. Social, economic and ecological consequences of selective logging in an Amazon frontier: The case of Tailandia. Forest Ecology and Management 46:243-173.

Urban, D.L. 1993. A User's Guide to ZELIG version 2. Department of Forest Sciences. Colorado State University. Fort Collins. USA.

Vanclay, J. K. 1990. Effects of selection logging on rainforest productivity. Australian Forestry 53:200-214.

Vanclay, J. K. 1994. Sustainable timber harvesting: simulation studies in the tropical rainforests of north Queensland. Forest Ecology and Management 69:299-320.

Vanclay, J. K. 1995. Growth models for tropical forests: A synthesis of models an methods. Forest Science 41:7-42.

Veillon J. P. 1985. El crecimiento de algunos bosques naturales de Venezuela en relación con los parámetros del medio ambiente. Revista Forestal Venezolana. 29:5-120.

Veríssimo, A..; Barreto, P.; Mattos, M.; Tarifa, R. y UHL, C. 1992. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old amazonian frontier: the case of Paragominas. Forest Ecology and Management 55:169-199.

Vitousek, P.M. y Sanford, L. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. Annual Review of Ecology and Systematics 17:137-176.

Woods, P. 1989. Effects of logging, drought and fire on structure and composition of tropical forests in Sabah, Malaysia. Biotropica 21(4):290-298.

Wyatt-Smith, J. y Foenander, E.C. 1962. Damage to regeneration as a result of logging. The Malaysian Forester 25:40-44.

Estudio de Crecimiento y Rendimiento en un Bosque Secundario de Costa Rica

Mario Javier Sánchez Sánchez

Resumen

Los bosques secundarios cada vez tienen mayor importancia para la conservación de la biodiversidad y la producción sostenida del recurso forestal. Su presencia en Costa Rica se debe principalmente a la crisis económica de la ganadería en la década de los 60 y el subsiguiente abandono de tierras.

A pesar de ser una masa boscosa de reciente interés, existen organismos e instituciones que han volcado sus esfuerzos para investigar estos bosques, porque constituyen una fuente de futura producción de productos maderables y no maderables para la humanidad. Dada esta situación es imperativo desarrollar metodologías útiles y prácticas para la planificación del uso racional y sostenido del recurso, y que permitan mostrar: a) cómo identificar y montar un programa para generar las informaciones básicas necesarias, b) cómo hacer proyecciones a pesar de la carencia de información, y c) cómo implementar el manejo de los bosques primarios intervenidos y secundarios, en base a la información generada.

Como consecuencia del enfoque cortoplazistá, en muchos casos y países del trópico no se considera el crecimiento ni las proyecciones futuras del rendimiento para las actividades forestales. Esta falta de visión o planificación conlleva a cometer errores y hacer sólo uso de aproximaciones, cuyos resultados se reflejan en el manejo no eficiente y baja productividad de los bosques.

Es en este sentido que el presente artículo tiene como objetivo mostrar el desarrollo de un modelo de proyección de crecimiento y rendimiento, y demostrar su uso para la planificación del manejo sostenible de un bosque natural.

Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en el bosque secundario de Pilar del Cajón, ubicado en San Isidro del General del cantón Pérez Zeledón. El mismo cuenta con una superficie de 180 ha y una edad aproximada de 40 años.

La fisiografía del área es ondulada con ciertas depresiones relativamente fuertes hasta de un 30 % en distancias cortas. El suelo pertenece al orden de los ultisoles, es arcilloso de color rojo amarillento con un pH de 4,6.

Según la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge la vegetación corresponde a un bosque húmedo tropical (bh-T). El bosque se encuentra en la tercera fase de sucesión secundaria y está constituido por 84 especies arbóreas, de las cuales el 26,2 % tienen valor comercial, el 3,6 % son potencialmente comerciales y las restantes no tienen ningún valor comercial actual. En el Anexo 1 se presenta la lista de especies.

Metodología

Una de las principales fuentes de información para el presente trabajo fue la recopilada desde 1988 por el Proyecto PBN/CATIE/RENARM de ocho parcelas

Consultor Forestal
Av. Nuñez del Prado N° 838
Teléfono 591-66-34824 ó 34146
P.O.Box 1056
Tarija, Bolivia

permanentes de muestreo (PPM) establecidas de acuerdo a la metodología propuesta por Hutchinson (1982).

El tamaño de las PPM es de 0,25 ha (50x50 m) divididas en 25 subparcelas de 10x10 m, dentro de las subparcelas se delimitaron parcelas pequeñas de 5x5 m para realizar conteos de latizales y de 2x2 m para brinzales. Cuatro de las parcelas grandes fueron sometidas a tratamiento silvicultural de liberación de árboles seleccionados de 10 a 39,9 cm de diámetro a la altura del pecho (dap), y se realizó un aprovechamiento de mejora extrayendo todos los árboles con dap ≥ a 40 cm. En al área de amortiguamiento de las parcelas tratadas también se aplicó dicho tratamiento silvicultural para evitar el efecto de borde.

Las variables consideradas anualmente desde 1988 fueron las siguientes: a) codificación, b) clase de identidad (Cuadro N° 1), c) nombre vernacular, d) grupo comercial, e) diámetro a la altura del pecho, f) calidad del fuste (Cuadro N° 2), g) iluminación de copa (Cuadro N° 3), h) forma de copa (Cuadro N° 4), i) presencia de lianas (Cuadro N° 5).

Independientemente de estas variables, en el año 1995 se realizaron mediciones de 680 árboles en las parcelas tratadas y 789 árboles en las parcelas testigo, las variables consideradas para este efecto fueron: dap, diámetro en el punto superior del fuste comercial neto (Forcípula óptica), y la altura comercial. Con base en esta información se realizó el ajuste de un modelo estadístico para calcular el volumen con corteza por árbol individual.

Análisis básico de crecimiento, reclutamiento y mortalidad

Para el crecimiento se calculó el incremento diamétrico anual por árbol individual considerando todos los árboles que sobrevivieron el período de medición (1988 - 1995), como producto final se determinó el promedio del incremento corriente anual en cm. Es necesario hacer notar que aquellos árboles que presentaban medidas poco confiables fueron eliminados, siendo el incremento máximo permisible de -0,2 cm.

Por otra parte se establecieron tres escenarios de comparación; el primero, está integrado por todos los árboles indistintamente si pertenecen o no a especies comercializables, o en su caso, sean o no árboles seleccionados; el segundo, considera solamente los árboles que pertenecen a especies comercializables, sin restringir si sus árboles son o no seleccionados para el tratamiento silvicultural; finalmente, el tercer escenario contempla la información proveniente de los árboles seleccionados únicamente. Nótese que en todos los casos cada especie contempla como mínimo cuatro árboles. Para fines del presente artículo solamente se emitirán los resultados correspondientes al segundo y tercer escenarios.

Dada la insuficiente información para estudiar el crecimiento a nivel de especie individual, una manera de minimizar la variabilidad de la información es agrupando las especies que tengan características parecidas de velocidad y distribución del crecimiento (Dawkins, 1958; Alder, 1983; Vanclay, 1994).

Considerando lo antes mencionado, se realizó el agrupamiento de especies de acuerdo a la distribución del crecimiento de cada especie, para este efecto se determinó el incremento mediano, máximo, y los primeros y terceros cuartiles por especie tomando en cuenta los árboles que integran cada escenario a través de Análisis Cluster y Discriminatorio.

Con base en los grupos de crecimiento de cada escenario y con la finalidad de generar la información necesaria para la modelación de la proyección del crecimiento, se calculó el incremento mediano por clase diamétrica de los grupos de especies por escenario y tratamiento.

El reclutamiento fue determinado en términos del número promedio de árboles por ha año que ingresan a la clase diamétrica menor de 10-19,9 cm., por tratamiento, escenario y grupo de crecimiento parecido. La mortalidad es un evento de baja frecuencia y la información recolectada es insuficiente para determinar modelos independientes para cada escenario y grupo de crecimiento, motivo por el cual se resolvió modelar la información por clase diamétrica dentro de cada tratamiento, considerando los individuos vivos en el momento de realizar la primera medición (1988) como un cohorte de la población, siendo la variable dependiente el número de árboles que sobreviven en función del tiempo, y el modelo utilizado fue exponencial negativo.

Análisis estadístico de la información

A través de la Correlación de Rango de Spearman se determinó qué variables independientes cualitativas y cuantitativas de los árboles presentan correlación con su crecimiento, se tomaron en cuenta como variables cualitativas a la calidad del fuste, grado de iluminación de copa, forma de copa y presencia de lianas de la primera medición para los árboles de las parcelas testigo y de la segunda medición para los pertenecientes a las parcelas tratadas; y como cuantitativas el diámetro inicial y los incrementos diamétricos anuales.

Para notar las diferencias de crecimiento entre tratamientos por escenario y grupos de crecimiento parecido se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis recomendada para informaciones que no presentan una distribución normal.

Cuadro 1: Clasificación de clase de identidad (Hutchinson, 1982)

	Fuste		Tocón		No.
Clase de identidad	Completo	Quebrado	Quebrado	Cortado	Encontrado
ARBOLES: (>10 cm. dapcc)					
Subparcela 10x10 m.					
Arb. vivo en pie	111	112	113	114	119
Arb. vivo inclinado <29 °	121	122			129
Arb. vivo inclinado >30 °	131	132			139
Fuste curvado (media luna)	141	142			149
Arb. vivo caído	151	152	153		159
Arb. muerto en pie	161	162	163	164	169
Arb. muerto caído	171	172	173		179
REBROTES: <10 cm. dapcc)					
Reb. vivo en pie	211	212	213	214	219
Reb. vivo inclinado <29 °	221	222			229
Reb. vivo inclinado >30 °	231	232			239
Reb. vivo caído	241	242	243		249
Reb. muerto en pie	251	252	253	254	259
Reb. muerto caído	*261*	*262*	*263*		*269*
Fuste: Altura total mayor que 4 metros. Tocón: Altura total menor que 4 metros					

Cuadro 2: Clasificación de calidad de fuste según Hutchinson (1975)

Calidad de Fuste	Código
Comercial actualmente	1
Comercial futuro	2
"2" encima de "6"	3
Deformado	4
Dañado	5
Podrido	6

Cuadro 3: Clasificación del grado de iluminación que recibe la copa de los árboles

Iluminación de Copa	Código
Emergente	1
Plena vertical	2
Vertical parcial	3
Plena lateral	4
Iluminación oblicua	5
Nada directa	

Cuadro 4. Clasificación de forma de copa

Forma de Copa	Código
Círculo completo	1
Círculo irregular	2
Medio círculo	3
Menos de 1/2 círculo	4
Pocas ramas	5
Principalmente rebrotes	6
Vivos sin copa	7

Cuadro 5: Clasificación de infestación de lianas

Trepadoras Leñosas	Código
A. Ninguna visible en el fuste:	1
No visibles en la copa	2
b) Existe en la copa	3
c) Cubre el 50 % de la copa	
B. Sueltos en el fuste:	4
No visible en la copa	5
Existe en la copa	6
Cubre 50 % de la copa	
C. Apretando el fuste:	7
No visible en la copa	8
Existe en la copa	9
Cubre 50 % de la copa	

Modelación del crecimiento y rendimiento del bosque

- ***Componentes del modelo***

Los principales componentes para la modelación del crecimiento y rendimiento del bosque natural secundario de San Isidro Pérez Zeledón fueron: el incremento diamétrico, la mortalidad y el reclutamiento de nuevos individuos, la Figura 1 muestra la representación gráfica de la ubicación de estos componentes dentro del modelo de crecimiento del bosque.

- ***Estructura y diagramación del modelo de proyección***

El modelo de proyección propuesto consta de dos módulos principales que al final de un determinado período se unen para determinar la población futura del bosque (Figuras, 2 y 3), siendo estos: el módulo de proyección de la población original y el de proyección de reclutas. Nótese que la proyección se realizó para períodos de cinco años en cada escenario y tratamiento.

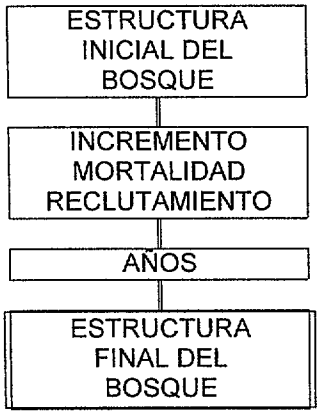


Figura 1: Componentes principales del modelo de proyección de crecimiento

Ciclo de corta y posibilidad de corta anual

Para la determinación del ciclo de corta actual se tomaron en cuenta aspectos técnicos, económicos y silviculturales, el criterio técnico básico es que el bosque debe facilitar una producción constante de materia prima para una industria permanente de aserrío económico porque a pesar que la leyes forestales de Costa Rica en actual vigencia permiten el aprovechamiento en un bosque secundario de árboles con un diámetro mínimo de corta de 40 cm., el presente trabajo está orientado a aprovechar solamente los árboles que tengan un diámetro superior a 50 cm., de manera que la industria tenga opción a obtener mejor ingreso y un mayor valor agregado de sus productos, y silvicultural porque se tuvo presente el crecimiento y distribución diamétrica de las especies comercializables, además del conocimiento de los principales procesos de la dinámica (reclutamiento y mortalidad) del bosque secundario en estudio.

Asimismo, la fijación del ciclo de corta está condicionada a cumplir un requerimiento de 10 árboles por ha de especies comerciales y con diámetros ≥ a 50 cm, para realizar el próximo aprovechamiento

Para el cálculo de la corta anual permisible actual y para los períodos proyectados se consideró el crecimiento anual del bosque con especial referencia a las especies de valor comercial, notándose que la masa a extraer no deteriore al bosque y que favorezca la regeneración natural de las especies comerciales para la producción futura.

Resultados obtenidos

Derivación de ecuaciones de volumen

De todos los modelos matemáticos probados para la derivación de ecuaciones de volumen considerando el dap y el volumen comercial real de todos los árboles medidos en el bosque con tratamiento y sin tratamiento, se encontró que el más satisfactorio es el modelo logarítmico. Este modelo tiene la forma de:

$$\ln V = \alpha + \beta \ln d$$

Donde V es el volumen en m^3, d el diámetro a la altura del pecho (1,3 m) en cm., y α y β son coeficientes.

Las ecuaciones de volumen encontradas para los dos tipos de bosque son casi idénticas, los valores de sus interceptos (α) y de pendiente (β) no difieren en gran medida el uno del otro, como se observa en el Cuadro 6.

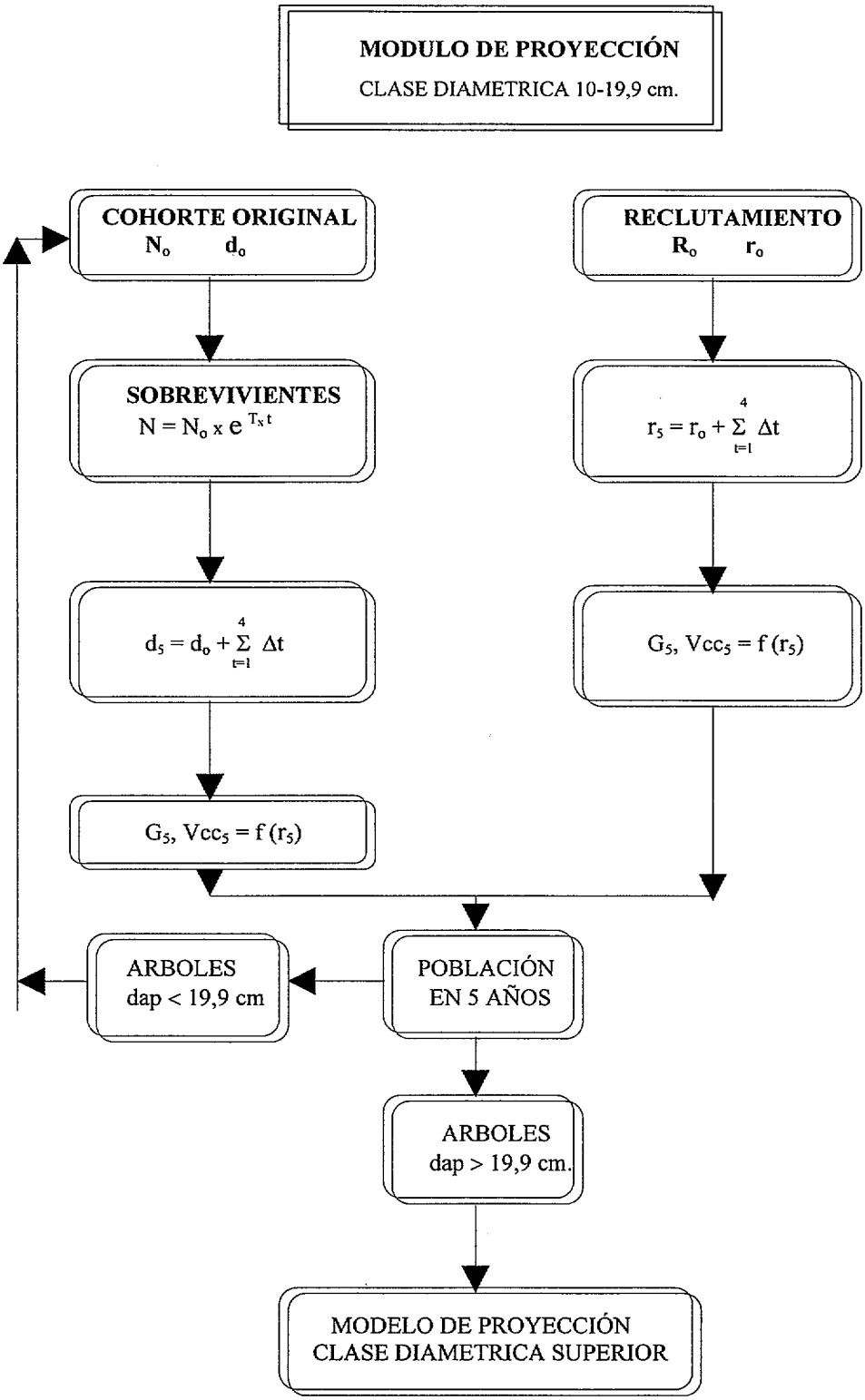


Figura 2: Diagrama de flujo del modelo de proyección del crecimiento para el módulo de la clase diamétrica de 10-19,9 cm.

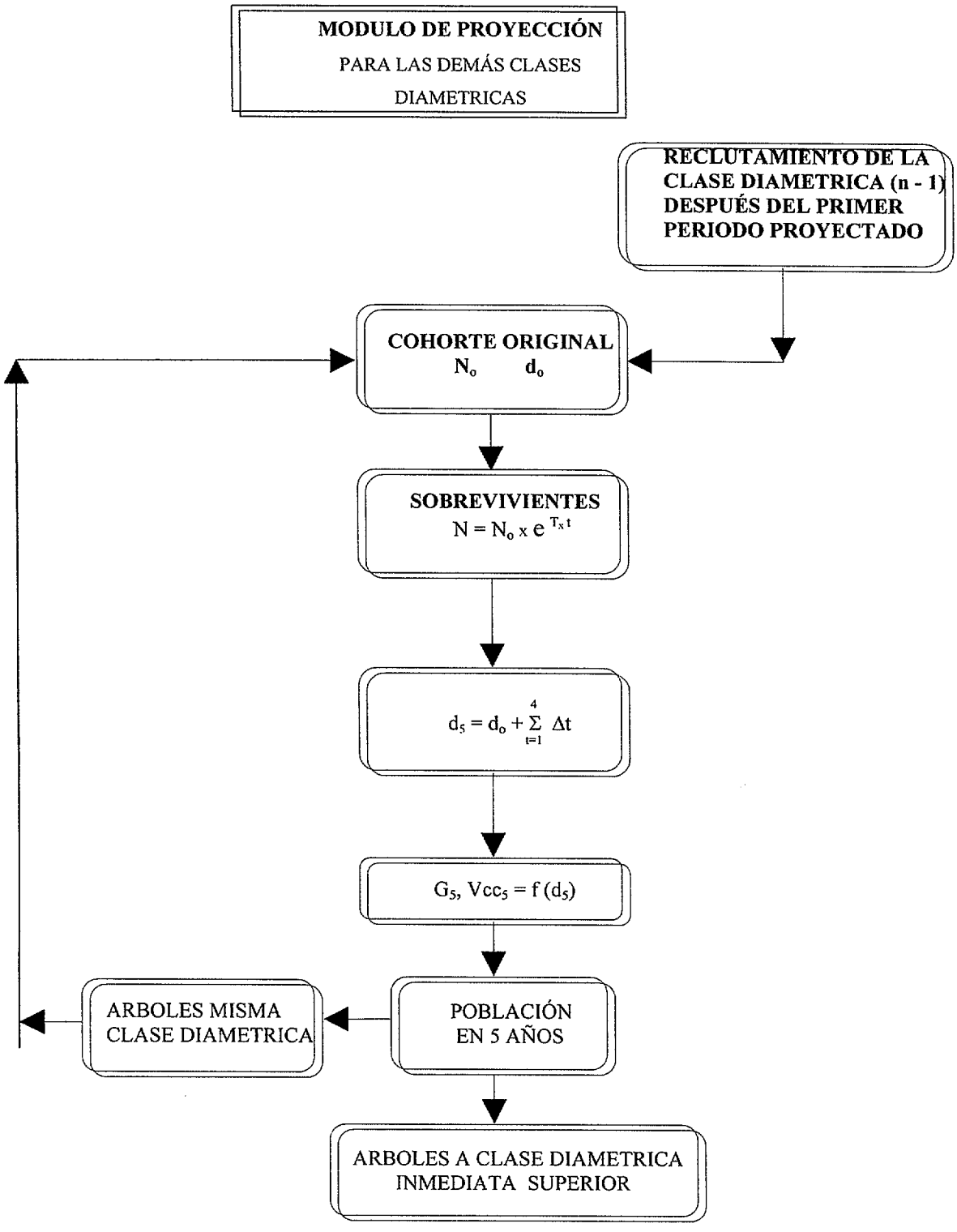


Figura 3: Diagrama de flujo del modelo de proyección del crecimiento para el módulo de clases diamétricas ≥ 20 cm.

Cuadro 6: Ecuaciones volumétricas con corteza por tratamiento silvicultural

Testigo con corteza	$v\ (m^3) = e^{-9,4068} \times d\ (cm)^{2,5276}$	$R^2 = 0,9302$
Tratado con corteza	$v\ (m^3) = e^{-9,5386} \times d\ (cm)^{2,5737}$	$R^2 = 0,9262$
	Donde : e = 2,71828183	

Comportamiento del bosque durante el periodo de medición por tratamiento

- ***Parcelas tratadas***

En el Cuadro 7 se observa que el número de árboles y el volumen comercial por ha entre la medición 1 (antes del tratamiento) y la medición 2 (inmediatamente después del tratamiento) se reduce en 15,4 % y 45,4 % como consecuencia de la aplicación del tratamiento silvicultural, sin embargo, en la medición del año 1995 se distingue la recuperación paulatina de estas variables cuantitativas, sobrepasando inclusive el número de árboles por ha actuales (1995) a los existentes originalmente (1988), no se presenta la misma situación en el volumen debido a que el incremento del número de árboles solamente se observa en las clases diamétricas menores.

Cuadro 7: Volumen comercial ($m^3\ ha^{-1}$) por clase diamétrica del bosque tratado para árboles con dap ≥ 10 cm.

	Antes del tratamiento				Después del tratamiento				Actualmente (1995)			
Clase	Con corteza		Sin corteza		Con corteza		Sin corteza		Con corteza		Sin corteza	
Diamétrica	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V
10 - 19,9	304	20,34	304	18,54	287	18,77	287	17,10	484	28,90	484	26,29
20 - 29,9	123	34,31	123	31,83	104	28,49	104	26,43	85	23,67	85	21,96
30 - 39,9	67	41,96	67	39,34	50	30,37	50	28,47	44	27,71	44	25,98
40 - 49,9	20	24,86	20	23,52	4	3,96	4	3,74	7	7,80	7	7,37
50 - 59,9	8	15,41	8	14,67	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
60 +	4	12,45	4	11,93	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
TOTAL	526	149,34	526	139,82	445	81,59	445	75,73	620	88,08	620	81,61

- ***b) Parcelas testigo***

En el Cuadro 8 se observa el número de árboles y el volumen comercial por ha para la primera medición (1988) y para la última (1995), deduciéndose que existen diferencias en el número de árboles por clase diamétrica y en el volumen comercial entre ambas mediciones. El número de árboles por ha entre ambas mediciones se reduce en un 4,11%.

Composición de escenarios y distribución de los incrementos de la especie

De acuerdo a lo mencionado en el acápite de metodología solamente haremos mención a los resultados obtenidos del escenario 2 y 3.

El número de árboles estudiados para el escenario 2 de especies comerciales constituidas por árboles seleccionados o no, es de 162 en las parcelas testigo y 104 en las tratadas. El incremento anual mediano de las especies comerciales en el bosque sin tratamiento silvicultural oscila entre 0,2 y 0,8 cm., y el incremento anual máximo varia entre 0,4 y 1,6 cm. En cambio en el bosque tratado el incremento

mediano anual fluctúa entre 0,3 y 0,9 cm., y el incremento anual máximo varía entre 0,4 y 1,8 cm.

Las especies comerciales con mayor crecimiento son la *Ocotea sp., Simarouba amara, Tapirira guianensis y Didymopanax sp.*, y la de menor crecimiento *Pithecellobium sp.*

Finalmente en el tercer escenario, se estudiaron 122 árboles de las parcelas testigo y 59 de las tratadas. El incremento anual mediano en el bosque testigo oscila entre los 0,3 y 0,6 cm., y el incremento máximo fluctúa entre 0,5 y 1,6 cm. En las parcelas tratadas la mediana del incremento anual varia desde 0,3 a 1,0 cm., y el incremento anual máximo entre 0,4 y 1,8 cm.

Cuadro 8: Volumen comercial (m^3 ha^{-1}) por clase diamétrica del bosque testigo para árboles con dap ≥ 10 cm. en m^3 ha^{-1}.

Clase Diamétrica	Antes del tratamiento				Actualmente (1995)			
	Con corteza		Sin corteza		Con corteza		Sin corteza	
	N	V	N	V	N	V	N	V
10 - 19,9	331	24,103	331	21,983	333	22,228	333	20,256
20 - 29,9	142	38,623	142	35,821	128	36,026	128	33,439
30 - 39,9	60	38,182	60	35,838	44	28,61	44	26,859
40 - 49,9	17	20,858	17	19,757	22	25,281	22	23,921
50 - 59,9	9	18,120	9	17,279	8	15,618	8	14,886
60 +	1	3,404	1	3,269	2	6,893	2	6,625
TOTAL	560	143,290	560	133,947	537	134,656	537	125,986

Agrupación de especies de crecimiento parecido por tratamiento y escenario

Como consecuencia de la aplicación de un análisis discriminante a posteriori de la conglomeración arrojan que generalmente se forman dos grupos de crecimiento parecido en cada tratamiento y escenario, exceptuando el escenario dos del bosque testigo donde se determinaron tres grupos.

El escenario dos se encuentra integrado en el bosque testigo por tres grupos de 3, 7 y 2 especies respectivamente, donde se evidencia que las especies del último grupo presentan un crecimiento mayor notorio a las especies de los dos grupos anteriores. Dentro del bosque tratado se tienen dos grupos de 5 y 3 especies (ver Figuras 4 y 5).

El escenario tres, en ambos tratamientos se tienen dos grupos, el bosque testigo está conformado por 10 especies donde 4 pertenecen al grupo 1 y 6 al grupo 2, y el bosque tratado se encuentra integrado por 7 especies donde 3 corresponden al primer y 4 al segundo grupo (ver Figuras 6 y 7).

Generalmente las especies que siempre tienden a pertenecer al grupo de especies de crecimiento lento a medio (grupo 1) en el bosque testigo son: *Pithecelobium sp., Vantanea sp., Virola sp.*; las de crecimiento medio a rápido (grupo 2) son: *Goethalsia micrantha, Tapirira guianensis, y Vochysia ferruginea.*

Crecimiento diamétrico por tratamiento, escenarios, grupos de especies y clase diamétrica

El incremento mediano anual por clase diamétrica en el escenario dos del testigo fluctúa entre 0,13 y 0,79 cm. y en el tratado es de 0,35 y 0,93 cm. En cambio, en el escenario tres del bosque testigo el incremento oscila entre 0,14 y 0,58 cm. y en el tratado de 0,35 a 0,93 cm.

Estos resultados muestran que existen diferencias de crecimiento entre los testigos y tratados. La mayor magnitud de estas diferencias por clase diamétrica se observa en el escenario tres donde los árboles seleccionados del bosque tratado presentan mayor crecimiento que los del bosque testigo (ver Cuadro 9).

Correlación entre los incrementos diamétricos de las especies y las variables independientes de los árboles individuales por tratamiento

Para determinar el grado de correlación entre las variables independientes de los árboles individuales con el crecimiento, se utilizó el Coeficiente de Correlación de Rangos de Spearman, de cuyas matrices se deducen los siguientes comentarios:

Cuadro 9: Incremento mediano en cm. por clase diamétrica, grupo de crecimiento, escenario y tratamiento silvicultural.

Tratamientos			TESTIGO				TRATADO		
Escenarios		2		3		2		3	
Clase diamétrica	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo I	Grupo II	Grupo I	Grupo II	Grupo I	Grupo II
10 - 19,9	0,33	0,40	0,66	0,35	0,48	0,57	0,77	0,45	0,87
20 - 29,9	0,13	0,45	0,63	0,14	0,53	0,60	0,93	0,61	0,82
30 - 39,9	0,30	0,40	0,67	0,30	0,58	0,35	0,93	0,35	0,93
40 - 49,9	0,30	0,39	0,67	0,37	0,37		0,38		0,38
50 - 59,9	0,40		0,79	0,40					

En las parcelas testigo existe correlación altamente significativa todos los años, entre los incrementos anuales y el grado de iluminación inicial de la copa (medición 1). Demostrándose que los árboles que tenían buena iluminación al inicio mantuvieron su crecimiento durante todo el período de observación. La calidad del fuste y la forma de copa también se correlacionan parcialmente con los incrementos. La presencia de lianas no presentan correlación, esta situación posiblemente es debido a la juventud del bosque y que la presencia de éstas trepadoras leñosas no es significativa o se concentra en ciertas especies dentro del bosque. Los incrementos anuales se correlacionan entre sí, aunque dicha tendencia se va reduciendo a medida que transcurre el tiempo.

En las parcelas con tratamiento silvicultural no se presentó correlación lineal entre los incrementos y el grado de iluminación, esto se debe al efecto directo e indirecto de la aplicación del tratamiento silvicultural, debido a que al favorecer los árboles seleccionados con la liberación, indirectamente se favorece y fomenta el crecimiento de los árboles vecinos. La forma de copa tiene su efecto hasta el cuarto año después de la aplicación del tratamiento. Las variables independientes en estudio no se correlacionan entre sí y los incrementos tienen un comportamiento similar a las parcelas testigo.

Diferencias de crecimiento entre tratamientos por escenario y grupos de especies de crecimiento parecido

En los Cuadros 10 y 11 se observan las diferencias de crecimiento entre tratamientos por escenario, los mismos nos muestran que el crecimiento diamétrico en los dos escenarios del bosque tratado va decayendo conforme pasa el tiempo, los incrementos de todos los árboles de cada escenario se ajustaron a un modelo regresivo en función del tiempo y se aplicó la prueba de "t", concluyéndose que las pendientes son negativas y que el crecimiento de los árboles disminuye a medida que transcurre el tiempo, con una probabilidad significativa de 0,05.

Cuadro 10: Incremento diamétrico mediano anual por tratamiento y sus diferencias del escenario dos.

Año de medición	Incremento mediano (mm)		Diferencia
	Testigo	Tratado	
1989	3,0	7,0	**
1990	4,0	8,0	**
1991	3,0	7,0	**
1993	4,0	7,0	**
1994	4,0	5,0	ns
1995	3,0	4,0	ns

** = P ≤ 0,01 * = P ≤ 0,05 ns = no significativa

Cuadro 11: Incremento diamétrico mediano anual por tratamiento y sus diferencias del escenario tres.

Año de medición	Incremento mediano (mm)		Diferencia
	Testigo	Tratado	
1989	3,0	8,0	**
1990	4,0	8,0	**
1991	4,0	7,0	**
1993	4,0	7,0	**
1994	4,0	6,0	**
1995	3,0	4,5	**

** = P ≤ 0,01 * = P ≤ 0,05 ns = no significativa

Las diferencias de crecimiento a nivel de grupos de crecimiento parecido por escenario y entre tratamientos, considerando las mismas especies que se encuentran en ambos grupos, fueron las siguientes:

En el escenario 2 no existen diferencias significativas de crecimiento (Kruskal-Wallis p≤0,05) entre el grupo 1 del bosque testigo y el tratado. Las especies consideradas para esta comparación fueron: *Pithecellobium sp.*, y *Virola sp.*. En el grupo 2 las diferencias son significativas (Kruskall-Wallis p ≤ 0,01), y las especies que se encuentran en el mismo grupo son: *Simarouba amara, Pouruma sp.*, y *Ocotea sp.*. El Cuadro 12 ilustra estas diferencias.

Cuadro 12: Diferencias de crecimiento entre tratamientos del escenario 2 por grupos de crecimiento.

Grupo de crecimiento	Incremento mediano (mm)		Diferencia Prob.
	Testigo	Tratado	
Grupo I	2,8	3,6	ns
Grupo II	5,0	7,8	**

** = P ≤ 0,01 * = P ≤ 0,05 ns = no significativa

Finalmente, en el escenario 3 se presentan diferencias significativas en el crecimiento entre grupos de ambos tratamientos (Cuadro 13). Las especies consideradas en el grupo 1 son: *Pithecellobium sp.* y *Alchornea sp.*, y en el grupo 2 son la *Simarouba amara, Pouruma sp., Persea sp., y Ocotea sp.*.

Cuadro 13: Diferencias de crecimiento entre tratamientos del escenario 3 por grupos de crecimiento.

Grupo de crecimiento	Incremento mediano (mm)		Diferencia Prob.
	Testigo	Tratado	
Grupo I	3,1	5,1	*
Grupo II	4,9	7,8	**

** = P ≤ 0,01 * = P ≤ 0,05 ns = no significativa

Reclutamiento y mortalidad

Los nuevos individuos que ingresan a la población se registraron en número promedio por ha/año para cada grupo de crecimiento, determinándose que en ambos escenarios los grupos de las parcelas tratadas presentan mayor reclutamiento que las testigo. Confirmando de alguna manera que el tratamiento silvicultural también favorece el desarrollo de los árboles que se encuentran en estado de latizales y brinzales, y haciendo que la dinámica del bosque tratado sea más activa que el bosque testigo.

En el Cuadro 14 se observan las diferencias del número de reclutas por ha/año entre tratamientos, escenarios y grupos de crecimiento parecido.

Cuadro 14: Distribución del número de reclutas y su área basal (m^2 ha^{-1}) promedio anual por tratamiento, escenario y grupos de crecimiento parecido.

Tratamiento	Testigo		Tratado	
	N	G	N	G
Escenario 2				
Grupo 1	2,00	0,021	4,70	0,043
Grupo 2	3,00	0,031	3,60	0,036
Grupo 3	0,38	0,004		
Escenario 3				
Grupo 1	2,60	0,026	2,00	0,020
Grupo 2	2,30	0,022	3,60	0,033

La mortalidad natural por tratamiento en términos absolutos fue mayor en las parcelas testigo respecto a las tratadas, pero en términos relativos (%) se presenta lo contrario. Este evento de baja frecuencia se concentró en los árboles de la clase diamétrica de 10-19,9 cm. en ambos tratamientos, y las especies con mayor mortalidad son: *Licania sp., Guatteria sp., Ocotea sp.*, y *Vochysia ferruginea.*

La información se ajustó a un modelo exponencial negativo, este modelo se presenta por clase diamétrica y tratamiento, con sus respectivos coeficientes (Cuadro 15). La variación del número de sobrevivientes conforme pasa el tiempo se explica satisfactoriamente.

Proyección del crecimiento por tratamiento y escenario

Como resultado de la proyección realizada a través del modelo determinado, se obtuvo diferentes patrones de análisis que conllevan a establecer una perspectiva para el manejo del bosque estudiado. Es importante hacer mención que para la proyección se ha desarrollado una variante de un modelo de proyección por clase diamétrica de acuerdo a la terminología de Alder (1995).

Asimismo, es necesario notar que en el presente trabajo se pretendía considerar como criterio básico para establecer el ciclo de corta, al período que necesita el bosque para tener una estructura que permita el aprovechamiento de por lo menos 10 árboles por ha. con un diámetro mínimo de corta de 50 cm.. Sin embargo, no presentándose esta situación después de haberse realizado la proyección hasta el año 2015, el criterio será el mismo pero de carácter aproximativo.

Cuadro 15. Modelo de regresión exponencial negativo para la mortalidad por clase diamétrica y tratamiento. $N = N_o e^{\beta t}$

Clase diamétrica	Testigo			Tratado		
	Pendiente (β)	P	R^2	Pendiente(β)	P	R^2
10-19,9	-0,03217	*	0,8527	-0,03102	*	0,8227
20-29,9	-0,00887	**	0,96	-0,01619	*	0,7768
30-39,9	-0,00821	*	0,814	-0,00817	**	0,8657

** = P ≤ 0,01 * = P ≤ 0,05 ns = no significativa

En el Cuadro 16 se ilustran los crecimientos medios anuales en área basal y volumen comercial para cada período proyectado. En el escenario 2 (especies comerciales con y sin árboles seleccionados) las diferencias entre el rendimiento volumétrico observado y proyectado del bosque tratado, se deben al reducido diámetro que tenían los árboles remanentes después de la aplicación del tratamiento silvicultural.

En el escenario 3 (árboles seleccionados de especies comerciales) los rendimientos en área basal son parecidos en todos los períodos en ambos tratamientos, pero el rendimiento en volumen en el bosque testigo decrece después del primer período de proyección (1995-2000), contrariamente en el bosque tratado el rendimiento volumétrico se incrementa con el transcurrir del tiempo. El hecho de que el rendimiento volumétrico de las parcelas tratadas en el primer período proyectado sea menor, se debe principalmente a la diferente estructura inicial (1995) que tuvieron los árboles seleccionados del bosque testigo (122 árboles) respecto a la estructura de los árboles seleccionados del bosque tratado (59 árboles).

Podemos generalizar que el mayor rendimiento que se presenta en todos los escenarios del bosque con tratamiento silvicultural se debe a dos aspectos principales: el primero, es que los árboles seleccionados del bosque tratado crecen más rápido que los árboles del bosque testigo; y segundo, al mayor aporte de árboles reclutas por año.

En los siguientes párrafos se desarrollarán algunos lineamientos y resultados sobre la aplicación de los estudios de crecimiento y rendimiento en la planificación del manejo forestal sostenible.

Para regular la producción de un bosque natural tropical es necesario considerar tres aspectos básicos que son: la fijación de un diámetro mínimo de corta, ciclo de corta y la posibilidad silvícola de corta con base en los dos aspectos antes mencionados.

Cuadro 16: Rendimiento medio anual en área basal (m^2 ha^{-1}) y volumen comercial (m^3 ha^{-1}) para cada período proyectado por tratamiento y escenario. Escenario 2 = especies comerciales; Escenario 3 = árboles seleccionados. Período 1 = (1988 - 1995); Período 2 = (1995 - 2000); Período 3 = (2000 - 2005); Período 4 = (2005 - 2010); Período 5 = (2010 - 2015)

Escenario	Período	Testigo		Tratado	
		G	Vcc	G	Vcc
	1	0,3	2,0	0,2	0,5
	2	0,2	1,9	0,2	1,6
2	3	0,2	2,1	0,3	1,9
	4	0,3	2,4	0,3	2,2
	5	0,3	2,5	0,3	2,5
	2	0,3	1,8	0,2	1,2
	3	0,2	1,3	0,2	1,5
3	4	0,2	1,5	0,2	1,7
	5	0,2	1,6	0,2	1,8

De acuerdo a disposiciones legales forestales de Costa Rica, se permite en bosques secundarios la extracción de árboles con un diámetro mínimo de corta de 40 cm., sin embargo, para el presente trabajo se fijó un diámetro de 50 cm. por la siguiente razón: la experiencia obtenida cuando se realizó el aprovechamiento de mejora muestra que los árboles con dimensiones de 40 cm. tienen poca aceptabilidad en el mercado local. No se descarta que esta tendencia pueda cambiar en el futuro, pudiéndose obtener un mayor volumen aprovechable de las especies actualmente comerciales, y de otras especies que puedan entrar al mercado.

Dada la situación que el bosque secundario en estudio está orientado a un sistema de manejo policíclico y la fijación del ciclo de corta está condicionado a cumplir un requerimiento mínimo de 10 árboles por ha con diámetro mínimo de corta de 50 cm para realizar el próximo aprovechamiento. El ciclo de corta en el bosque tratado será de aproximadamente 25 años, debido a que los resultados obtenidos de la proyección del crecimiento reflejan que en los próximos 20 años el bosque no contará con los requerimiento arriba mencionados.

Es necesario aclarar que este primer ciclo de corta será más prolongado debido a que los árboles de mayor tamaño remanentes del aprovechamiento de mejora y liberación de árboles seleccionados eran de 30 a 39,9 cm, motivo por el cual el tiempo que necesitan los árboles para alcanzar el diámetro mínimo de corta fijado es mayor al tiempo que normalmente necesitarían para pasar de una clase diamétrica a otra inmediata superior.

Si se parte del supuesto que el próximo aprovechamiento tiene que realizarse dentro de 20 años, la producción de especies comercializables será de 3 árboles por ha con una área basal de 0,61 m^2 ha^{-1} y 5,36 m^3 ha^{-1} de volumen comercial.

Finalmente, la incertidumbre de por qué no proyectar el crecimiento hasta que realmente se obtengan los 10 árboles por ha es notoria, sin embargo, el motivo de esta decisión es que el bosque estudiado en la actualidad se encuentra en un proceso de transformación donde se producen cambios en su dinámica y estructura, y la proyección podría arrojar resultados erróneos o teóricos. Asimismo, se debe tomar en cuenta que los incrementos diamétricos del bosque tratado disminuyen a medida que transcurre el tiempo, situación que se debe a la mayor densidad de árboles y competencia.

Conclusiones

Algunas de la principales conclusiones que se obtuvieron del presente estudio son las siguientes:

- Los incrementos diamétricos de cada especie presentan una distribución y tendencia particular en cada tratamiento y escenario, que deben ser consideradas de importancia para realizar proyecciones de crecimiento y rendimiento. Una manera de minimizar la variabilidad del crecimiento es formando grupos de especies de crecimiento parecido.

- El grado de iluminación que recibe la copa, la forma de copa y la calidad del fuste son las variables que mayor relación tienen al crecimiento del árbol individual. Los incrementos diamétricos anuales de los árboles conservan su tendencia dependiendo de sus incrementos iniciales, es decir, que los árboles que al inicio presentan crecimiento rápido tienden a mantener este comportamiento en los siguientes años.

- El tratamiento de aprovechamiento de mejora y liberación de árboles seleccionados ejerció una influencia notable en el crecimiento de la mayoría de las especies, aunque estas diferencias se van reduciendo paulatinamente con el paso del tiempo.

- La mortalidad natural y el reclutamiento de nuevos individuos son casi iguales en las parcelas testigo, en cambio en las parcelas tratadas el reclutamiento es mayor a la mortalidad. Asimismo, los árboles que se encuentran en la clase diamétrica de 10-19,9 cm. son los que presentan mayor mortalidad, por encontrarse suprimidos por árboles de clases diamétricas superiores.

- El modelo de proyección utilizado es por clase diamétrica y considera los principales componentes de la dinámica del bosque estudiado, además que no limita el tiempo de proyección. La información resultante del mismo nos permite predecir la futura productividad del bosque, los cambios de composición en términos de grupos comerciales y el año aproximado de un futuro aprovechamiento.

Bibliografía

Alder, D. 1983. Growth and yield of the mixed forest of the humid tropics: a review. Consultancy report prepared for the FAO of the United Nations. Oxford, G.B. 44p.

--------. 1995. Growth modelling for mixed tropical forest. Oxford, Reino Unido 231 p.

Dawkins, H.C. 1958. The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda. Imperial Forestry Institute, Oxford (U.K.). Paper n° 34. 155p.

Finegan, B.; Guillen, L. 1995. La dinámica de los bosques húmedos neotropicales secundarios: resultados de un estudio de 8 años, y sus implicaciones para el manejo forestal. CATIE, 2a Semana Científica, diciembre 1995, 4p.

Finegan, B. 1994. Crecimiento y Rendimiento. Apuntes de Bases Ecológicas para la Silvicultura CATIE-COSTA RICA.

Hutchinson, I.D. 1993. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico. Trad. por Ricardo Luján. Serie técnica. Informe técnico N° 204. CATIE Costa Rica 32 p.

--------. 1982. Field enumeration of permanent sample plots in the mixed dipterocarp forest of Sarawak, Kuching. FAO Roma 136 p.

--------. 1981. Sarawak liberation thinning: background and initial analysis of performance: a practical guide. Sarawak Forestry. UNDP/FAO/MAL/76/008. 121 P.

Kozlowski, T.T. 1962. Tree growth. New York, EE.UU. The Ronald Press. 442 p.

--------. 1978. Growth and development of trees (Vol.2). Academic Press, New York, EE.UU. 514 p.

Vanclay, J.K. 1994. Modelling forest growth and yield:applications to mixed tropical forests. Wallingford, U.K. 304 p.

--------. 1991. Aggregating tree species to develop diameter increment equations for tropical rainforests. Forest Ecology and Management (42):143-168p.

Anexo 1
Lista de especies encontradas en el bosque secundario de San Isidro del General

Nombre Común	Familia Botánica	Género Botánico	Grupo Comercial
Aceituno	Simaroubaceae	*Simarouba amara*	COM
Achiotillo			SNV
Aguacatillo	Lauraceae	*Nectandra salicifolia*	SNV
Ajillo	Leguminosae	*Pithecellobium sp.*	COM
Alazán	Leguminosae	*Tachigalia versicolor*	COM
Amarillón	Combretaceae	*Terminalia amazónica*	COM
Anona de montaña			SNV
Anonillo	Annonacea	*Guatteria sp.*	OTC
Arenillo			SNV
Barbasquillo	Euphorbiaceae	*Phyllanthus scutchii*	SNV
Burío	Tiliaceae	*Heliocarpus sp.*	SNV
Cafecillo			SNV
Caimito	Sapotaceae	*Chrisophyllum sp.*	SNV
Campanillo	Chrysobalanaceae	*Hirtella americana*	SNV
Campano	Theaceae	*Laplaceae sp.*	COM
Canfín	Anacardiaceae	*Protiun pittieri*	SNV
Canilla de mula	Rosaceae	*Licania sp.*	SNV
Capulin			SNV
Caragra			SNV
Cedro cobalo			SNV
Cedro maria	Guttiferae	*Calophyllum sp.*	COM
Cerillo	Clusiaceae	*Symphonia globulifera*	SNV
Chaspárrio	Euphorbiaceae	*Alchornia sp.*	COM
Chiricano	Humiriaceae	*Vantanea sp.*	COM
Chumico	Moraceae	*Pourouma sp.*	COM
Colorado	Lauraceae	*Persea sp.*	COM
Comenegro	Leguminosae		COM
Coralillo	Rubiaceae	*Coutareae hexandra*	SNV
Erythroxylum	Erythroxylaceae	*Erythroxylum macrophyllum*	SNV
Esterculia			SNV
Fosforillo	Araliaceae	*Didymopanax sp.*	COM
Fruta dorada	Myristicaceae	*Virola sp.*	COM
Gallinazo	Bignoniaceae	*Jacaranda copaia*	OTC
Guaitil			SNV
Guanacaste	Leguminosae	*Enterolobium cyclocarpum*	COM
Guarumo	Moraceae	*Cecropia sp.*	SNV
Guava	Leguminosae	*Inga sp.*	SNV
Guavilla			SNV
Guayabillo	Myrtaceae	*Eugenia acapulcensis*	SNV
Guácimo blanco	Tiliaceae	*Goethalsia micrantha*	COM
Higueron	Moraceae	*Ficus sp.*	SNV
Higuillo	Moraceae		SNV
Iguano	Sapindaceae	*Dipterodendron sp.*	SNV
Ilex		*Ilex sp.*	SNV
Ira	Lauraceae	*Ocotea sp.*	COM
Ira carne	Flacourticaceae	*Hasseltia floribunda*	COM
Ira colorada	Lauraceae	*Persea sp.*	SNV

Nombre Común	Familia Botánica	Género Botánico	Grupo Comercial
Jicaro de montaña	Rubiaceae	*Pentagonia sp.*	SNV
Lechoso	Moraceae	*Brosimun sp.*	COM
Lengua de vaca	Melastomataceae	*Miconia sp.*	SNV
Lunaria	Flacourticaceae	*Plenmenthodendron lindeni*	SNV
Manguillo	Moraceae	*Maquira costarisensis*	SNV
Manteco	Anacardiaceae	*Tapirira guianensis*	COM
Mayo	Vochysiacea	*Vochysia ferruginea*	SNV
Muñeco	Boraginaceae	*Cordia sp.*	OTC
Nance	Malpighiaceae	*Byrsonima sp.*	SNV
Nispero zapotillo	Sapotaceae	*Manilkara sp.*	SNV
Ocora	Meliaceae	*Guarea bullata*	COM
Ojoche	Moraceae	*Brosimun lactescens*	SNV
Ojochillo	Moraceae	*Pseudolmedia oxphyllaria*	SNV
Palomo	Araliaceae	*Dendropanax sp.*	SNV
Panamá	Sterculiaceae	*Sterculia sp.*	SNV
Papayillo			SNV
Pera			SNV
Pilón	Euphorbiaceae	*Hieronyma sp.*	COM
Plomillo	Flacourticaceae	*Cassearea sylvestris*	SNV
Quizarra	Lauraceae		SNV
Ratón danto	Proteaceae	*Roupala montana*	SNV
Ratón papa	Proteaceae	*Roupala sp.*	SNV
Sangre de toro			SNV
Sapotillo	Sapotaceae	*Pouteria sp.*	SNV
Sauco	Staphyllaceae	*Turpinia occidentalis*	SNV
Suarilla			SNV
Targuá	Euphorbiaceae	*Croton sp.*	SNV
Tucuico	Clusiaceae	*Tovomita weddelliana*	SNV
Vainillo	Leguminosae	*Strypnodendrum excelsum*	COM

Intensidad de Cosecha y Ciclos de Corta en el Manejo de Bosque Natural

Juvenal Valerio

Resumen

Se introduce el concepto de macroorganismo para resaltar la importancia de las estrechas relaciones entre los diferentes componentes del ecosistema bosque, se resalta la importancia de la diversidad, tanto de formas de vida, de especies y de genotipos dentro de especies. Esta diversidad está relacionada con la robustez del ecosistema y es la garantía de su estabilidad. El tamaño y estructura de las diferentes poblaciones es el producto de las exigencias de las especies y de las características del ambiente, la estructura observada es la mejor respuesta del ecosistema ante estas características. El bosque desempeña una serie de funciones ecológicas que cada día cobran mayor importancia económica, por lo que es importante lograr un equilibrio entre la producción de madera y la conservación de las funciones del bosque; este es el principal reto de la planificación del manejo forestal.

El aprovechamiento primitivo de los bosques tropicales consiste en un descreme de los mejores árboles de las especies más valiosas; este tipo de aprovechamiento no puede considerarse manejo. Los sistemas de manejo por selección, basados en un diámetro mínimo de corta, presentan el riesgo de tener un efecto disgénico sobre las poblaciones de las especies de mayor valor económico. Para enfrentar el efecto detrimental del descreme y mitigar el efecto disgénico de la selección, se plantea distribuir equitativamente el impacto del aprovechamiento entre el mayor número de especies y tomar en cuenta, a la hora de definir la intensidad de cosecha, las características de la estructura de las poblaciones y del ecosistema. En el proyecto BOLFOR se ha desarrollado una hoja electrónica, denominada "COSECHA" que determina el número de árboles a aprovechar por especie de acuerdo con un porcentaje de intensidad de cosecha; asimismo determina, a partir de la información del inventario, la distribución diamétrica por especie de los árboles a cosechar.

En la Región Tropical se han probado diferentes lapsos entre intervenciones de cosecha, ciclos de corta, se observa que los intereses económicos tienden a reducir el ciclo y que esta reducción por lo general ha conducido a una degradación del bosque. Los principales factores que determinan la magnitud del ciclo de corta son: el ciclo de nutrimentos e hidrológico, los procesos de sucesión dentro del bosque, alcanzar el nivel original de biomasa y que se haya recuperado el volumen original de las especies aprovechadas.

El ciclo de corta debe contemplar el tiempo para que el bosque recupere su estructura madura y los niveles en los procesos vitales como el de la silvigénesis.

En el proyecto BOLFOR se ha desarrollado una hoja electrónica denominada "TUNEL" que hace una proyección del diámetro de los árboles individuales de un inventario, esto permite determinar el volumen alcanzado por los árboles remanentes y se puede comparar con el volumen correspondiente de los árboles que al inicio del estudio presentaban un diámetro mayor que un diámetro mínimo de corta ponderado (DMC/P), fijado de acuerdo con la intensidad propuesta para el bosque. El volumen de los árboles que están sobre el DMC/P es la meta del bosque, cuando los árboles remanentes alcanzan ese volumen se acepta que se ha recuperado la cosecha.

Palabras clave: Bosque tropical, intensidad de cosecha, ciclo de corta, manejo de bosque, sistemas policíclicos, diámetro mínimo de corta, DMC, incremento.

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Casilla 159 7050, Cartago Costa Rica

Introducción

Se entiende, en este documento, como manejo de bosque natural al conjunto de decisiones técnicas tendientes a obtener una cosecha de madera, de tal manera que después de un lapso, denominado ciclo de corta, se pueda aprovechar un volumen de madera parecido y de calidad equivalente, sin detrimento de las funciones ecológicas del bosque. La estructura del bosque es el producto de la regeneración natural, sin que medie la intervención humana, más allá del acondicionamiento del sitio para favorecer la germinación o establecimiento de la misma.

El bosque es un ecosistema compuesto por una gran cantidad de organismos con un arreglo que les permita funcionar como un todo. Podemos pensar en el bosque como un macroorganismo, forma de vida de gran magnitud. Dependiendo de la hospitalidad del ambiente, la variedad de los organismos, tanto plantas como animales, presentes en el bosque será mayor o menor y el bosque se considera más o menos robusto. El término robustez se refiere a las características estructurales del bosque que sugieren una mayor, o menor, capacidad de recuperar la estructura original, en un tiempo determinado, después de un disturbio, sea este natural o causado por el hombre. La robustez comprende el concepto de recilencia y está en función de factores limitantes, propios del ecosistema o de otros factores como la extensión del bosque y el grado de disturbio por intervenciones anteriores.

Cada especie ocupa un nicho importante en el ecosistema, aparentemente algunos nichos pueden ser llenados por diferentes especies, pero no todas las funciones de una especie se pueden sustituir. La diversidad de formas de vida responde a la necesidad de llenar diferentes nichos dentro del ecosistema.

La diversidad biológica comprende la variabilidad atribuible a la presencia de diferentes formas de vida y de diferentes especies, tanto de plantas como de animales, pero también a los diferentes arreglos de la información genética de los individuos de cada especie; cada individuo contiene una combinación única de genes que, al interactuar con el ambiente, le da un aspecto o fenotipo único (Ashthon, 1996). La diversidad de la estructura original del bosque es la mejor respuesta del ecosistema ante las características del sitio, clima y suelo y entre más se cambie esa estructura, mayores son los riesgos, tanto ecológicos como económicos.

El tamaño de cada una de las diferentes poblaciones, grupo de individuos de la misma especie, responde a sus exigencias ambientales y sus características de reproducción y de dispersión de semillas, en el caso de las plantas. Por otra parte la proporción de las diferentes poblaciones en la comunidad responde a las características de la dinámica propia del ecosistema.

El bosque cumple una serie de funciones ambientales, como son la estabilidad de los ciclos de nutrimentos y del agua, la estabilidad del suelo, la diversidad biológica, la conservación de un ambiente natural que determina las características del clima en las áreas aledañas y constituye una alternativa de recreación y de belleza escénica. El aprovechamiento de madera es la intervención más importante del hombre en el bosque, por la magnitud del impacto sobre el ecosistema y por la intencionalidad económica, que lo justifica como actividad humana. Estos dos aspectos son antagónicos e identificar un punto de equilibrio, entre el grado de impacto y la rentabilidad, es uno de los principales objetivos de la planificación del manejo forestal.

Intensidad de cosecha

Baur (1964) señala que virtualmente en todas las áreas de bosque húmedo la primera operación de cosecha ha sido de carácter selectivo, en la que el maderero aprovecha los árboles de las especies más valiosas y de mejor forma, este "descreme" no se puede considerar manejo.

Cuando se corta un árbol, se elimina del ecosistema un arreglo particular de información genética que difícilmente se presenta en otros árboles, cuanto mayor es la intensidad del aprovechamiento, mayor es el riesgo de perder información. Esta información le permite a la especie adaptarse a ambientes cambiantes; si la diversidad de juegos de información se disminuye, también se disminuye la capacidad adaptativa de la población y se aumenta el riesgo de la extinción de la especie y del drenaje genético.

Bawa *et al* (1991) indican que en la mayoría de los árboles del bosque tropical se presenta dioicismo o mecanismos de autoincompatibilidad, que obligan a la existencia de diversos individuos para hacer posible su reproducción, ya sea porque hay árboles que producen exclusivamente flores hembra o macho, en el caso del dioicismo; o por que, aunque un árbol presente flores hembra y macho existen barreras fisiológicas o estructurales que impiden la autopolinización, como en el caso de las especies que presentan autoincompatibilidad. Este hecho es doblemente detrimental para las poblaciones que ven disminuido el número de árboles en edad reproductora. Por ejemplo, el pilón, *Hyeronima oblonga,* es una especie dioica y, en forma natural, presenta poblaciones de baja densidad, por lo que el riesgo de amenazar su permanencia en el ecosistema es doble.

El aislamiento, o el fraccionamiento del bosque en porciones pequeñas o la reducción artificial de una población provoca la endocría, cruce entre parientes cercanos. El cruce entre genotipos emparentados conduce hacia la homocigosis, cuando para un determinado carácter se recibe información idéntica del padre y de la madre, en contraste con la heterocigosis en la que las informaciones, transmitidas en el polen y el óvulo, son diferentes. La homocigosis permite la manifestación de caracteres recesivos, en algunos casos estos caracteres presentan fallas de adaptación o se manifiestan como enfermedades congénitas.

Se ha observado la disminución de determinadas poblaciones, por ejemplo la mara o caoba, *Swietenia macrophylla,* que por la importancia en el mercado internacional de la madera, ha sufrido un proceso de

degradación que amenaza su perpetuación en diferentes bosques neotropicales. La regeneración natural de caoba, observada en algunos sitios del Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica, presenta una respuesta muy pobre al ataque de la polilla barrenadora del brote apical, *Hypsiphila grandela;* es posible que este hecho se pueda explicar por la estrecha y pobre base genética de la población, el reducido número de árboles y, que los que no fueron talados, presentan muy mala forma; recorriendo el parque se pueden verificar estas condiciones.

Las primeras aproximaciones al manejo de bosque consisten en lo que Gordon (1957), citado por Baur (1964), denomina "Sistema Tropical de Selección", en el que se especifica un diámetro mínimo de corta y un ciclo de corta, en la mayoría de los casos, más bien reducido. Dawkins ha denominado a este sistema primitivo de manejo "Sistema Uniforme Estratificado". Sin embargo, esta técnica frecuentemente ha conducido a la desaparición de las especies más valiosas y su sustitución por los peores árboles.

La abundancia de cada especie responde a la dinámica propia de su población y al equilibrio entre las poblaciones que conforman la comunidad y que compiten por los recursos que ofrece el sitio. Si se disminuye, artificialmente, la población de una especie se rompe el equilibrio frente a las restantes especies y se origina un desbalance en la capacidad de producción de semillas y, por lo tanto, se disminuye la ocupación del espacio por esa especie en el bosque. La disminución del espacio ocupado por una especie, puede conducir a la desaparición paulatina y al deterioro de la calidad de la población de la misma, si se repite la intervención en diferentes ciclos de corta.

Dawkins (1960), citado por Lamprecht (1990), indica que el sistema del Diámetro Mínimo de Corta (DMC) conduce a una selección desfavorable, porque afecta a los árboles de mejor crecimiento de cada especie, con lo que inevitablemente se arruinará el bosque. Por otra parte, Baidoe (1970) hace referencia a los efectos disgénicos de un sistema de diámetro mínimo, en los rendimientos de un segundo ciclo de corta en la Reserva Forestal Pra-Annun, en Ghana. Palmer (1975) indica que todos los sistemas de corta policíclicos con diámetro límite de corta son genéticamente detrimentales y señala que aún un pequeño número de ciclos tendrán un efecto sustancial en reducir la proporción de los árboles de crecimiento más rápido, pone como ejemplo el régimen de corta propuesto en 1971 para la especie *Mora excelsa* en Trinidad e indica que, de acuerdo a la intensidad y frecuencia de cortas propuesta, se teme que al término de tres ciclos de 25 años la especie desaparezca de ese bosque.

Para enfrentar el problema del deterioro de las poblaciones de las especies más valiosas y mitigar el drenaje genético causado por el aprovechamiento de los árboles de mayor tamaño, justamente los que superan un determinado DMC, se debe distribuir equitativamente el impacto del aprovechamiento entre el mayor número de especies posible. No es conveniente cosechar las especies más valiosas, que han sido aprovechadas selectivamente en el pasado. La abundancia y estructura poblacional de cada especie permite definir el número de individuos para aprovechar, este número debe ser proporcional a la abundancia de la especie y se debe mantener la misma proporción de aprovechamiento en cada una de las especies.

La distribución diamétrica de los árboles de las diferentes especies es el producto de la dinámica de cada población, las especies que son capaces de establecerse a la sombra y que pueden esperar a que se den niveles adecuados de luz para su total desarrollo, presentan poblaciones abundantes, con una distribución siguiendo una "J" invertida y representación en todas las categorías diamétricas; aparentemente estas poblaciones son más robustas y soportan el aprovechamiento de un mayor número de árboles. Por otra parte están las especies muy exigentes que requieren altos niveles de energía y, por lo tanto, la apertura de un claro para establecerse. Estas especies presentan una distribución diamétrica que no sigue un patrón definido, más bien parece aleatorio y no necesariamente hay individuos en todas las clases diamétricas; en realidad la distribución de los individuos refleja la frecuencia de apertura de claros que coincidieran con la presencia de semillas viables de la especie. Estas especies parecen ser más susceptibles a la disminución de su población. Las especies del primer grupo se denominan como de estrategia "K", mientras que las otras de estrategia "r" (Valerio y Salas, 1997).

Además de las características de la estructura de cada población, hay que atender la información fenológica y de autoecología disponibles para seleccionar las especies que se aprovecharán. Hay listas de especies amenazadas, en peligro y en vías de extinción que se deben respetar, también hay que tomar en cuenta la abundancia de determinadas especies en cada bosque en particular. Una abundancia reducida se puede atribuir a varios factores: 1) que la especie está fuera de su ámbito natural, 2) que se presenta en agregaciones en microclimas muy específicos, 3) que su estrategia de perpetuación se fundamenta en poblaciones reducidas, o 4) que haya sido aprovechada en forma selectiva en el pasado.

La intensidad de cosecha de cada especie se define como un porcentaje de la población inventariada, este porcentaje es el mismo para todas las especies por aprovechar. Se pueden probar diferentes intensidades de manera que la cosecha total sea de alrededor de seis árboles por hectárea; se ha observado que la intensidad del daño del aprovechamiento con una cosecha de esta magnitud, es aceptable si se han observado normas de tala dirigida, planificación de caminos, etc. Por otra parte, seis árboles por hectárea constituyen una cosecha rentable. La intensidad debe responder a la robustez del bosque.

En virtud de que cada especie presenta una distribución diamétrica particular y de que a todas se les aplica el mismo porcentaje de aprovechamiento, los diámetros mínimos de corta varían de especie en especie y

entre bosques. De cada especie se aprovechará un determinado número de individuos, de acuerdo con la abundancia de la misma, estos árboles se seleccionarán entre los de mayor diámetro. Se denomina Diámetro Mínimo de Corta Ponderado (DMC/P), al promedio de los diámetros mínimos de las diferentes especies, ponderado por el número de individuos que se propone aprovechar en la clase diamétrica menor correspondiente.

Un ejemplo de la aplicación del concepto de distribuir equitativamente el impacto del aprovechamiento entre varias especies se desarrolla en la hoja de cálculo "COSECHA" desarrollada en el Proyecto BOLFOR y contempla la intensidad de cosecha, igual para cada una de las especies seleccionadas, el número de árboles se determina como un porcentaje del número total de árboles encontrados en el inventario. Por ejemplo se presentan las especies, el número por hectárea, el número de árboles a extraer y la distribución diamétrica de los individuos para cosecha, en el estrato alto denso de un bosque húmedo en el departamento de Santa Cruz, Bolivia. La intensidad de aprovechamiento es del 12 por ciento de la población inventariada (TOTAL), el número de árboles por hectárea propuestos para la cosecha (COSECHA/ESPECIE), corresponde a ese porcentaje.

Distribución diamétrica del número de árboles a cosechar por hectárea. Volumen de cosecha y DMC/P

Especie	Total	Cosecha /Especie	DAP 40-50	DAP 50-60	DAP 60-70	DAP 70-80	DAP 80-90	DAP 90<
Almendrillo	4.48	0.54				0.223	0.313	
Isiri	5.12	0.61	0.3	0.313				
Verdolago	2.4	0.29						0.29
Blanquillo	6.15	0.74			0.417	0.313		
Guayabochi	0.83	0.10					0.1	
Jorori	6.67	0.80	0.7	0.1				
Negrillo	4.06	0.49	0.4			0.1		
Ochoo	10.31	1.24						1.24
Paquito	1.36	0.16		0.16				
Sujo	0.83	0.10						0.1
TOTAL	42.2	5.1	1.4	0.6	0.4	0.6	0.4	1.6
		VOL COS	1.79	0.73	0.60	1.52	1.64	10.46
		COSECHA	VOL	16.73	m^3			
		DMC/P	68.21	cm				

Del total de los árboles correspondientes a estas especies se aprovecharán 5,1 árboles por hectárea y quedará un 88% de cada población para que se mantenga la producción de semillas. Se pretende que ninguna de estas especies sufra un efecto detrimental mayor que el de las demás y que la porción de las poblaciones remanentes mantenga una buena parte de la información genética y que se dé el libre intercambio de la misma.

En condiciones de manejo comercial, por lo general, es alto el riesgo de que la precisión, a la hora de seleccionar los árboles para cortar, sea pobre, y en vista del interés económico y de la tradición de hacerlo así, siempre habrá una tendencia para cortar un mayor número de árboles de las especies más valiosas. Para enfrentar este riesgo es necesario capacitar al personal involucrado en el manejo en todos los niveles, desde los obreros en el campo hasta los gerentes y propietarios de las empresas, para que haya además de la capacidad técnica y operacional, la voluntad de hacerlo bien.

Ciclo de corta

Se han definido dos sistemas principales de manejo, en uno de ellos, denominado monocíclico, se contempla el aprovechamiento de toda la masa comercial disponible y la espera de un lapso necesario para el establecimiento y maduración de la nueva cosecha, a este lapso se le conoce como turno o edad de rotación. Por otra parte, en los sistemas policíclicos se aprovecha sólo una parte de la masa comercial, reteniendo parte de la población para que complete su madurez, produzca semillas y para conservar la estructura del bosque, de manera que se mantengan las funciones ecológicas, los procesos de regeneración y de control del clima, así como los ciclos y flujos de minerales, agua y energía. Por las características estructurales de los bosques de las regiones Neotropical y Mesoamericana, así como por la creciente importancia económica de las funciones ecológicas del bosque, se acepta a los sistemas policíclicos como la forma más adecuada de manejo de nuestros bosques.

A través de la historia del manejo del bosque natural en la Región Tropical se han probado diferentes lapsos entre cosechas, algunos corresponden con el

turno y otros con verdaderos ciclos de corta. En Nigeria se propuso un ciclo de corta de 100 años y un DMC de un metro, sin embargo al llevar a la práctica el esquema se encontró que la estructura del bosque no respondía con el dinamismo que se esperaba (Neil, 1981).

En muchas oportunidades los grupos de poder económico han presionado para que se reduzcan los ciclos de corta, tal como lo indica François (1977) al analizar la reducción del ciclo de corta, de 25 a 15 años, implementada en Ghana en 1970. Esta reducción se hizo con fines comerciales, para incrementar la disponibilidad de volúmenes de madera y los efectos negativos en la calidad de la masa son evidentes.

Ante el éxito económico del Sistema Tropical Bajo Dosel desarrollado en Trinidad, se redujo el tiempo entre cosechas de 60 a 30 años para duplicar la disponibilidad de materia prima para la elaboración de carbón (Neil, 1981). Esta medida condujo a un cambio en la composición florística del bosque.

En Surinam se plantea un sistema policíclico con ciclos de 20 años (Jonkers, 1987), valdría la pena evaluar los resultados a mitad del ciclo para determinar las expectativas de éxito del esquema.

En un estudio en el que se simuló el efecto de diferentes esquemas de aprovechamiento de bosques naturales en la Península de Osa, Costa Rica, Howard y Valerio (1992) encontraron que si se aplicaban dos ciclos de corta de 10 años, en un período de conversión del bosque y si luego se mantenían ciclos de corta de 15 años, el área basal del bosque disminuiría paulatinamente hasta mantenerse prácticamente inalterada en un nivel cercano al sesenta por ciento del área basal encontrada originalmente en el bosque, a partir de sexto ciclo, es decir 80 años después de la primera intervención. El escenario correspondía a un aprovechamiento rentable pero sumamente cuidadoso, tanto en la planificación como en la ejecución. La reducción en el área basal del bosque es una indicación de que los ciclos de corta reducidos, a pesar de que se cumplieran todos los supuestos de partida, no garantizan mantener el potencial de producción del bosque. En condiciones de manejo comercial, en la que por lo general priva el interés económico inmediatista, la reducción arbitraria de los ciclos de corta conlleva un alto riesgo de una degradación total del bosque.

Los principales factores que determinan el ciclo de corta son: 1) el restablecimiento de los ciclos de nutrimentos e hidrológico, 2) la dinámica normal de la silvigénesis, 3) que se haya alcanzado el nivel original de biomasa mediante la producción neta y 4) que se haya alcanzado el volumen original de las especies aprovechadas.

Una de las amenazas para la estabilidad de los ecosistemas del trópico húmedo es la pérdida de los minerales, esenciales para la vida, llamados nutrimentos. Estos nutrimentos son arrastrados por el agua hacia capas profundas del suelo, mediante el proceso de lixiviación y a partir de determinada profundidad las raíces de los árboles ya no son capaces de absorber los minerales y estos se pierden.

En el suelo del bosque existe una densa red de raíces superficiales que, en asocio con hongos específicos forman micorrizas, para capturar más eficientemente los minerales que se encuentran en el suelo y los retienen en los tejidos de las plantas y en los de los animales que se las comen; de esta forma en los ecosistemas tropicales, la mayor proporción de minerales se encuentra en la biomasa. Cuando un organismo muere los minerales que contiene en su cuerpo son devueltos al suelo, de donde las plantas los toman de nuevo, cerrándose así el ciclo de nutrimentos. Existen muchas adaptaciones para evitar la pérdida de minerales del ecosistema, el bosque natural mantiene un equilibrio entre las entradas y salidas de minerales del ecosistema, cuando hay una perturbación, caída natural de árboles o deslizamientos de suelo, por ejemplo, el ecosistema restablece el equilibrio en un tiempo proporcional a la magnitud del evento. En el caso de alteraciones causadas por el hombre también se restablece el equilibrio, pero si la intervención en muy intensa o frecuente el tiempo para recuperar las condiciones originales puede ser tan grande que pareciera, para el horizonte de análisis del hombre, que no hay tal recuperación.

Existe un equilibrio entre entradas y salidas, manteniéndose en circulación un volumen de minerales, determinado por las características del sitio. Las fuentes de nuevos nutrimentos son la meteorización del material parental, originador de suelo, la fijación de nitrógeno atmosférico y la caída de aerosoles y otras partículas mayores, transportadas por el viento o solubilizadas por la lluvia. En términos generales la entrada de minerales al ecosistema es lenta, responde a procesos geológicos. Cuando sucede una perturbación artificial se rompe el equilibrio entre entradas y salidas y se empobrece el ecosistema, se requiere un lapso para restablecer el equilibrio y recuperar los niveles de nutrimentos en el ciclo. Según Jonkers (1987) el aprovechamiento de 23 m^3 de madera provoca la remoción de cerca de 50 kg. de nitrógeno y 160 kg. de otros minerales (P, K, Ca y Mg). Se estima que en el lapso de un ciclo de corta, propuesto para 20 años, se puede compensar las pérdidas de minerales, si se incrementara el volumen aprovechado, el tiempo necesario para compensar las pérdidas es mucho mayor. Palmer (1975) señala que el daño causado por el madereo depende más del número de árboles talado que del volumen aprovechado, aunque este será proporcional.

El equilibrio de nutrimentos en el ecosistema, al igual que la información genética, están directamente afectados por la intensidad del aprovechamiento y la longitud del ciclo de corta.

Otro riesgo de pérdida de minerales es la erosión, proceso de pérdida de las capas superficiales del suelo y en el caso de cárcavas, más profundo aún. En el aprove-

chamiento, la apertura de claros por la caída de los árboles y la construcción de caminos provocan erosión, además de incrementar la lixiviación, como se dijo, se remueve del ecosistema la porción de minerales almacenados en la madera.

Se deben emplear las técnicas de planificación y ejecución para disminuir el impacto del aprovechamiento forestal, estas técnicas contemplan la disminución del tamaño de los claros y de la proporción de árboles dañados, minimizar la superficie de caminos y patios de acopio, asegurar la construcción de obras y estructuras para disminuir la erosión y evitar la obstrucción de ríos o quebradas (Cordero y Meza, 1993). Al disminuir el uso de maquinaria pesada y sustituirla, en algunas etapas de la extracción de la madera, por la fuerza animal se disminuye el impacto al medio y la dependencia de tecnología importada, por la que hay que pagar caro, esto abre también la posibilidad de ampliar la participación del campesino en el aprovechamiento y por lo tanto incrementar sus utilidades (Cordero, 1995).

El ciclo de corta debe contemplar el tiempo necesario para que se recuperen los niveles originales en el ciclo de nutrimentos y para que la estructura, del sotobosque principalmente, asegure que los niveles de erosión vuelvan a ser parecidos a los que presentaba el bosque antes de la intervención.

Para hacer estimaciones de la magnitud de los ciclos de corta es necesario contar con información de la dinámica y crecimiento de los bosques. El proyecto BOLFOR conduce estudios sobre crecimiento en bosques intervenidos en diferentes regiones en el departamento de Santa Cruz, Bolivia. La información de estos estudios ha permitido determinar, en forma preliminar, tasas crecimiento (Contreras *et al*, 1996). Para determinar la ecuación que describe el comportamiento del incremento corriente anual (ICA) se usa el método de los mínimos cuadrados, análisis de regresión. La ecuación general que se usa, es una modificación de la planteada por von Vertalanffy (Valle, 1986). En esta ecuación el ICA se explica en función de la dimensión del árbol.

$ICA=Ad+Bd^{0,67}$

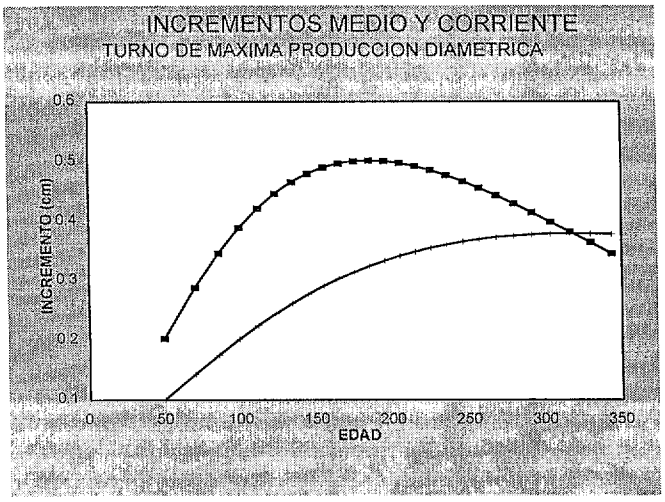
Donde:

ICA es el incremento en un año, variable dependiente,
d es el diámetro del árbol, variable independiente,
A y B son parámetros relacionados con el volumen y la superficie del árbol respectivamente. A es menor que cero, mientras que B lo es mayor,
0,67 es la potencia que propone von Bertalanffy para relacionar la dimensión del organismo con su superficie.

El incremento observado en el caso de los bosques de Lomerío se describe mediante la ecuación:

$ICA=-0,017dap+0,098dap^{0,67}$

A partir de la información de incremento se puede estimar, mediante el procedimiento de los tiempos de paso (Valle, 1979), el diámetro de un árbol promedio a diferentes edades, también se puede calcular su incremento medio anual (IMA) que es el promedio de incremento en los diferentes años de la vida del árbol, cuando este incremento es de igual magnitud que el ICA, se ha alcanzado la máxima velocidad de crecimiento del árbol y se acepta como el turno de máxima producción.



De acuerdo con la información de la figura anterior se puede aceptar, en forma preliminar, que el turno de un árbol promedio es de poco más de 300 años.

El concepto de mosaico sucesional es la integración de diferentes parches dentro del bosque, estas áreas, denominadas ecounidades, están definidas en el tiempo y el espacio, se originan por la caída de un árbol que provoca la apertura de un claro, la vegetación que se desarrolla en ese claro tendrá la misma edad o nivel de desarrollo, es por esto que se dice que está definida en el tiempo (Oldeman, 1983). En vista de que la superficie del claro varía dependiendo del tamaño del árbol que lo originó, la arquitectura de su copa y el hecho de haber arrastrado otros árboles con él, es por lo que se dice que está caracterizada por el espacio. La estructura que se observa en cada una de estas ecounidades en determinado momento corresponde al tamaño del claro y a la etapa de desarrollo en la que se encuentre. En el bosque se presentan constantemente caídas de árboles, con mayor o menor frecuencia, dependiendo de las características del ambiente, vientos, profundidad de suelo, distribución de las lluvias, tormentas eléctricas, etc. El proceso de apertura y cicatrización de claros se conoce como silvigénesis y, de acuerdo con su dinamismo, definirá la estructura del bosque y su robustez. El mosaico sucesional es, entonces, la integración de las ecounidades de todos los posibles tamaños y de cada una de las posibles etapas de desarrollo. El tiempo que

una determinada ecounidad toma desde su formación hasta un estado de madurez, depende de las condiciones del sitio, suelo y clima, de las dimensiones del claro y las características de las especies que se hayan establecido en él.

Cuando se hace un aprovechamiento se genera un número anormal de ecounidades nuevas, por lo general de mayor tamaño al promedio de las naturales. Hay evidencia de que siguen un proceso de cicatrización equivalente al de las ecounidades de origen natural (Valerio *et al*, 1995); sin embargo, deben tener el tiempo suficiente para la reconstrucción de la estructura de una fase madura, este tiempo no corresponde con el ciclo de corta en vista de que en la siguiente cosecha se puede evitar el impacto en las áreas que se están recuperando, claros y pistas de arrastre. El tiempo de recuperación corresponde con el turno o edad de rotación, que va desde el establecimiento hasta la madurez de la regeneración. Un turno se divide en un determinado número de ciclos de corta, de manera que al final del turno se ha aprovechado toda el área de la unidad de corta procurando no repetir el impacto en las áreas que no hayan alcanzado su madurez, turno. La definición anterior implica que, si se acepta un turno promedio de 300 años y que en una intervención se impacta, por ejemplo, el 16,7 por ciento del área y si fuera posible que en cada intervención sucesiva no se toquen las áreas ya impactadas, sino hasta dentro de 300 años, tendríamos que podríamos hacer seis cosechas, lo que corresponde a ciclos de 50 años. Si se mejora la tecnología para la planificación y ejecución del manejo, y se reduce el área de daño a un 13 por ciento, el ciclo podría bajar a 35 ó 40 años.

Para definir la magnitud del ciclo de corta se debe tomar en cuenta, además de la intensidad del aprovechamiento, el nivel de impacto que éste tiene sobre el bosque remanente. El ciclo de corta debe contemplar el tiempo para que el bosque recupere su estructura madura y los niveles en los procesos vitales como el de la silvigénesis. En la filosofía del manejo sostenible más valiosa que la cosecha actual son las futuras, en vista de que en el momento en que esas se produzcan el precio de la madera será mayor.

El principio fundamental de los sistemas de selección o policíclicos es que se reserva una parte de la masa para que crezca y ocupe el lugar de la que se cosechó, a su vez la nueva regeneración ocupará espacios en el arbolado de menores dimensiones. El ciclo debe contemplar el tiempo necesario para que se recupere el nivel de biomasa original. Hay evidencias de que la mortalidad posterior al aprovechamiento es mayor, cerca del cinco por ciento (Valerio *et al*, 1995), que la observada en bosques similares que no han sido intervenidos, estimada en cerca del uno por ciento, también se ha observado que paulatinamente la mortalidad decrece hasta alcanzar, supuestamente, los niveles naturales. Este es un indicador indirecto de la recuperación en los niveles del ciclo de nutrimentos y del establecimiento de regeneración en el proceso de silvigénesis. Desde el punto de vista económico del manejo y para evitar la pérdida de especies valiosas, se debe considerar la recuperación del volumen aprovechado de las especies seleccionadas. Esta es la evaluación de la producción específica. Para estimar, en un determinado bosque, el tiempo necesario para que la población remanente de especies cosechadas alcance un volumen igual al de la cosecha se puede proyectar el crecimiento de los árboles del inventario, correspondientes a las especies de interés y determinar el volumen en diferentes momentos en el futuro. Este criterio atiende a la producción específica del bosque.

En el Proyecto BOLFOR se ha desarrollado una hoja electrónica, denominada "TUNEL", que hace una proyección anual del diámetro y contemplando una mortalidad propuesta, permite determinar el volumen, referido a una hectárea, de los árboles de las especies de interés, levantados en un inventario. Asimismo selecciona los árboles que exceden un determinado DMC/P al momento del inventario y determina su volumen, este volumen es la meta que se debe alcanzar para aceptar que se ha recuperado el volumen extraído en la cosecha. En el siguiente cuadro se resume la información del crecimiento en volumen actual, árboles sobre el DMC fijado para el bosque, de las especies cosechadas, y su relación porcentual y absoluta, diferencia, respecto al volumen aprovechado y considerado como meta para el bosque.

Para un mismo inventario, TUNEL permite desarrollar diferentes escenarios en función de la intensidad del aprovechamiento expresada mediante el DMC/P.

Corolario

El manejo de los bosques tropicales se inició a mediados del siglo pasado, se han probado diferentes sistemas silviculturales en diferentes tipos de bosque y bajo diferentes situaciones sociales, políticas y económicas, han habido historias de éxito y de fracaso; muchas veces el éxito ha estado asociado a factores económicos que al cambiar han hecho que se abandone un determinado sistema; en otras oportunidades se han implantado conceptos técnicos desarrollados fuera de la Región Tropical y han demostrado que no son propicias para los bosques mixtos tropicales, muy diferentes de aquellos en los que se desarrollaron esos conceptos. En el proceso de prueba y error a lo largo de la historia del manejo del bosque tropical se han aprendido lecciones que permitan hacer, cada vez, planteamientos más acordes con las características del bosque y del grupo humano relacionado con su manejo. Se han identificado las bases ecológicas que determinan la posibilidad de manejar el bosque y se ha generado la tecnología apropiada y

desarrollado las herramientas, tanto de planificación como de ejecución del manejo.

El esfuerzo por hacer un manejo sostenible representa un cambio en la relación entre el costo y los ingresos, es el precio que se debe pagar por la sostenibilidad. La evolución económica global tiende hacia el desarrollo de economías sanas, sostenibles, en las que se debe garantizar la permanencia de la oferta de los productos, en nuestro caso los del bosque, ya que la disminución de la oferta de un determinado bien ocasiona distorsiones indeseables en el mercado y su agotamiento definitivo dejaría inútil la infraestructura de mercado e industrialización creada para ese producto, con las consiguientes pérdidas para los empresarios en particular y perjuicios para la economía en general. Una oferta ficticia de madera, que responde a la demanda y no a las posibilidades de producción del bosque, no permite que las fuerzas del mercado determinen un precio real del producto, esta situación es perjudicial para el mercado y amenaza su estabilidad. Para enfrentar los perjuicios de una oferta ficticia y del agotamiento de las fuentes de madera se busca la sostenibilidad de las fuentes de materia prima.

Por la disponibilidad de herramientas tecnológicas apropiadas y la experiencia y capacidad técnica desarrolladas y por las tendencias económicas globales, se puede esperar que, a corto plazo se pueda hacer un manejo forestal de alta calidad, satisfaciendo las expectativas económicas y garantizando la permanencia del bosque.

Distribución del volumen actual, su diferencia con el volumen meta y relación porcentual en el tiempo de acuerdo con la proyección de TUNEL.

COSECHA	m^3	12.61	DIF. CON META	% RESPECTO A META
DMC/P	cm	75		
	% MORT	VOL		
AÑO	ANUAL	ACTUAL		
0	0.15	12.61	0.00	100.00%
5	0.04	1.21	-11.40	9.57%
10	0.02	2.41	-10.20	19.11%
15	0.015	3.41	-9.20	27.02%
20	0.01	5.19	-7.42	41.16%
25	0.01	7.78	-4.82	61.73%
30	0.01	8.69	-3.91	68.97%
35	0.01	11.80	-0.80	93.63%
40	0.01	14.50	1.89	115.01%

Bibliografía

Ashthon, P. S. 1996. Stand Level Concepts and indicators for Certification of Forest Management. . *In* UBC-UPM Conference on Ecological, Social and Political Issues on the Certification of Forest Management. (1996, Putrajaya, Selangor, Malasia). [Proceedings]. The University of British Columbia, Canada, The Universiti of Pertanian, Malaysia. pp 25-57.

Baidoe, J. F. 1970. The selection system as practised in Ghana. Commonwealth Forestry Review 49 (2).

Baur, G. N. 1964. The ecological basis of rainforest management. Sydney, Australia. Food and Agriculture Organisation y Forestry Commission of New South Wales. 14 + 499 p.

Bawa, K. S. Y Krugman, S. L. 1991. Reproductive biology of trees in relation to conservation and management. In Gomez Pompa, A, Withmore, T. C. y Maclley, M. (Editores). Rainforest regeneration and management. París. Parthenon Publishing Group. Man and the Biosphere Series, vol. 6. pp 119-136.

Contreras, F., Cordero, W y Licona, J. C. 1996. Tiempos de paso para cuatro especies forestales de Lomerío. Informe interno Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. 4 p.

Cordero, W. 1995. Use of Oxen in Logging Operations in Rural Area of Costa Rica. *In* IUFRO World Congress (20., 1995, Tampere, Finlandia). [Abstracts of Invited Papers]. Editores: Eeva Korpilahti, Tommi Salonen y Seppo Oja. Jiväskylä, Finlandia, Gummerus. 219 p.

Cordero, W. Y Meza, A. 1993. Algunas Notas Sobre Prácticas de Aprovechamiento Forestal Mejorado. Cartago, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 40 p.

Dawkins, H. C. 1960. New method of improving stand composition in tropical forests. Caribbean Forester. 22:12-20.

François, J. 1977. Forestry in Ghana. Unasilva 29:115.

Gordon, W. A. 1957. The problem of unmerchantable species in the management of tropical forests. *In* 7th British Commonwealth Forestry Conference. [Papers]. snt.

Howard, A. y Valerio, J. 1992. A diameter class growth model for assessing the sustainability of silvicultural prescriptions in natural tropical forest. Commonwealth Forestry Review 71(3/4):171-177.

Jonkers, W. B. J. 1987. Vegetation structure, logging damage and silviculture in a tropical rain forest in Suriname. Agriculture University, Wageningen, Holanda. 172 p.

Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Traducción Antonio Carrillo. Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Alemania. 335 p.

Neil, P. E. 1981. Problems and opportunities in tropical rainforest management. Commonwealth Forestry Instutite, Oxford University. Inglaterra. Occasional Papers n. 16. 125 + 49 p.

Oldeman, R. A. A. 1983. Tropical rain forest, architecture, silvigenesis and diversity. *In* Tropical rain forest: ecology and management. Ed. by S. L. Sutton, T. c. Withmore y A. C. Cchadwick. Boston, Blackwell Scientific Publications. pp 151-166.

Palmer, J. R. 1975. Towards more reasonable objectives in tropical high forest management for timber production. Commonwealth Forestry Review. 54: 273-289.

Valerio, J. y Salas, C. 1997. Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales. BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia. 85p.

Valerio, J., Salas, C. y Castillo, M. 1995. Comportamiento del bosque natural después del aprovechamiento forestal. Informe final de proyecto. Departamento de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago. 127 p.

Valle, J. I. Del. 1979. Curva preliminar de crecimiento del cativo (*Prioria copaifera*). Revista Facultad de Agronomía, 32(2):19-26.

Valle, J. I. Del. 1986. La ecuación de crecimiento de von Bertalanffly en la determinación de la edad y el crecimiento de árboles tropicales. Revista Facultad de Agronomía, 39(1):19-26.

Valle, J. I. Del. 1993. El problema de la selección disgénica en los bosques de guandal y propuesta para su solución. Crónica Forestal y del Medio Ambiente, Colombia. 8:59-73.

Diseño y Aplicación de un Inventario Forestal Diversificado (Productos Maderables y No Maderables) en Petén, Guatemala

Pedro Pineda[1]
Daniel Marmillod[2]
Pedro Ferreira[2]

Resumen

*En Petén (Guatemala), se extraen desde décadas productos maderables y no maderables de los bosques con fines de mercadeo: madera, fundamentalmente de caoba (*Swietenia macrophylla*) y cedro (*Cedrela odorata*); chicle, látex cocinado de chicozapote (Manilkara zapota); "all spice", fruta de la pimienta (*Pimenta dioica*); follaje de xate[1] (*Chamaedorea elegans*) y jade (*Ch. oblongata*), y con tendencias crecientes, fibra de tallos de bayal (Desmoncus spp.). Para usos locales, es común además la cosecha de hojas de guano (*Sabal sp.*), escobo (*Cryosophylla argentea*) y otras especies de usos medicinal, alimenticio, en curtiembre, etc. (Gálvez 1996).*

A pesar de esta tradición de uso diversificado del bosque, las prácticas de aprovechamiento son hoy todavía eminentemente extractivas, sin consideración alguna por la sostenibilidad de la producción, y conducen a una desaparición de los recursos por sobrexplotación. La necesidad de encarar acciones verdaderas de manejo, orientadas a definir la cosecha permisible de cada recurso, es imperante. El proceso que conduce a tal definición requiere, entre otros elementos de juicio, conocer las existencias en el bosque de cada uno de los recursos de interés.

El presente trabajo muestra cómo diseñar un inventario forestal que proporcione información simultáneamente sobre productos maderables y no maderables de interés para el manejo diversificado de bosques, y discute la propuesta de diseño después de su aplicación a los bosques de la concesión comunitaria de San Miguel, Petén. Nace de la idea de que debiera ser más barato realizar en un solo proceso la estimación de los varios recursos de interés. Se desarrolla sobre la hipótesis de que, en un mismo inventario forestal es posible estimar, con un error de muestreo aceptable, el volumen de madera de las especies maderables y, a la vez, el producto de las especies no maderables bayal, xate, chicozapote y pimienta.

Metodología

La investigación constó de dos eventos bien diferenciados: el diseño del inventario y la aplicación de este diseño para inventariar los bosques de la concesión comunitaria de San Miguel [(consultar Pineda (1996) para los detalles de la investigación; en particular los fundamentos estadísticos)].

El **proceso de diseño** incluyó determinar la forma y tamaño de las unidades de muestreo, el tamaño de la muestra y su distribución en el campo. Luego, con las variables por medir identificadas, se elaboraron los formularios adecuados para levantarlas en el terreno.

Aceptando que para el propietario del bosque interesa básicamente una estimación confiable del volumen de madera de las especies de interés comercial, el diseño se orientó en primera instancia a: 1) estimar el volumen de madera de las especies de interés comercial con un nivel de

[1]Escuela Nacional Central de Agricultura de Guatemala
[2]Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

[1] De acuerdo con datos de Cuarentena Vegetal del Ministerio de Agricultura de Guatemala, para 1991 y 1992, el xate produjo anualmente alrededor de US$ 400 000 en divisas (SEGEPLAN 1992).

error aceptado por el propietario; 2) brindar una imagen local del bosque aceptable en términos fitosociológicos; 3) estimar el volumen de madera del conjunto de todas las especies con el nivel de error que exige la ley (15%). En complemento, el diseño consideró un juicio sobre regeneración de las especies arbóreas de interés comercial, aplicando el método de muestreo diagnóstico (Hutchinson 1993) en el cual también se miden los árboles aprovechables.

Por otro lado, tomando en cuenta que los habitantes de San Miguel extraen del bosque para comercialización cuatro productos de especies no maderables -hojas de xate, tallos de bayal, látex de chicozapote y frutos de pimienta-, el diseño del inventario se orientó a estimar las existencias de los mismos.

Sólo para xate y bayal fue necesario determinar el tamaño más adecuado de las unidades de muestreo para inventario. Cuando una especie se distribuye en forma aglomerada, es muy difícil establecer los límites de los aglomerados en el campo, por lo que los muestreos se realizan sin tomarlos en cuenta. Para minimizar el efecto que este patrón de distribución podría tener en el aumento de la varianza de la variable de interés en un muestreo sistemático o aleatorio, se recomienda que el tamaño de la parcela a utilizar en el inventario, sea el que presente el menor grado de aglomeración.

Para caracterizar la distribución espacial del xate, se utilizó la prueba de bondad de ajuste χ^2. Se analizaron los patrones de distribución aleatoria y aglomerada, mediante la determinación de su ajuste a las distribuciones de probabilidad Poisson y Binomial Negativa, respectivamente. El análisis se hizo para los tamaños de subparcela 25, 50, 100, 200, 400, 600 y 1200 m².

Después de conocer el patrón de distribución espacial de los individuos en los diferentes tamaños de subparcela, se eligió el tamaño de parcela con menor grado de aglomeración mediante el valor de la varianza relativa del número de plantas. Este valor está en relación directa a la aglomeración, o sea que interesan los valores bajos.

Para el bayal se hizo el mismo análisis, solamente que para los tamaños de subparcela de 100, 200, 400, 800, 1600 y 2500 m².

Para las otras especies (todas árboles) se tomaron como base tamaños recomendados por estudios previos (CONAP 1995, Carrera 1995, Hutchinson 1993) y utilizados en inventarios ejecutados en la región (especies maderables de interés comercial: unidades de 20x500 m; todas las especies maderables, chicozapote y pimienta: unidades de 10x50 m; muestreo diagnóstico: unidades de 10x10 m). En aplicación de los principios enunciados, la muestra básica del inventario (número de parcelas principales (PP, 1 ha) por levantar) fue la definida para el grupo de las especies maderables de interés comercial[2]. El diseño para estimar los otros productos tomó como base esa muestra y determinó la proporción de cada parcela principal donde debía muestrearse cada uno de ellos para respetar un error prefijado (número de subparcelas por PP)[3].

Determinación del tamaño de muestra

⇒ *especies maderables de interés comercial*

$$n = \frac{4s^2}{\left(\frac{e\bar{y}}{100}\right)^2}$$

donde
n = número de parcelas principales (PP, 1 ha) a levantar
e = error aceptable de muestreo en % {decisión *a priori*}
$\bar{y}$ = media del volumen en m³ {resultados del ...
s^2 = varianza en el volumen de madera {...premuestreo

⇒ *todas las especies maderables*

$$m = \frac{s^2}{n(\hat{v}(\bar{y})) - s_n^2 + \frac{s^2}{M}}$$

donde
m = número de subparcelas a levantar dentro de la PP
n = número de parcelas principales
M = número de subparcelas por parcela principal
s^2= varianza dentro de parcelas {resultados del ...
s_n^2 = varianza entre parcelas {... premuestreo
$\hat{v}(\bar{y})$ = varianza estimada de la media del volumen calculada con base en el error aceptable *a priori*

⇒ *muestreo diagnóstico*

$$n = \frac{\max_m z^2\left(\frac{1}{m}\right)\left(1-\frac{1}{m}\right)}{d^2}$$

donde
d = error de muestreo
m = entero que maximiza el numerador de la ecuación
z = función de (1-α[0.95]/2m)
n = número de parcelas principales

Por falta de información de premuestreo se decidió ejecutar el muestreo diagnóstico en fajas de 50 cuadrados, en un número de fajas igual que la muestra básica, de manera que después de la primera aplicación se contara

[2] Número de parcelas requeridas para cumplir con un error aceptable de muestreo fijado *a priori* en 20%, calculado utilizando la información del inventario forestal de la Unidad de Manejo de La Pasadita (CONAP 1995).

[3] Este procedimiento es un muestreo por conglomerado en dos etapas, descrito por Schaeffer, Mendenhall y Ott (1993), y ejemplificado para el bayal en Pineda *et al.* (1995)

con la información necesaria para calcular el número de cuadrados por faja requerido para que el peso relativo (área ocupada) de las condiciones de iluminación a las cuales están expuestos los deseables sobresalientes, cumpla con un error prefijado[4] (optimización *a posteriori* de la propuesta de diseño).

Para el xate y para el bayal, se utilizó para determinar el tamaño de muestra el mismo procedimiento que para el conjunto de todas las especies maderables.

Análisis de la información del inventario y comprobación del diseño

⇒ *volumen y área basal de especies comerciales*

- media del volumen por ha

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n}$$

donde

$\bar{y}$ = media del volumen o área basal por ha

n = número de parcelas de 1 ha

y_i = volumen o área basal en la i-ésima parcela de 1 ha

- estimación mínima significativa

$$\bar{y} - 1.64\sqrt{\hat{v}(\bar{y})}$$

donde

$\hat{v}(\bar{y})$ = varianza de la media estimada

- error de muestreo en porcentaje

$$e = \frac{164\sqrt{\hat{v}(\bar{y})}}{\bar{y}}$$

⇒ *volumen y área basal de todas las especies*

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} y_{ij}}{nm}$$

donde

y_{ij} = volumen o área basal en la j-ésima subparcela de 10 m x 50 m de la i-ésima parcela de 1 ha

Posteriormente, de la misma manera que para el volumen y área basal de las especies comerciales, se calculó la estimación mínima significativa con un nivel de confianza de 0.95, y el error de muestreo.

⇒ *muestreo diagnóstico*

$$\hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i}{nm}$$

donde

a_i = número de cuadros de 10 m x 10 m que presentan determinada iluminación o potencialmente productivos, en la i-ésima faja de muestreo diagnóstico

n = número de fajas

m = número de cuadros por faja

La **comprobación del diseño** se basó en una comparación del error de muestreo obtenido con el fijado *a priori* como aceptable, para cada uno de los productos.

Análisis de costos de la ejecución del inventario

Durante la **aplicación del diseño** propuesto se registró, además de las variables de productos, la información necesaria para el cálculo de los costos del inventario. Se consideraron costos fijos y costos variables de los rubros: ubicación con GPS, apertura de brechas, trazo de parcelas, medición de individuos y procesamiento de información.

El **análisis** se hizo para varios escenarios, considerando situaciones de muestreo de los varios productos por separado e integrados:

- muestreo solamente de las especies arbóreas
- sólo el muestreo diagnóstico
- muestreo únicamente de las especies xate y bayal
- especies arbóreas, xate y bayal
- especies arbóreas y muestreo diagnóstico
- especies arbóreas, muestreo diagnóstico, xate y bayal

Resultados

Tamaño de las unidades de muestreo de xate y bayal

La población de xate presenta una distribución espacial en agregados en parcelas de 25 a 1200 m². Aplicando el criterio del mínimo de la varianza relativa, el tamaño óptimo de la unidad de muestreo es 25 m²; por razones prácticas, decidimos usar unidades de 50 m², alternativa que no implica un aumento sustancial del coeficiente de variación de la media.

La población de bayal muestra un comportamiento similar, con una distribución en agregados en parcelas de

[4] Si se conoce el número de fajas que se van a instalar, Thompson (1987) propone un método para determinar el error *a priori* del peso relativo de las condiciones de iluminación, basado en propiedades de la distribución multinomial y suponiendo una máxima varianza.

100 a 2500 m². Aplicando el criterio del mínimo de la varianza, el tamaño óptimo de la unidad de muestreo es 100 m², superficie que adoptamos para fines de diseño del inventario.

Diseño del inventario

Para cumplir con errores aceptables a *priori* (meta del inventario) en el volumen maderero (20% en árboles con dap ≥ 25 cm de las especies maderables de interés comercial y 15% en todas las especies maderables), y en el número de árboles aprovechables no maderables (23% en chicozapote[5] y 21% en pimienta), es necesario instalar en los bosques de la concesión comunitaria de San Miguel (6300 ha):

- 32 parcelas principales de 20x500 m (1 ha) para el muestreo diversificado (árboles y productos no maderables xate y bayal), en las cuales se medirán los individuos de:
  - las especies arbóreas de interés comercial (maderables y no maderables[6]) con dap ≥ 10 cm en toda la parcela
  - todas las especies arbóreas con dap ≥ 10 cm en 5 subparcelas de 10x50 m[7]
  - xate en 10 subparcelas de 5x10 m
  - bayal en 10 subparcelas de 10x10 m.

Con estas 32 parcelas, el error esperado en la estimación del número de hojas aprovechables de xate y el largo de tallos aprovechables de bayal ascendía a más de 35%, lo que fue considerado inaceptable. Para cumplir con un error inferior a 30% (xate: 27%, bayal: 28%), es necesario instalar:

- *en suplemento 15 parcelas principales para el muestreo exclusivo de xate y bayal*[8], aplicando el diseño anterior (10 subparcelas de 5x10 y 10x10 m respectivamente).

Al instalar una faja de muestreo diagnóstico en cada uno de los 32 puntos que constituyen la muestra básica, el error esperado en la estimación del peso relativo (área ocupada) de las condiciones de iluminación en las que se encuentran los deseables sobresalientes ascendía a 20%, aplicando Thomson (1987). Consideramos esta meta *a priori* aceptable, por lo que se instalarán:

- *32 fajas de muestreo diagnóstico*, dividiendo cada una en 50 unidades de 10x10 m. En cada unidad, se elegirá al deseable sobresaliente y se medirán los árboles aprovechables de las especies de interés comercial (maderables y no maderables).

La parcela principal de muestreo diversificado y la faja de muestreo diagnóstico forman una unidad en forma de L, y están unidas en la base. Se distribuyen en las esquinas de una malla de 1,5x1,5 km, mientras que las parcelas suplementarias de muestreo de xate y bayal se ubican en medio de los transectos este-oeste que unen las esquinas de la malla.

Comprobación de la propuesta de diseño

Los resultados de la aplicación del diseño en los bosques de San Miguel muestran en general errores obtenidos menores a los predefinidos -aquellos que sirvieron de base al diseño (Cuadro 1, ver al final de esta exposición)-, lo que sugiere que hubiera sido posible cumplir con los errores metas del diseño con menos parcelas de muestreo. Así, la confiabilidad requerida por ley en la estimación del volumen maderero de todas las especies (error de 15%) hubiera podido ser alcanzada instalando solo 18 parcelas, en vez de las 32 que representaría menos de la mitad de las parcelas propuestas por Carrera (1995) para inventarios forestales en unidades de 5000 ha de la Reserva de la Biosfera Maya.

Sin embargo, y como se indicó en la metodología, el cumplimiento de los requisitos legales no es lo principal en un inventario para manejo diversificado de los bosques; importa más la estimación confiable de los productos de interés, entre otros el volumen de madera de las especies comerciales. Es en este contexto que debe analizarse el resultado anterior. Al diminuir a 18 parcelas la muestra básica, el error sobre este último producto hubiera alcanzado 19%, lo que queda inferior al considerado como aceptable, y el error sobre el volumen maderero de los árboles aprovechables hubiera ascendido a 29%. Por otro lado, para mantener los errores en xate y bayal, sería necesario instalar 29 parcelas principales suplementarias, en vez de 15. Esta propuesta alternativa es seductora, y probablemente la más eficiente para San Miguel, específicamente.

---

[5] Los conocimientos en la literatura sobre producción de chicozapote y pimienta se dan por árbol (CATIE 1994, CONAP 1995), por lo que se decidió expresar el error por número de árboles productivos.

[6] Para lograr un error aceptable (por lo menos inferior a 25%) en la estimación de la producción de chicle y pimienta gorda, fue necesario contemplar la medición de las poblaciones de estas especies en toda la parcela principal (10000 m²), y no sólo en una submuestra como se pretendía en la metodología.

[7] Para cumplir con el error de 15 % sobre volumen maderero de los individuos con dap ≥ 25 cm de todas las especies exigido por ley, fue necesario en el presente caso prever instalar 5 subparcelas. Sin embargo, aún si el requerimiento hubiese sido menor, hubiéramos mantenido este número, ya que para brindar una imagen localmente aceptable del bosque en términos fitosociológicos, una parcela donde se levantan todos los individuos con dap ≥ 10 cm debe tener un área mínima de 2500 m² (Gálvez 1996).

[8] Para disminuir el error, se reveló más eficiente aumentar el número de parcelas principales que aumentar el número de subparcelas en las PP de la muestra básica (aún muestreando los 10000 m² de cada una de las 32 PP no habría disminuido el error por debajo de 30% en el caso del xate).

Los resultados del muestreo diagnóstico indican que 77% de los deseables sobresalientes están mal iluminados (categorías 4 y 5). En todas las categorías de iluminación, el error de muestreo fue menor a 7%, muy inferior al prefijado el método de Thompson (1987), al asumir una varianza máxima, conduce a sobreevaluar el número de parcelas requeridas. Para cumplir con el error prefijado de 20%, hubiera bastado instalar fajas de 18 cuadrados, en vez de 50. Esta reducción tendría, sin embargo, consecuencias sobre la confiabilidad de la estimación del volumen maderero de los árboles aprovechables.

En un contexto de generalización de la aplicación del diseño, los resultados del inventario sugieren también que los bosques de San Miguel son más homogéneos que los de La Pasadita -cuya información fue tomada como nuestro "premuestreo"-, lo que plantea la pregunta de su representatividad para El Petén. Tomando en consideración que San Miguel tiene una extensión equivalente a un tercio de la superficie de La Pasadita, la pregunta anterior no es tan fácil de contestar: ¿No será más homogénea porque es más pequeña, y por lo tanto pudiera ser representativa de unidades de manejo de tamaño similar? No es objetivo del presente trabajo resolver esta cuestión, que pone en tela de juicio la práctica de recomendar una muestra básica para 5000 hasta 100 000 ha con base en el estudio de una única área.

Conclusiones

El presente trabajo demostró que es factible desarrollar inventarios que permitan estimar de manera estadísticamente confiable los productos no maderables de interés en el bosque; inventarios que no se limitan a la estimación de un número de individuos, sino que realmente determinan la cantidad de producto aprovechable. La aplicación de tales inventarios en unidades de manejo pone en evidencia las limitaciones de la práctica convencional para estimar la cantidad de producto aprovechable no maderable, que suele conducir a sesgos.

La priorización para el diseño de la confiabilidad en la estimación del volumen maderero de las especies comerciales, y no del de todas las especies arbóreas como es lo convencional, permitió bajar el diámetro mínimo de medición a 10 cm en toda la unidad de muestreo, reduciendo el levantamiento de los individuos de todas las especies arbóreas a un cuarto de tal unidad. Se ganó así precisión en la estimación de las maderables de interés comercial, a menor costo, y sin descuidar el conocimiento de todo el bosque. Otra mejora para estimar número y volumen de los árboles aprovechables de las maderables de interés comercial resultó de la integración del muestreo diagnóstico y del inventario maderable en la unidad básica de muestreo, dos actividades que se realizan convencionalmente sin ninguna coordinación.

En relación con el muestreo diagnóstico -herramienta silvicultural por excelencia-, la presente investigación demostró que es factible calcular el error de muestreo en la estimación del peso relativo de las condiciones de iluminación en las que se encuentran los deseables sobresalientes, lo que permitirá en futuros diseños determinar el número de cuadrados que deberán levantarse en la unidad básica de muestreo para cumplir con un error aceptado por el silvicultor. El enfoque novedoso de considerar como especies arbóreas de interés no sólo a las maderables, sino también a las no maderables (chicozapote y pimienta) y a las mal llamadas "vedadas" -ya que estos dos grupos de especies ocupan realmente un espacio en producción- permitió ganar una visión más objetiva de la situación de la regeneración de interés.

Realizar el inventario simultáneamente para más de un producto costó menos, en comparación a si se hubiera hecho por separado. La aplicación del diseño descrito aquí, diseño diversificado con muestreo diagnóstico, costó US$ 0,39 por ha: US$ 0,15 más que un inventario forestal convencional, pero US$ 0,30 menos que si se hubieran hecho por separado el inventario forestal, el censo del xate y bayal y el muestreo diagnóstico.

Bibliografía

Centro Agronómico Tropical de Investigacion y Enseñanza. 1994. Plan de manejo forestal para la Unidad de Manejo San Miguel, El Petén, Guatemala. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Documento de trabajo Olafo 9. 27 p.

Carrera, F. 1995. Guía para la planificación de inventarios forestales en la zona de usos múltiples de la Reserva de la Biósfera Maya, Petén, Guatemala. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie técnica-Informe técnico 275. 40 p.

Consejo Nacional de Areas Protegidas. 1995. Plan de manejo forestal para la Unidad de Manejo La Pasadita, San Andrés, Petén, Guatemala. Guatemala, CONAP. 111 p.

Galvez, J. 1996. Elementos técnicos para le manejo forestal diversificado de bosques naturales tropicales en San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 163 p.

Hutchinson, I. 1993. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques del Trópico húmedo. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie técnica-Informe técnico 204. 32 p.

Pineda, P.; Marmillod, D.; Ferreira, P.; Ocampo, R. 1995. Elementos de muestreo para el diseño de un inventario del bayal (*Desmoncus* spp.) en el bosque petenero. *In*: Semana científica (2., 1995, Turrialba, Costa Rica). Resúmenes. Turrialba, Costa Rica, CATIE. pp. 103-107.

Pineda, P. 1996. Diseño y aplicación de un inventario forestal diversificado (productos maderables y no maderables) en Petén. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 116 p.

Schaeffer, R.; Mendenhall, W.; Ott, L. 1993. Elementos de muestreo. Trad. G. Rendon y J.R. Gómez. México, Grupo Editorial Iberoamérica. 321 p.

Secretaria General del Consejo Nacional de Planificación Ecónomica. 1992. Plan de desarrollo integrado de

Petén: documento de actualización sobre estudios de xate. Santa Elena Petén, Guatemala, SEGEPLAN. 137p.

Thompson, S. 1987. Sample size for estimating multinomial proportions. The American Statistician (USA) 41(1): 42-46.

Anexo

Cuadro 1: Principales resultados del inventario 1996 de los bosques de la concesión comunitaria de San Miguel, Petén, Guatemala.

producto/variable	media /ha	error obtenido %	error prefijado %
todas las especies maderables:			
volumen maderero de árboles con dap ≥ 25 cm	34 m^3	11	15
área basal de árboles con dap ≥ 10 cm	20 m^2	8	
especies maderables comerciales*:			
volumen maderero de árboles con dap ≥ 25 cm	6,3 m^3	14	20
volumen maderero de árboles aprovechables**	3,4 m^3	21	
área basal de árboles con dap ≥ 10 cm	2,3 m^2	15	
chicozapote: chicle (látex cocinado)	9 kg	17	23
pimienta: frutos secos	0,1 kg	31	21
xate: número de hojas aprovechables	272	20	27
bayal: largo de tallos aprovechables	890 m	28	28

*caoba, cedro, amapola, santa maría, jobillo, malerio blanco, malerio colorado, canxán, cola de coche, danto, manchiche
**los árboles aprovechables son para caoba y cedro aquellos individuos con dap ≥ 60 cm, y para las otras especies maderables de interés, los con dap ≥ 45 cm.

El Inventario Forestal como Herramienta Principal para Elaborar un Plan de Manejo: Costos y Rendimientos

Fredy Ledezma V.
Fernando Miranda V.

Resumen

Para elaborar un Plan de Manejo se requiere y es imprescindible, información básica del bosque (No de árb/ha, AB, Volumen), en base a la cual se dará inicio a la planificación de actividades del plan de manejo forestal. El inventario forestal de reconocimiento es la base principal, mediante el cual se obtienen estimaciones cuantitativas y cualitativas de los recursos del bosque y otras características de importancia y utilidad.

La información obtenida del inventario, permitirá tomar decisiones respecto a qué hacer con el bosque y las actividades que se propongan necesariamente se deben encuadrar en un plan de manejo a elaborar, siguiendo ciertas normas técnicas, que exigen el conocimiento de los recursos del bosque, para su aplicación. Todas las acciones a seguir en el plan de manejo, derivan del análisis de la información proveniente del inventario, y en la medida en que esta sea de calidad las acciones propuestas serán las más adecuadas en pos de conseguir una producción sostenible del bosque. No podemos proponer un plan de manejo sin contar con un inventario y menos cualquier consideración ecológica o silvicultural sobre el bosque si no se conoce lo que tiene el bosque.

El propósito del presente documento es dar a conocer algunas experiencias en inventarios forestales de reconocimiento, actividades realizadas con empresas madereras y el apoyo de BOLFOR.

Descripción de zonas

Las zonas en donde se realizaron estos inventarios, se ubican en la reserva forestal del Bajo Paraguá al Noreste del departamento y en la región chiquitana hacia el Este. Las zonas difieren principalmente en el tipo de vegetación; la primera (Z-1), corresponde al bosque húmedo, se caracteriza por presentar un bosque alto de copas medianas a grandes, de condición más húmeda por mayor tiempo permite observar una vegetación casi siempre verde, con presencia de lianas en relativa abundancia, dentro de esta zona se encuentran las áreas de los casos 2, 3 y 5.

En el bosque chiquitano (Z-2), la vegetación pasa de un carácter de transición a uno seco, predominando árboles medianos, de menor diámetro, con escasa presencia de lianas y sotobosque más denso, la condición seca durante varios meses, le otorga el carácter semideciduo a deciduo a este bosque, además de presentar una topografía accidentada. Los casos 1 y 4 se encuentran dentro de esta zona.

Planificación de actividades

Es la etapa más importante, porque del detalle y cuidado con el que se preparen las diferentes fases del trabajo dependerá el éxito del inventario. El planeamiento del inventario descansa sobre un objetivo general, de la información que se requiere, el cómo obtenerla, sobre un diseño específico para el caso y el cómo ejecutarlo, en base a la información contenida en un mapa y el apoyo logístico adecuado.

En la fase de diseño la base es un mapa forestal, que incluye los principales tipos de vegetación. En todos los casos se produjeron mapas con 4 tipos de vegetación a saber, bosque alto, bosque medio, bosque bajo y chaparral.

La posibilidad de identificar los tipos de vegetación en terreno mismo, se facilita al trabajar con pocos estratos, asimismo el diseño del inventario se simplifica. Los mapas forestales producidos para planificar el inventario en todos los casos fue a una escala de 1:100,000. Estos mapas fueron producidos a partir de la digitalización de imágenes de satélite más recientes y con la verificación de terreno con unidades de GPS y la fotointerpretación de fotografías aéreas, incluyendo información adicional sobre caminos, sendas, arroyos, accidentes geográficos importantes, etc.,

Dirección: Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
Email: bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

características que facilitan el diseño y la ejecución del inventario.

La elaboración de mapas sin duda alguna, tiene un costo y el mismo tiene que ofrecer toda información necesaria para ejecutar el inventario forestal y así lo manifiestan Cordero y Contreras, 1996 "un mapeo apropiado brinda muchos beneficios, pero uno que es clave para disminuir el costo de los inventarios, es que se logra definir las áreas de interés en las cuales concentrar los esfuerzos". Y en realidad la ventaja que ofrece un mapa forestal, es enorme e importante, y para conseguirlo es clave también la información preliminar proveniente del terreno y la verificación de las unidades más representativas, en el campo.

- Sub parcelas de 2 m x 2 m para la el registro de brinzales 1.30 de altura y <a5 cm de DAP.
- Sub parcelas de 5m x 5m para el registro de latizales con un DAP 5cm < a 10 cm.
- Sub parcelas de 10m x 10m para el registro de fustales con un DAP 10cm y, a 20 cm .

Las líneas de inventario son distribuidas en forma sistemática en dirección Este-Oeste y sobre el total de la superficie, guardando equidistancia y simetría. Generalmente se han usado distancias entre líneas de 3, 4, y 6 km. , las parcelas son distribuidas sobre estas líneas de la misma forma, las mismas son de diferentes tamaños.

Para la toma de datos en el campo las planillas pueden usar diferentes variables dependiendo de los objetivos. Las variables más comunes usadas en los diferentes inventarios son:

- Nombre común
- DAP o CAP
- Altura comercial
- Altura total
- Calidad del fuste
- Posición de copa

A continuación se destaca algunas características del diseño de los inventarios por cada caso.

Cuadro 1: Costos de producción de mapas forestales para inventarios de reconocimiento

ITEM	Caso 3 (TR)			Caso 5(LCH)		
Superficie (ha)	100,500			78,025		
Servicios personales	Cantidad	$us Total	$us/ha	Cantidad	$us Total	$us/ha
1 Especialista				14 días	1,102.64	0.014
1 Ing. Forestal	19 días	590.58	0.0059	14 días	257.75	0.003
1 Téc. Forestal	30 días	674.58	0.0067			
1 Dibujante		79.37	0.0007			
Materiales y servicios de transporte	1600 km	1,280	0.017			
Imagen de satélite					1,000	0.013
Impresión					20	0.0003
Total		2624.53	0.030		2380.39	0.030

En el siguiente cuadro se destaca el costo en la producción de un mapa tipológico para dos casos (3-5).

Metodología y diseño utilizados

La metodología aplicada en los diferentes inventarios es la que propone Dauber, 1996, en su documento "Guía para la ejecución de inventarios forestales de reconocimiento"

El método utilizado para la recopilación de datos en el campo es el muestreo sistemático, el cual se define como la medición de las condiciones del bosque en una fracción predeterminada del área total, en donde las unidades de muestreo están distribuidas de acuerdo a un patrón regular. La disponibilidad de fondos y el apoyo logístico son factores que determinan el tipo de muestreo que se va a utilizar, pensando siempre en el que ofrezca mayor eficiencia.

Los costos del inventario también están influenciados fuertemente por el apoyo logístico programado, disponibilidad de personal, etc.

Las características principales del diseño son:

La intensidad está dada en función a la superficie total Ej. para superficies mayores a 100,000 ha la intensidad mínima es 0,15 %, la intensidad aumenta cuando el área de estudio se reduce. Las intensidades de muestreo pueden variar en los diferentes estratos según su importancia y valor económico, siempre y cuando se alcance la intensidad mínima en el muestreo total de los estratos forestales.

El tamaño y número de las parcelas está determinado por la intensidad del muestreo, asegurando buena representatividad del bosque, generalmente se ha propuesto un número de 100 parcelas como mínimo.

En todos los casos se incluye parcelas de regeneración natural al inicio y al final de cada parcela las cuales tienen las siguientes medidas.

Ejecución del inventario

En el siguiente cuadro se resumen los resultados y características del inventario para cada caso.

El rendimiento en la apertura de picadas o líneas de inventario es entre 1.5 a 2.42 km por jornada, los factores que determinan estos rendimientos son por orden de importancia. El sotobosque, la densidad alta o baja, permitirá el buen avance o no en la apertura de estas líneas, generalmente en los estratos de bosque alto el sotobosque permite un buen rendimiento, y no tanto así en los estratos de bosque medio y se torna más dificultoso en el bosque bajo.

La topografía de terreno, disminuye el rendimiento cuando está es más ondulada o muy ondulada, ya que el agotamiento físico es mayor, en muchos casos esta situación está compensada por un sotobosque abierto.

Cuadro 2: Características del diseño del inventario para cada caso:

	Caso 1 (NE)	Caso 2 (LR)	Caso 3 (TR)	Caso 4 (CL)	Caso 5 (LCH)
Superficie (ha)	9,590.2	102,260.8	100,500	122,580	78,025
Intensidad de muestreo (%)	0.20	0.15	0.13	0.12	0.12
Tamaño de parcelas	0.5 ha (250*20m)	1.5 ha (750*20m)	1.2 ha (600*20m)	1.8 ha (900*20m)	1 ha (500*20)
N° de lineas	10	10	6	9	8
Distancia entre líneas (km)	2	5	4	6	4

Cuadro 3: Rendimiento y algunas características evaluadas en el inventario forestal de reconocimiento

	Caso 1 (NE)	Caso 2 (LR)	Caso 3 (TR)	Caso 4 (CL)	Caso 5 (LCH)
Superficie (ha)	9,590.2	102,260.8	100,500	122,580	78,025
Apertura de picadas	2.26Km/jornada 1 Téc. 4 obreros, 450 m-hombre-jornada	1.5 km/jornada 1 bruj. 3 obreros, 375 m-hombre-jornada	1.5 a 2.0 km/ jornada,1 Téc. 4 obreros, 350 m-hombre-jornada	2.42 km/jornada 1 Téc. 4 obreros, 605 m-hombre-jornada	2.1 km/jornada 1 Téc. 3 obreros, 525 m-hombre-jornada
Rendimiento Inventario	1.25 ha/jornada, 1 Téc. 4 obreros	3 ha/jornada, 1 Téc. 4 obreros	3 ha/jornada, 1 Téc. 4 obreros	3.6 ha/jornada, 1 Tec. 3 obreros	4 ha/jornada, 1 Téc. 2 materos
Caminos	Acceso sólo al 40 % del área, dificultades por caida de árboles y puentes destruidos	Buen acceso a toda el área	Acceso regular	Acceso al 70 % del área programada	Buen acceso a toda el área
Mapa forestal-tipológico	Los estratos coinciden en un 77 % con el mapa	Los estratos coinciden en un 80 % con el mapa	Los estratos en el bosque coinciden en 50 % con el mapa	Los estratos en el bosque coinciden en 50 % con el mapa	Los estratos en el bosque coinciden en 32 % con el mapa, incendios anuales
Topografía	Muy ondulada a empinada (40 %-de pendiente)	Poco ondulado	Ondulado	Ondulada a muy ondulada	Ondulada

El establecimiento y evaluación de las parcelas es de 1.25 a 4 ha; el rendimiento está determinado por varios factores, primero al tamaño de la muestra, la densidad del sotobosque, la estructura y composición del bosque, la topografía y la experiencia de los materos.

En general, un factor clave para un buen rendimiento es la accesibilidad, y es de mucha importancia recoger toda la información sobre los caminos existentes en el área de estudio, de esta manera se ahorra tiempo y sobre todo se lograría reducir el costo del inventario.

Otros factores que determinan el rendimiento se detallan en el cuadro 4, destacando además, la forma en que éstos influyen negativa o positivamente.

Dificultades más comunes en la ejecución de los inventarios forestales

De las experiencias en la ejecución de inventarios, se suman una serie de dificultades por las cuales se atraviesan en el terreno de trabajo, estas permiten evaluar todo el plan de trabajo, tratando de mejorar cada vez el rendimiento y calidad del inventario forestal; enseguida se da a conocer las dificultades más comunes registradas en los inventarios.

♦ *Interpretación de imágenes*

La interpretación de imágenes y el reconocimiento de los estratos, en muchos casos no coincide entre los estratos que señala el mapa y los estratos que se observan en el bosque, lo que obliga a realizar modificaciones que ocupan tiempo.

♦ *La topografía*

La topografía accidentada dificulta la apertura de picadas y la ubicación de parcelas, debido a que las líneas de inventario están dispuestas sistemáticamente en el terreno y éstas sólo pueden ser desplazadas un mínimo aceptable, obliga muchas veces a pasar a través de cimas, zonas inundadas, curichis etc., para alcanzar algunas parcelas, atrasando el trabajo y demandando mayores esfuerzos, tiempo y costos.

♦ *Identificación de especies*

Es un problema frecuente durante la ejecución de un inventario; para el reconocimiento de las especies se emplearon (materos) locales y no locales, muchas veces la falta de personal local obliga a la contratación de personal de otras zonas, tropezando con problemas de reconocimiento de especies. El más común de los problemas se refiere a la asignación de un mismo nombre común a especies con características similares y por otro lado se da un nombre distinto a una misma especie.

- ***Diseño del inventario***

Dentro del diseño las parcelas distribuidas sistemáticamente en el mapa según los estratos correspondientes, pero una vez en el terreno algunas parcelas no se encuentran dentro del estrato mencionado, por el contrario en el terreno se ubican en curichis, quebradas o algún otro lugar inaccesible por lo cual se debe tomar la decisión de modificar el diseño ligeramente o a veces, eliminar la parcela. Por ejemplo, cuando se encuentra un extenso área temporalmente inundada.

- ***Apoyo logístico***

Es uno de los aspectos más importantes de la planificación, puesto que en las actividades de campo han sido un factor determinante, definiendo en gran porcentaje los costos del inventario. Una buena planificación, cuidadosa considerando los siguientes puntos, que si de obvian, podrían repercutir sobre las otras en tiempo y costos. En los casos que se estudian los siguientes factores influyeron en el trabajo:

- **Transporte**, la falta de transporte oportuno de víveres, traslado de campamento y personal, agua y otros, debido a problemas mecánicos, climáticos, planificación, provocaron en algunos casos la paralización de las actividades y en otros un bajo rendimiento

- **Campamento y equipo**, deben considerarse un campamento principal y varios campamentos móviles de modo que el desplazamiento de la gente a las líneas de inventario sea lo más corto posible, en cuanto al equipo este debe considerar todo lo necesario para el buen desempeño de las brigadas de trabajo. La más común de las dificultades, se refiere a la oportunidad en el traslado de campamentos y en el caso de campamentos principales, el traslado de personal.

- **Alimentos y medicinas**, no debe faltar en ningún momento, ya que una escasez de alimentos es causa de malestar entre los trabajadores y consecuente baja del rendimiento, hasta la paralización de las actividades.

- **Comunicaciones**, importante para estar en contacto con el campamento central, permite obtener información para la toma de decisiones en el terreno.

- **Incentivos**, un grupo de trabajo rinde mejor si se ofrecen incentivos, no necesariamente económicos.

- ***Condiciones climáticas***

La época lluviosa por un lado y la seca por otro, determinan la duración y costo del inventario, las lluvias provocan continuas interrupciones en las actividades, ocasionando atrasos y en los meses secos, la falta de agua demanda un mayor esfuerzo y personal para la ejecución del inventario.

Todos los factores en alguna manera influyen, unos más que otros, en el inventario y en el resultado final, en la medida en que se prevean todas estas situaciones, se obtendrán mejores resultados, no sólo en lo que se refiere a bajar el costo, sino a obtener información cada vez de mejor calidad, ya que de ésta dependerá la planificación de las futuras actividades en el bosque, dentro de un marco referencial que es el Plan de Manejo Forestal. Las experiencias nos enseñan y nos ofrecen información importante para obtener mejores resultados. La consigna es mejorar hoy el producto de ayer y mejorar mañana el producto de hoy.

Un aspecto importante ya señalado, se refiere al costo del inventario, que está directamente relacionado con la duración del inventario, al mismo tiempo la duración está condicionada por los diferentes factores y características señalados en cada caso, párrafos arriba.

En el cuadro 5 se presentan los costos del inventario para cada caso, en el mismo se destaca que el costo total está en función de la superficie y a la accesibilidad, sin embargo, el costo total aplicado por superficie total ($us/ha), está en función de la superficie; mientras mayores son las superficies menor es el costo por hectárea.

Se destaca del cuadro anterior que los mayores costos ya sean por unidad de superficie o por parcela son ocasionados por un mayor número de días en el bosque, esta situación es atribuible a los factores explicados en el cuadro 4, que bien demuestran que la previsión de éstos, puede mejorar el rendimiento.

Procesamiento de datos del inventario y disponibilidad de información

Una vez realizado el inventario, la etapa que también requiere de mucho cuidado, es la del procesamiento de los datos, lo más importante es proceder a la depuración de los datos, principalmente a lo que concierne a especies, ya que es común emplear muchos nombres para nominar a una especie o muchas especies tienen el mismo nombre, problema que se debe al poco conocimiento por parte de materos no locales.

Esta etapa comprende además la digitalización, el análisis propiamente y la conclusión del informe final. La información que resulta de todas estas etapas, permite conocer el potencial del bosque, en cuanto a disponibilidad de especies, volumen potencial y aprovechable; basada en esta información la empresa forestal definirá sus potencialidades, planificando sus actividades enmarcadas en el Plan de Manejo Forestal.

Las variables que comúnmente se analizan son:

- número de individuos
- área basal
- volumen
- volumen potencial (árboles con DAP < al diámetro mínimo de corta)
- volumen actual (árboles con DAP≥ al diámetro mínimo de corta)

Las especies se agrupan en categorías según su valor comercial para la empresa: muy valiosas, valiosas, poco valiosas, sin valor comercial

Por otro lado, con la información proveniente de las cuadrillas de inventario, se corrige el mapa forestal o tipológico definiendo estratos y usos del bosque, obteniendo así un mapa forestal más real.

Cuadro 4: Principales factores que afectan en el rendimiento y la duración del inventario forestal de reconocimiento

	Caso 1 (NE)	Caso 2 (LR)	Caso 3 (TR)	Caso 4 (CL)	Caso 5 (LCH)
Superficie (ha)	9,590.2	102,260.8	100,500	122,580	78,025
Accesi-bilidad	Acceso solo al 40 % del área, retraso de actividades, traslado de campamentos lento, hay que abrir picadas para llegar a otras líneas	Buena red de caminos en toda el área, permitió el acceso a todas las líneas de inventario	Regular, permitió llegara todas las líneas de inventario, la existencia de otros caminos no registrados en el mapa, hubiese disminuido la longitud de picadas así como el recorrido de las brigadas	Acceso con dificultad al 50 % del área programada, una ruta permite el acceso a una parte de las líneas de inventario, ingresando al resto por picadas ocupando parte del tiempo en el traslado de campamentos a pie.	Buen acceso a toda el área, caminos registrados en el mapa, permitió llegar a casi todas las líneas (a 2 no existe acceso)
Tipificación	Las parcelas distribuidas por estrato coinciden en un 77 % con el mapa. No representa dificultad en terreno	Las parcelas distribuidas por estrato coinciden en un 80 % con el mapa debido a recientes incendios. En general buen apoyo a las cuadrillas	Las parcelas distribuidas por estrato coinciden en 50 % con el mapa, el resto comparte dos tipos de estratos y aquellas parcelas ubicadas en bosque alto en el mapa, en el terreno corresponden a bosque medio.	Los estratos en el bosque coinciden en 50 % con el mapa, la estratificación se realizó en base a la topo-grafía, y el desplazami-ento de algunas caracte-rísticas provocó desa-ciertos en el terreno	Los estratos en el bosque coinciden en 32 % con el mapa, incendios anuales, provocaron cambios en el bosque, mapa de apoyo bueno
Sotobosque	No perjudica bueno el rendimiento, poca vegetación	Perjudica más en el bosque medio denso	En el bosque medio y bajo, la vegetación es más densa y reduce el avance de las picadas	No perjudica bueno el rendimiento, en algunos sectores no fue necesario cortar.	En el bosque medio y bajo, la vegetación densa no permite un buen rendimiento
Topografía	Las fuertes pendientes provoca mayor agotamiento en la apertura de picadas y reduce el rendimiento, aunque en este caso esta fue favorecido por un sotobosque ralo.	Poco ondulada con depresiones cerca al río, provoca inundaciones estacionales que dificultaron el avance en el inventario.	Ondulado, no representa problema alguno	Ondulada a muy ondulada, no fue de mucho problema	Ondulada, con presencia de ríos, dificulta el traslado de campamentos cuando está caudaloso
Apoyo logistico a campa-mento	Buen equipo de campamento, por problemas de malos caminos el abastecimiento oportuno de víveres paralizaron 3 días las actividades	Buen equipo y disponibilidad de transporte del 100 %, para traslado de campamentos y cuadrillas	Bueno, transporte permanente, oportuna provisión de víveres provocó un bajo rendimiento en los últimos días,	Buen equipo de campamento, transporte regular, abastecimiento oportuno de agua fue determinante, se pararon 3 días.	Equipo de campamento adecuado, transporte de cuadrillas y oportuno provisión de víveres regular
Límites	Sobre posición de tierras e invasión y desmonte ocasionó perjuicios. El área inicial se redujo ocasionando modificaciones en el plan de actividades.	No hay dificultades	No hay problemas de invasión	No existen	No existen dificultades
Obreros (machete-ros y materos)	Buen desempeño y conocimiento de las especies, permitió un buen rendimiento.	Poco conocimiento de la regeneración natural y de especies poco comunes.	Poco conocimiento de las especies por parte de los materos e interrupción en las actividades por retiro del personal.	Buen desempeño de macheteros, problemas en la identificación de algunas especies de árboles y en regeneración	Buen rendimiento de macheteros, dificultad en la identificación de especies
Factores climáticos	En general buen tiempo, sin lluvias que dificulten los trabajos	Época no propicia para inventarios, constantes lluvias no permitieron continuidad al inventario.	En general buen tiempo, pocas lluvias que no influyeron en el desarrollo de las actividades	Tiempo regular, muy seco y luego muy lluvioso, pero no significó atrasos importantes	Aumentó el caudal del río ocasionando el aislamiento de las brigadas del campamento central

Cuadro 5: Costos de ejecución del inventario

	Caso 1 (NE)	Caso 2 (LR)	Caso 3 (TR)	Caso 4 (CL)	Caso 5 (LCH)
Superficie (ha)	9,590.20	102,260.80	100,500	122,580	78,025
Nº de parcelas propuestas	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Nº de parcelas realizadas	80.00	93.00	96.00	74.00	93.00
Tamaño de la muestra (ha)	0.50	1.50	1.20	1.80	1.00
ITEM					
Servicios personales					
Ing. Forestal Total $us	12 días 523.63		11 días 483.8	6 días 287.95	
Téc. Forestal Total $us	3 23 días 1,765.75	3 41 días 2,903.55	5 41 días 3,991.74	4 38 días 3,040	4 29 dias 3,320.00
Transporte Km $us	2,400 km 1920.00	5,554 km. 4443.20	4,040 km. 4069.00	4,080 km. 3920.25	2,900 km. 2736.00
Materiales y equipos ($us)	429.93	781.09	977.72	562.44	618.51
Salario Ing. o Téc. ($us)	600.00	1,900.00	1550.00	924.71	1346.00
Salario Obreros ($us)	1623.00	3,220.00	3470.00	3000.00	1959.53
Alimentación $us	806.47	1,700.00	2380.00	1634.54	1558.35
Total $us	7668.78	14,947.84	16922.26	13369.89	10,538.39
Costo total $/ha	0.80	0.15	0.17	0.11	0.14
Costo total $us/ ha inventariada	191.72	107.15	146.89	100.37	113.31

Conclusiones

Los costos están determinados por: la accesibilidad, calidad del mapa tipológico y diseño, todos estos factores determinan la duración del inventario. En la apertura de picadas los factores que determinan el rendimiento son el sotobosque, la topografía, las condiciones climáticas, alimentación, condiciones adecuadas de campamento, el oportuno transporte, la época de ejecución y los incentivos entre otras. En la evaluación de parcelas, además de los factores indicados, el tamaño de las parcelas, el sotobosque, la topografía, estructura y composición del bosque y la experiencia de los materos son determinantes en la evaluación de la parcelas

Bibliografía

Collao J, Miranda F y Contreras F. 1996. Inventario Forestal en la empresa "Nueva Esperanza". Informe de trabajo.

Contreras F, Licona J. 1996. Informe del Inventario Forestal en la empresa Taruma. Informe de trabajo.

Dauber G. 1996. Guía Práctica y Teórica Para el Diseño de un Inventario Forestal de Reconocimiento. Santa Cruz, Bolivia.

Cordero, W y Contreras F. 1996. ¿Cuánto cuesta hacer un Inventario Forestal de Reconocimiento?. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. BOLFOR. Boletín ed No 8.

Ledezma F, Mendieta A. Melgarejo O y Miranda F. 1997. Informe de Inventario de Reconocimiento en la concesión "Cimal". Informe de trabajo.

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. 1997. Normas Técnicas para la Elaboración de Instrumentos de Manejo Forestal (Inventarios, Planes de Manejo, Planes Operativos, Mapas) en Propiedades Privadas o Concesiones con superficies mayores a 200 hectáreas. Resolución Ministerial No 62/97. La Paz.

Vásquez R. W, Collao J, Miranda F. 1997. Evaluación de Unidades de Muestreo en el Inventario de Reconocimiento de la concesión "Lago Rey". Informe de trabajo

Vásquez R. W, Collao J, Licona J. 1997. Inventario Forestal de Reconocimiento en la empresa La Chonta. Informe de trabajo

El Mercado de Especies Menos Conocidas como una Herramienta Básica del Manejo Forestal

Abraham Guillén[1]
Robert Simeone[2]

Resumen

A continuación se presenta un breve resumen de las principales prácticas relativas al mercadeo de productos, que están siendo implementadas por el Componente de Desarrollo de Productos y Mercados del Proyecto BOLFOR. Mucho de lo aquí expresado es en base a resultados, estudios, observaciones y sugerencias de personas entendidas, por lo que no sigue necesariamente un enfoque clásico aunque sí pragmático.

La secuencia definida en el Gráfico # 1, es lo que en la práctica estamos llevando a cabo. Se tratará de brindar una breve explicación de las actividades más relevantes en cada uno de ellos.

Primero lo primero: formación boscosa y su manejo

Formación boscosa

Uno de los elementos más relevantes para el mercadeo, pero a su vez menos comprendidos, es identificar y conocer a profundidad la formación boscosa y qué tipo de productos/especies ésta es capaz de ofrecer sosteniblemente. Esto es importante ya que debemos ser capaces de desarrollar una estrategia de mercadeo que tenga la capacidad de responder a las necesidades intrínsecas del manejo y del mercadeo para diferentes tipos de bosques. Por ejemplo, en el Departamento de Santa Cruz, BOLFOR ha tomado inventarios de tres formaciones:

- Formación Chiquitana
- Formación Bajo Paraguá
- Formación Guarayos

En el cuadro 1 resultante de los datos de inventario forestal, se listan las especies por orden de mayor a menor abundancia, que según las prescripciones del manejo forestal pueden ser utilizadas sosteniblemente. Se excluyen de esta lista de especies aprovechables, aquellas que estén en peligro de extinción, aquellas vitales para el manejo de la fauna y que su aprovechamiento tenga efectos negativos irreparables, y otras consideraciones que sean relevantes para mantener las funciones ecológicas del bosque.

Corta anual permisible

Las prescripciones del manejo forestal nos permiten definir la oferta sostenible aprovechable por formación boscosa. Como se nota en el cuadro mencionado, el aprovechamiento sostenible en cada formación podría alcanzarse sobre todo si se aprovechan las especies menos conocidas y más abundantes ofrecidas por el bosque. Basado en la abundancia (m^3 /ha) y el área de Corta Anual Permisible (CAP), se calcula el CAP por especie, lo cual será nuestra oferta potencial. A su vez, se incluye información sobre peso específico y del diámetro mínimo de corta. Se podría agregar al cuadro, datos por especie

[1]Coordinador del Componente de Productos y Mercados, Proyecto BOLFOR/USAID, Bolivia
[2]Consultor en Mercadeo y Manejo Forestal, Sylvania Forestry, USA

sobre color, características físico-mecánicas, trabajabilidad, uso y otros, o hacerlo separadamente.

El CAP es crucial para identificar la oferta comercializable y, específicamente, cuáles son las especies a las cuales hay que concentrar el esfuerzo de mercadeo. Por ejemplo, en la formación Chiquitana, el árbol de Curupaú representa alrededor del 40% de la oferta potencial. Por ello, esfuerzos se orientaron hasta encontrar mercados. A su vez, se promovieron otras especies también abundantes como el cuchi, momoqui, etc.

Gráfico No. 1

Cuadro 1: Caracterización General de la Formación Chiquitana

No.	Nombre común	Nombre científico	Abundancia (m3/ha)	Peso específico (gr/cm3)	Diámetro mínimo de corta (cm)
1.	Curupaú blanco	Anadenanthera sp.	3.46	1.00	40
2.	Cuchi	Astronium urundeuva	2.31	1.10	40
3.	Momoqui	Caesalpinea sp.	2.04	1.00	40
4.	Curupaú colorado	Anadenanthera sp.	1.79	1.00	40
5.	Tasaá	Poepiggia procera	1.50	0.75	40
6.	Soto	Schinopsis sp.	1.09	1.20	40
7.	Cuba blanca	Phyllostylon rhamnoides	1.08	0.90	40
8.	Sirari	Ormosia sp.	1.03	0.98	40
9.	Tajibo morado	Tabebuia sp.	0.96	0.99	40
10.	Morado	Machaerium scleroxylon	0.71	0.87	40
11.	Tarara amarilla	Centrolobium microchaete	0.60	0.75	40
12.	Jichituriqui	Aspidosperma sp.	0.57	0.75	40
13.	Yesquero	Carianiani strellensis	0.37	0.57	40
14.	Verdolago	Terminalia oblonga	0.35	0.65	40
15.	Roble	Amburana cearensis	0.31	0.65	45
16.	Cedro	Cedrela fissilis	0.19	0.65	60

Relación canales de comercialización y formación boscosa

Cada formación boscosa produce una gama de productos generalmente diferentes entre formaciones. Ello implica el tener que identificar clientes también diferentes si deseamos tener éxito. A su vez, dada la baja oferta exportable de Bolivia y el relativo pequeño tamaño de las empresas forestales exportadoras, por lo general se tiene que trabajar a través de intermediarios o agentes representantes ya que no se cuenta con la capacidad de acceder en forma directa al consumidor final.

Análisis del impacto ecológico económico social

Si un productor desea penetrar el mercado para productos certificados, es imprescindible que los productos estén certificados. El análisis aquí referido es requerido para que las empresas puedan lograr la certificación forestal voluntaria bajo los diez principios establecidos por el Consejo Mundial de Bosques (Forest Stewarship Council - FSC). Ello implica que el plan de manejo forestal propuesto sea económicamente viable, ambientalmente apropiado y socialmente benéfico. A su vez, y como iniciativa boliviana, se ha conformado el Consejo Boliviano para la Certificación Forestal Voluntaria (CFV), que ha desarrollado los "Estándares para la Certificación Forestal Voluntaria en Bolivia", en proceso de ser aprobados por el FSC.

Económicamente viable se refiere a cuando el modelo de manejo forestal implementado es rentable en sí mismo y no a expensas de la sostenibilidad forestal y ecológica a largo plazo ni del abuso social. Ambientalmente apropiado se entiende cuando se garantiza la conservación a largo plazo de la productividad del bosque, de la diversidad biológica y de los procesos ecológicos. Socialmente benéfico se refiere a si se cumple a cabalidad con la legislación protectora de los trabajadores, paga correcta y oportunamente los impuestos, derechos, regalías y beneficios pactados, respeta los derechos y prerrogativas de los pueblos indígenas y contribuye al desarrollo de las comunidades locales.

ESTRATEGIA FACTIBLE PARA PROMOVER PRODUCTOS CERTIFICADOS

		VENTAJA COMPETITIVA	
		COSTO INFERIOR	DIFERENCIACION
AMBITO COMPETITIVO	OBJETIVO AMPLIO	Liderazgo en Costos	Certificación para todos los compradores
	OBJETIVO REDUCIDO	Centrado en Costos	Certificación para nichos de mercados verdes

La identificación del mercado: estrategia de mercadeo

Estrategias genéricas:

Existen algunas estrategias genéricas de mercadeo para los productos en general[1]:

Liderazgo en costos (bajos costos resultantes de economía de escalas). Diferenciación del Producto (crear un producto considerado como único en el mercado);

Enfoque o Alta Segmentación (se enfoca en un grupo de compradores, en un segmento, o en un mercado geográfico).

En Bolivia, con muy pocas excepciones, la estrategia de liderazgo en costos no se ve factible al corto o mediano plazo para el sector forestal, dado que la mayoría de sus empresas manejan poco volumen de producción en relación a la demanda mundial y la competencia de sus vecinos (Brasil y Chile). Por otra parte, Bolivia todavía adolece de una infraestructura carretera que le permita reducir son altos costos de transporte y ser más competitivo.

Por otra parte, la Estrategia de Enfoque se basa en servir a un estrecho objetivo estratégico con más efectividad o eficacia que los que compiten en forma más general, ya que sirve a un mercado más limitado. Esta estrategia parece ser prometedora para Bolivia, ya que le permitiría enfocarse en mercados más rentables acorde a las ventajas comparativas del país (ejemplo: recursos naturales abundantes). Sin embargo, se centra en servir a sólo una parte del mercado.

La estrategia de diferenciación parece ser la más prometedora para los productos bolivianos orientados a agregar valor a sus productos, ya que les podría permitir un aislamiento contra la competencia originada por la lealtad de sus clientes y a una menor sensibilidad al precio. La estrategia de diferenciación no significa ignorar los costos, sino que éstos no son la estrategia principal. La diferenciación del producto se puede lograr creando una innovación al mercadeo, vía imagen de marca, tecnología, cadena de distribuidores, etc.

Estrategia seguida por BOLFOR

BOLFOR utiliza los conceptos de la Estrategia de Diferenciación, en vista de que los productos certificados se consideran una innovación tanto en la producción como en los canales de comercialización. Los productos forestales certificados se consideran productos diferenciados de los tradicionales, ya que se caracterizan por provenir exclusivamente de bosque bien manejados. Por otra parte, se han creado nuevos canales de comercialización denominados Grupos de Compradores para productos certificados, lo cual se considera una innovación, caracterizado por una fuerte cooperación de los canales de distribución. Varias empresas compradoras incluso cubren los costos de certificación de los productores, y a su vez se crean fuertes lazos empresariales donde se comprometen a comprarles sus productos y les brindan asistencia técnica para que logren alcanzar los estándares de calidad requeridos.

En la práctica, usamos una combinación entre la Estrategia de Diferenciación y la Estrategia de Enfoque, para tomar ventajas de las oportunidades que el mercado presenta. Al largo plazo, nuestro enfoque se centra en la Estrategia de Diferenciación, ya que se pretende abarcar el mayor mercado posible.

¿El forestal es un sector industrial fragmentado?

En el mercado internacional de maderas a nivel mundial, la oferta de los productores al mercado es

[1] Michael Porter, Estrategia competitiva

altamente fragmentada, ya que ninguna empresa tiene suficiente influencia sobre el sector. Esta situación se presenta por lo general en el sector forestal, tanto a nivel de nación, como a nivel mundial, donde se presentan muchos productores compitiendo y por lo general de tamaño pequeño y mediano. En el caso de Bolivia, ninguna empresa es suficientemente grande como para influenciar el sector forestal.

En los entornos de sectores fragmentados como en el caso forestal, y para que Bolivia pueda ser competitiva a nivel internacional, se sugiere competir en base a una o combinación de alternativas estratégicas que incluyen:

- diferenciación del producto (Productos certificados).
- incremento al valor agregado de los productos (muebles, pisos, etc. en vez de madera simplemente aserrada).
- especialización en un grupo de productos (pisos laminados).
- especialización por tipo de cliente (Clientes para productos certificados).

Mercado de productos forestales certificados: ¿un mercado naciente?

Otro aspecto relevante es que desde nuestro punto de vista, el mercado de productos forestales certificados se considera un mercado emergente o naciente. Clásicamente estos se caracterizan por surgir como producto de innovaciones, por cambios en costos relativos, por nuevas necesidades del consumidor (productos certificados) y otros. También se evidencia incertidumbre tecnológica y estratégica de parte de las empresas; preguntas muy frecuentes son cuál es la mejor estrategia para abordar el mercado. Algunas de las barreras que se encuentran son dificultades de acceso a canales de distribución tradicionales, acceso a materias primas al costo y calidad adecuada (la oferta de materias primas certificadas en la actualidad no suplen la demanda y se perciben como más costosas). Se presenta además confusión de los clientes por falta de estandarización reconocida por el mercado. Este es el caso del uso de la palabra "certificada" en etiquetas de productos forestales que no provienen de bosques bien manejados, lo cual confunde al cliente y puede resultar en un desprestigio del concepto.

Para subsanar el problema antes referido, el Consejo Mundial Forestal (FSC), utiliza un solo logo a nivel mundial, para indicar que los productos forestales son certificados, por certificadoras independientes, de que provienen de bosques bien manejados.

Grupos de compradores

Se considera que la evidencia más contundente que indica la existencia de un mercado naciente, es la señal del mercado de la conformación de Grupos de Compradores para productos forestales certificados que provienen de bosques bien manejados. Una de las características más importantes de los Grupos de Compradores emergentes, es que dan la oportunidad de capturar mercados con alto poder adquisitivo permitiendo introducir maderas tropicales menos conocidas.

En mercados de mejor poder adquisitivo como los Europeos y los EE.UU., que cuentan con campañas en contra de uso de maderas tropicales, esto puede ser una de las pocas vías para abrir dichos mercados en el próximo siglo.

A la fecha, los siguientes son los grupos existentes o en formación:

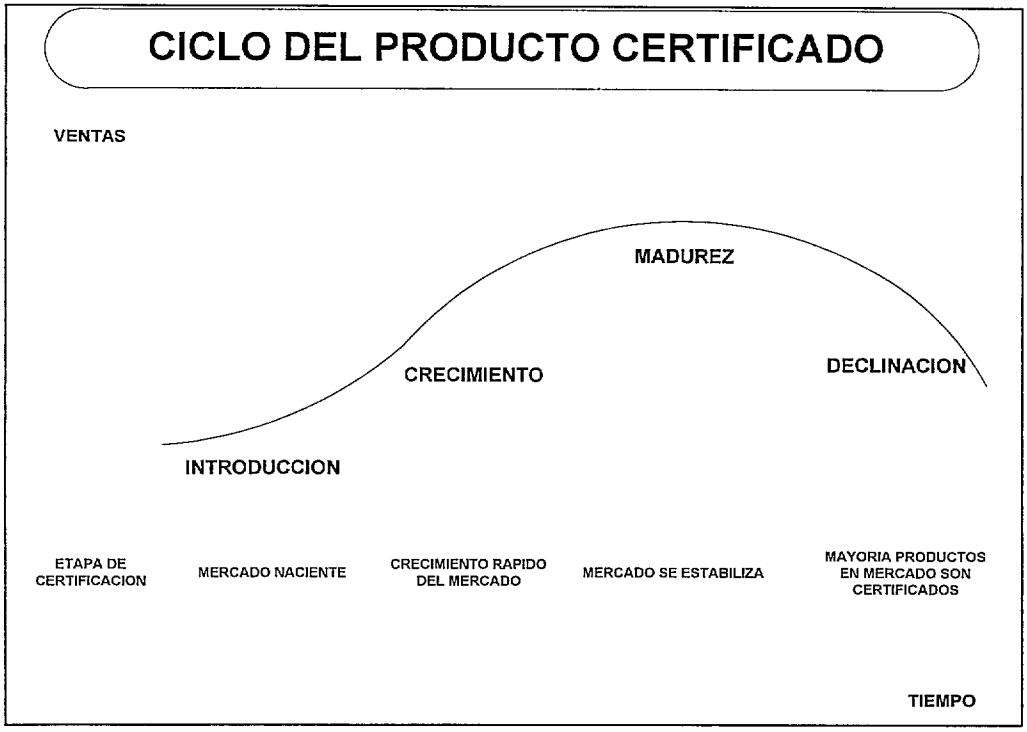
WWF 1995 + Group	Reino Unido
The Club 1997 (WWF)	Bélgica
Heart For Wood (Hart voor Hout)	Holanda
WWF - Gruppe '98	Alemania
North American Buyers Group	USA
Group '98 (WWF)	Austria
Irish Woodworkers For Africa	Irlanda
Buyers Group Denmark	Dinamarca
Buyers Group France	Francia
Buyers Group Australia	Australia
Buyers Group Japan	Japón

En la actualidad BOLFOR está llegando a compradores pertenecientes a Grupos de Compradores citados y a compradores independientes interesados en productos certificados, complementado con compradores tradicionales.

Ciclo de vida de los productos certificados

Otro elemento que puede ayudar a analizar la situación de los productos forestales certificados, es la teoría del Ciclo de Vida del Producto. Bajo esta teoría, consideramos que los productos certificados están situados en la etapa de Introducción. A este nivel los productos todavía se encuentran en la etapa de vencer la inercia de los compradores y falta convencerlos de que prueben el nuevo producto. También se caracteriza porque los productores todavía son erráticos en el suministro del producto, por no contar con suficientes señales del mercado como para que se dediquen a producir mayores volúmenes del producto.

En la actualidad, todavía no se ha cuantificado la demanda del mercado de los productos forestales certificados, por lo que no existe información confiable sobre su tamaño y otros indicadores que definan con mayor claridad sus características. Sin embargo, las señales sobre los compradores emergentes individuales y los Grupos de Compradores, la demanda insatisfecha evidenciada por requerimientos de compradores de los EE.UU. y Europa, nos indican la existencia de un mercado en crecimiento. Nuestra mayor preocupación en la actualidad, es que al no satisfacerse la demanda por falta de oferta de productos certificados, el mercado termine marginándolos por no ser suficiente, ni confiable, ni competitivo su suministro, lo cual limitaría significantemente el crecimiento de dicho mercado.



¿Conviene el uso de intermediarios o agentes representantes?

¡Definitivamente que si! Los intermediarios y agentes en la mayoría de países son parte integrante de la cadena de comercialización ya que están en constante contacto con el mercado, pueden identificar nuevos nichos de mercados, nuevos productos, nuevos usos para nuevas especies, apoyar financieramente y en negociaciones, etc. Lo importante es que los agentes e intermediarios se conviertan en un verdadero apoyo en la cadena del valor del productor, y no sólo un comisionista o simple intermediario. Lo ideal es que lo que devenguen por sus servicios sea razonable y acorde a los beneficios que le brinda al productor. Con ello, tanto el agente como el productor, se asegurarán que ambos respeten los términos de su acuerdo para que perdure por muchos años. Es importante la lealtad y acuerdos justos entre ambas partes.

En vista de que la mayoría de industrias de Bolivia no está estructurada para poder hacer llegar sus productos hasta el consumidor final en el mercado internacional, la producción de Bolivia se canaliza al mercado a través de intermediarios compradores mayoristas y/o agentes comisionistas. Para facilitar el mercadeo, cuando un empresario trabaja con éstos canales de comercialización, es preferible que dichos agentes o intermediarios se especialicen en dos aspectos:

- que se especialicen en comercializar productos por formación boscosa; y
- que se especialicen en comercializar productos certificados a mercados "verdes", aunque complementándolo con los mercados tradicionales.

Ello se basa en que cada formación implica una amplia variedad de especies y productos, lo cual podría ser muy costoso para un agente dedicarse a promover una serie de productos totalmente diferentes. Por ejemplo, en la formación boscosa chiquitana, la mayoría de maderas son de alta densidad y obscuras. Ello implica que la gama de productos a obtener está orientada a maderas estructurales, para pisos y productos decorativos, y similares. Ello sugiere especializarse en cuanto a los productos y mercados a penetrar. Bajo la Estrategia de Diferenciación de Productos, se identifican agentes que se especialicen en promover productos certificados y aún mas, dividirlos por formación boscosa dado la amplia variedad de especies y productos resultantes por formación.

La selección de especies

La selección de especies es el resultado de conjugar las variables más críticas del sistema de mercadeo. Es el punto pivotal del sistema y es afectado por las demás variables. Ello implica el proceso continuo de análisis de lo siguiente:

- Abundancia de la especie acorde a resultados de implementar el manejo (ejemplo: estimación de volúmenes comerciales en pie).
- Eficiencia industrial en la utilización de la especie (ejemplo: influencia del factor de forma en el aserrío, desperdicios en madereo y aserrío).
- Nuevas restricciones en el aprovechamiento de la especie (ejemplo: listado en CITES).
- Nuevos productos posibles a elaborar de la especie (ejemplo: pisos, instrumentos musicales, columnas decorativas, artesanías).
- Ampliación de existentes o nuevos segmentos de mercado para el producto (ejemplo: productos certificados ingresando a mercados restringidos de productos no certificados).
- Variación en costos de madereo, transformación primaria y secundaria (ejemplo: mejores tecnologías, mejores controles).
- Variación en precios de venta (reducción de precios por productos o especies substitutas).
- Variación en costos de logística y transporte nacional e internacional (ejemplo: reducción costo de transporte nacional).
- Consideraciones sociales a su utilización (ejemplo: creencias culturales).
- Consideraciones ambientales (ejemplo: importancia de especie para alimentación de fauna).
- Otras consideraciones (ejemplo: nueva legislación).

Caracterización de la especie

Esta actividad es particularmente importante en especial para las especies menos conocidas. La introducción de nuevas especies en el mercado, es por lo general como especies substitutas de aquellas ya conocidas en productos ya desarrollados. La clave en este caso es encontrar los usos apropiados para la especie, basado en lo cual, se desarrolla su programa de promoción. Dentro de la información requerida por el mercado se encuentra:

- Características físicas (densidad básica, contracción tangencial, contracción radial, contracción volumétrica, sílice, etc).
- Características mecánicas (módulo de elasticidad, módulo de ruptura en flexión, compresión paralela, compresión perpendicular, corte paralelo a las fibras, dureza en los lados, resistencia al choque).
- Características de trabajabilidad (cepillado, moldurado, lijado, taladrado, torneado, abrasividad, comportamiento al clavado, encolado, facilidad de laqueado y pintado).
- Otras características (color, facilidad de aserrío, comportamiento en el secado, facilidad de impregnación, usos conocidos y potenciales).

Cuadro 2: Características de rendimientos de especies claves

Especie	Rendimiento Total	Volumen Larga (>= 7')	Volumen Corta (< 7')
Caoba (40)	37.28%		
Almendrillo (30)	51.35%	86.52%	13.48%
Yesquero (31)	51.80%	90.19%	9.81%
Ochoó (46)	30.10%		
Bibosi (50)	37.04%		
Paquió (31)	32.04%	30.62%	69.38%
Jichituriqui (31)	37.57%	22.35%	77.65%
Roble (31)	27.49%	14.92%	85.98%

Para los usos estructurales, por lo general, las características físico mecánicas son más críticas. Para partes de y muebles, y uso general las de trabajabilidad y otras características es necesario contar con ello. Por lo general, la facilidad en el procesamiento primario (aserrío, laminado), trabajabilidad de la madera, su color y comportamiento en uso, densidad son indicadores claves para ayudar a definir los usos potenciales.

Para promover especies se recomienda elaborar una ficha técnica individual por especie que resuma las principales características físicas, mecánicas, de trabajabilidad y otras relevantes acordes a la audiencia. Los estudios sobre las especies, así como las fichas técnicas deben ser dirigidos a aquellas especies más abundantes y que cuenten con un volumen comercial que justifique la inversión y su promoción. Hay que recordar que los compradores de madera invierten en promocionar las especies que se ofrecen, y ofrecer lo que no es abundante es un error en el mercadeo.

Identificación del producto potencial

En esta etapa se deben conjugar las variables de volúmenes disponibles por especie según el plan de manejo, las características de la especie según información disponible, para llegar a identificar los usos potenciales por especie o grupo de especies. En el cuadro # 2 se brinda un ejemplo de los usos potenciales para en base a ello, concentrar esfuerzos en la búsqueda de mercado según el potencial identificado.

Muchas empresas han probado varias especies y deter minado usos potenciales. Este caudal de conocimiento puede ser mejorado si se consultan organizaciones especializadas como los laboratorios de la madera, o simplemente consultar a carpinteros de la localidad sobre su conocimiento de las especies, o simplemente que hagan pruebas e indiquen resultados.

Una de las prácticas comunes es solicitar a los clientes identificados que prueben las maderas con sus propios equipos y bajo sus condiciones, ya que aumenta la confianza del comprador cuando le agregan valor al producto. El involucramiento de la industria de procesamiento secundaria resulta vital en el proceso de introducir nuevas especies, en vista de que muchas de estas empresas venden sus productos a tiendas al detalle y reciben retroalimentación del cliente.

Rendimiento transformación primaria (aserrío)

Otro aspecto que tiene amplia influencia en qué productos se podrán obtener y la mezcla de productos a ofrecer es la variable del largo de la madera. Como se podrá apreciar en el Cuadro 2, en algunas especies el volumen de madera larga (>= 7') supera el 85%, algo típico en maderas de más rápido crecimiento como el pino, ochoó. Sin embargo, en especies de menor crecimiento como el paquió, la proporción resultante de maderas cortas es bastante alta. Las implicaciones de ello son que al promocionar las especies, los productos a obtener deberán ser acordes a dichas limitantes. Por ejemplo, la madera de curupaú, muy densa y de lento crecimiento, es más apropiada para la producción de pisos o molduras cortas. Mientras que para maderas largas, como el Yesquero, se pueden usar para elementos estructurales.

Preocupaciones del importador de productos certificados

Algunas de las preocupaciones más relevantes expresadas por compradores de productos certificados incluyen por orden de importancia:

- calidad
- sostenibilidad a largo plazo de la oferta del producto
- precio
- suministro del producto y cumplimiento del contrato
- costo del inventario

Nichos apropiados para productos certificados

Según investigaciones de mercado de BOLFOR, algunos de los productos que los consumidores han expresado mayor interés de que sean certificados y que se analiza son "bienes que expresan la personalidad del comprador", incluyen:

- muebles y partes
- pisos
- artículos decorativos, artesanías y para regalos
- vigas decorativas
- puertas principales
- obras públicas de alta imagen
- productos naturales comestibles, colorantes

Factibilidad técnica

En esta etapa del sistema, se han identificado el o los potenciales productos y especies a utilizar. Resta determinar si las ideas de producto son factibles de implementar desde el punto de vista técnico. La factibilidad técnica implica definir los sistemas de producción que se requerirán para la elaboración del producto(s) definido(s)A continuación se brinda un listado de variables críticas a tomar en cuenta como parte del análisis de la factibilidad técnica[2].

- Especificaciones técnicas y de calidad del producto requeridas por el mercado.
- Disponibilidad de un **volumen mínimo** comercial (por especies o grupo de), que sea justificable económicamente para el comprador.
- Número de **nuevas especies** a utilizar. Implica por lo general mayor inversión en investigación y desarrollo, y mayores y desconocidas variables a manejar en el proceso de producción.
- Mezcla de productos a producir. Podrá incluir productos lineales como molduras, maderas estructurales, especiales, etc. En función de las características de las especies a usar (color, densidad, trabajabilidad, etc.), productos potenciales, mercado disponible y/o potencial.

[2] Howard, A; Guillén, A; Marketing lesser known species from tropical rain forests: a good investment or a bad idea?, in draft, BOLFOR, 1997.

- Requerimientos del proceso de producción. Influenciado por variables como dureza de la madera, equipo disponible y/o necesario, capacidad instalada y efectiva, secado, preservación, mano de obra calificada, insumos.

- Rendimientos industriales. Dépende de las características físico, mecánicas, de trabajabilidad, secado y otras de las especies a procesar y de los requerimientos del producto (ejemplo, la productividad por hora es inversamente proporcional a la densidad de la madera).

- Calidad resultante en el procesamiento primario y secundario
  - proporción de residuos comercializables y no.
  - disponibilidad de mano de obra calificada.

Desarrollo del prototipo del producto

En el proceso de mercadeo del producto identificado, se define cuál o cuáles productos tienen potencial para la producción, en base a lo cual se desarrollan los prototipos. En esta etapa, se establecen con exactitud las especificaciones del cliente en cuanto a calidad y características físicas del producto y demás.

El desarrollo del prototipo es muy importante debido a que en el proceso idealmente se debe ser capaz de identificar las principales dificultades en la producción, los ajustes por concepto de calidad, etc. No es de extrañar en esta etapa, el rechazo de varios productos identificados por el sondeo del mercado. Adicionalmente, esta etapa ayuda a identificar la maquinaria y equipo necesarios. Adicionalmente, algunas especies son incorporadas y otras descartadas del proceso, sobre todo en la elaboración de productos de madera.

Envío de muestras

Otro elemento relevante del proceso es el envío de muestras al cliente. Las muestras constituyen la carta de presentación oficial, ya que a este nivel se han descartado una serie de posibilidades desde el sondeo de mercado hasta la elaboración de prototipos. Lo que se debe enviar al cliente debe ser lo que creamos que estamos en la mejor capacidad de producir. Puede suceder que excedamos sus expectativas o no las cubramos totalmente. Debemos ser cuidadosos en la presentación del producto (envasado), así como en su etiquetado y en su embalaje para destino, siguiendo las normas y regulaciones internacionales y del país destinatario.

Equipo e insumos necesarios para la producción

Previamente identificado el o los productos a elaborar, es necesario se definan los elementos necesarios principales para la producción:

- definición del nivel de producción ideal y por escenarios.
- equipo necesario para la producción meta, definiendo la capacidad instalada y efectiva.
- instalaciones físicas necesarias para el montaje y operación.
- equipos auxiliares.
- stock mínimo de repuestos básicos.
- insumos de producción.
- necesidades de mano de obra capacitada o por capacitar.
- ubicación parcial o total del equipo y/o maquinaria. por ejemplo, el secado de madera en hornos debe ser en la industria primaria para disminuir el riesgo de pérdidas de calidad por rajaduras, mancha, bajar costos de transporte, etc.

Una vez definida la maquinaria, el equipo e instalaciones, se establece el monto de las inversiones necesarias y la secuencia de necesidades acorde a flujos de instalación y operación.

¿Maquinaria obsoleta?

El mundo tecnológico cada vez más competitivo, demanda la utilización de equipos modernos, no necesariamente de la última generación, pero sí absteniéndose de comprar o continuar usando equipo obsoleto (que no sirve para la producción a la calidad y costo esperado). Es muy usual la compra de equipo reacondicionado, práctica aceptable si cumple con las expectativas.

Rendimientos por fase de producción

La Corta Anual Permisible (CAP) definida en los planes de manejo, establece el **volumen en pie** por especie que el concesionario tiene el potencial legal de extraer. Este volumen puede disminuir en alrededor de un 30% por defectos no visuales no detectados cuando se hace la medición del árbol en pie, o por ineficiente sistema de corta. El producto resultante son las trozas.

En el caso de transformación primaria en el aserradero, el rendimiento de aserrío puede oscilar entre un 35% al 55%, que tiene una relación directa a mayor densidad y defectos inherentes, menor rendimiento tiende a obtenerse. En el cuchi (muy pesada) el rendimiento es menor que en el ochoó (medianamente liviana).

Si se efectúa una transformación secundaria a la madera aserrada, el rendimiento tiende a bajar aún más.

Por ejemplo, si el rendimiento en aserrío es 45%, y se fabrican puertas con la misma madera aserrada, el rendimiento baja alrededor de un 15%, lo cual significa que el rendimiento acumulado global puede bajar a alrededor del 30% en puertas.

Para efectos de estimar el volumen potencial para la producción, a continuación se proyecta las implicaciones de los cambios en volumen desde el bosque hasta la industria de transformación secundaria.

642,857 m3 madera en pie	Corta Anual Permisible
‡	
450,000 m3 en troncas (± 70% utilizable)	corta registrada en 1995
‡	
202,500 m3 madera aserrada (Rendimiento ± 45%)	85.86 millones de pies tablares (pt) Transformación primaria
‡	
135,000 m3 producto terminado	57.24 millones de pt equivalentes Transformación secundaria

Rendimiento final ±30%

Ejemplo de rendimientos en los procesos productivos

Árbol en pie	100%	(Corta Anual Permisible)
	Mediana	Pesada
Tronca	90%	70%
Madera Aserrada	55%	35%
Chapas	30%	20%

Madera Mediana: caoba, ochoó, bibosi, cambará,
Madera Pesada: curupaú, cuchi, morado, yesquero

Rendimiento de aserrío en función de densidad de madera

A continuación se brinda un ejemplo de rendimiento de aserrío en relación a la densidad de la madera. Hay que hacer notar que la capacidad efectiva en aserrío está directamente relacionada a la velocidad de corte de la sierra, lo cual a su vez es dependiente de la densidad de la madera. A mayor densidad menor rendimiento.

Otra variable que influye el rendimiento es el factor de forma de las trozas. En especies de las que se puede obtener trozas relativamente cilíndricas, el aserrío resulta en mejor rendimiento ya que la madera aserrada obtenida tiende a ser de mayores largos y se puede obtener un producto de mejor calidad.

Otro factor que incide en el rendimiento en aserrío es la cantidad de defectos internos que presentan las trozas una vez procesadas. Aunque se cuenten con trozas cilíndricas, cuando internamente presentan muchos nudos, grano torcido, podredumbre, etc., el volumen comercial resultante disminuirá significativamente.

Factibilidad financiera

En esta etapa, después de la selección de la especie, factibilidad técnica del producto, envío de muestras al cliente acorde a los prototipos del producto, se analiza la factibilidad financiera para determinar la viabilidad de suplir el producto al mercado. Por lo general, se recomienda que la empresa cuente con controles de costos y de presupuesto que le permitan una administración más eficaz y eficiente.

Evaluación financiera

Las metodologías de evaluación financiera son ampliamente conocidas, a continuación se indicará solamente algunos parámetros utilizados.

- período de Recuperación del Capital Invertido
- valor Actual Neto (VAN)
- tasa Interna de Retorno (TIR)
- método Costo - Beneficio
- punto de equilibrio

Estudio de factibilidad presentable a organismos crediticios

En base al análisis de factibilidad técnica y la evaluación financiera, se deben definir los montos de inversión, proporción de recursos propios a usar y necesidades de créditos. Para esto último, se elabora un estudio de factibilidad del proyecto, el cual pueda ser presentado ante los organismos crediticios de ser necesario.

La administración de empresas forestales en Bolivia

En Bolivia, por lo general, la industria forestal no se administra con un sistema de costos. Las cotizaciones a nuevos productos son estimadas en función de información histórica comparativa, ya que por lo general no se cuentan con herramientas administrativas para hacer proyecciones con un grado de confiabilidad aceptable y acorde al nivel de riesgo tomado. Es frecuente encontrar incumplimiento de contratos para suplir ciertos productos, sencillamente porque se subestimaron los costos y las dificultades

Tipo Madera	Densidad (gr/cm^3)	Rendimiento Aserrío (m^3/Turno 8 Horas)
mediana	<= 70	20.4 m^3/turno
pesada	71-90	11.5 m^3/turno
muy pesada	> 90	8.2 m^3/turno

técnicas en la producción.

Por la sobre-explotación comercial de las especies más valiosas, en Bolivia la era de la caoba está llegando a su ocaso. Cada vez es más difícil basar las utilidades de la empresa en dicha especie. La utilización de especies menos conocidas parece impostergable, pero los márgenes de utilidad que generan son más bajos, aparte de las dificultades de producción inherentes. Ello implica que las empresas deben ser cada vez más competitivas si desean sobrevivir, agregando mayor valor a sus productos, elevando su producción en otros casos, reduciendo sus desperdicios, siendo mejores comercializadores identificando nuevos usos para las mismas especies o nuevos productos, etc. Todo ello creemos se dificulta sin la utilización de sistemas administrativos modernos que estén acorde al mercado internacional donde la mayoría de la producción boliviana se destina.

En vista de que en Bolivia el gran potencial productivo de la mayoría de bosques naturales bajo aprovechamiento se encuentra en función a especies menos conocidas, es casi impostergable que las empresas adopten o desarrollen sistemas computarizados para llevar su contabilidad, que contengan los módulos de costos y para elaboración de presupuestos, además de los módulos administrativos tradicionales (contabilidad, personal, caja, inventarios, ventas, producción, etc.). Idealmente, el sistema debe ser capaz de permitir a la gerencia administrar la empresa basada en sus costos, brindar cotizaciones confiables sobre presupuestos confiables. La utilización de especies menos conocidas requiere que las empresas sean más competitivas.

Software especializado para industria de la madera

Para responder a lo anterior, BOLFOR está próximo a concluir un programa de computación administrativo financiero presupuestario especializado para el sector forestal, que mejora sistemas computarizados administrativos existentes en Bolivia y le agrega los módulos de costos y presupuestos, los integra, permite análisis financieros actualizados y desarrolla reportes para mejorar la toma de decisiones gerenciales y para la cotización de precios internacionales. A su vez y en desarrollo, se encuentra un modelo computarizado para análisis financiero de planes de manejo, que permitirá guiar al administrador forestal tanto en sus compromisos con el Estado, como en sus proyecciones operativas, administrativas y financieras para al menos cinco años.

Controles de costos históricos y presupuestados

La metodología del costeo variable de fabricación resulta interesante a aplicar, sobre todo porque el sector forestal es de uso intensivo de capital de operación. Es importante contar con herramientas administrativas que permitan determinar el costo por producto y especie o grupo de, para con ello poder contar con mejores controles de producción y tener mayor precisión en las cotizaciones de productos de exportación. A su vez permite alcanzar mayor claridad en la estructura de costo del producto, lo que permite tomar mejores decisiones comerciales en cuanto al abastecimiento de insumos intermedios, para mejorar la competitividad del producto a exportar, etc.

Existen varias metodologías para facilitar el análisis de los costos (ejemplo: costos directos e indirectos, costos fijos y variables, etc), pero lo importante es utilizar la que mejor genere información que sirva para la toma de decisiones tanto a nivel gerencial, mandos intermedios, como al resto del personal. Ello es importante si se sigue el Justo a Tiempo que requiere el involucramiento de todo el personal para mejorar el desempeño de la empresa.

Unidades de negocio

Por otra parte, en Bolivia algunas de las empresas exportadoras más avanzadas hacen su gestión administrativa por unidades de negocio. Ello implica considerar cada unidad de operación importante como una unidad. Por ejemplo al aserradero, la fábrica de puertas, el servicio de equipo pesado, etc., son unidades divisibles que contribuyen al proceso de elaboración de productos de la empresa, pero que cada uno entrega un producto o servicio. El aserradero entrega (vende) madera aserrada. La fábrica de puerta vende puertas. El equipo pesado entrega un servicio que vende por hora o a destajo al aserradero o la fábrica de puertas. Aunque todas contribuyen al producto final, internamente cada unidad genera un costo y entrega un producto o servicio por el que puede recibir un precio sea real o interno administrativo. La administración central genera costos estructurales que son repartidos en la empresa acorde a sus políticas, sean por capacidad de absorción o por otras. La administración central consolida las unidades acorde a sus políticas. Al parecer, esta metodología permite a la administración llevar controles de eficiencia por unidad. Para su implementación, se requieren por lo general sistemas computarizados para la contabilidad de costos, que registren datos sobre costos como de producción, rendimientos industriales y demás costos incurridos.

Algunas categorías de costos en el sector forestal

Las siguientes son algunas de las categorías de costos dentro del sector forestal hasta la transformación primaria:

- planificación forestal. Incluye plan de manejo, planes operativos.
- materia prima. Incluye costo de patente, compras de madera.
- infraestructura en el bosque. Caminos, puentes, mantenimiento de caminos y equipo, mano de obra (MO), insumos.

- aprovechamiento. Incluye corta y troceo, extracción, transporte a industria, mantenimiento de equipos, MO, insumos.
- procesamiento primario. Administración de industria, aserrío, laminado, recuperación, mantenimiento, MO, insumos.
- procesamiento secundario. Secado, preservación, producción de productos como molduras, pisos, puertas, ventanas, MO, insumos, etc.

- Logística del transporte a mercado nacional e internacional.
  - logística de la comercialización a mercado nacional e internacional.
- Administrativos. Oficina central.
- Financieros. Costo de intereses por inversiones y préstamos.
  - fiscales.
  - dividendos a accionistas en caso de ser persona jurídica.

A las categorías anteriores habría que profundizar en los costos de producción correspondientes al producto seleccionado, para con ello poder calcular la factibilidad específica del producto.

Desarrollo del producto y producción

Una vez que el producto ha sido aprobado por los análisis técnicos y financieros, la empresa ha tomado la decisión de aceptar los pedidos y se ha establecido un contrato con el cliente, se han obtenido los recursos financieros necesarios, y realizado las inversiones para la instalación de equipos y maquinarias, la siguiente etapa es la de iniciar la producción.

Una vez instalado el equipo necesario, se inicia la producción y los primeros envíos al cliente. Es de esperar que al comienzo la producción será baja hasta que la curva de aprendizaje del personal sea mejorada. A su vez, ajustes en el producto son normales hasta estandarizar el mismo. Generalmente en esta etapa ocurren revisiones de precios y costos.

En Bolivia se observa capacidad ociosa de más de un 50% en las industrias de transformación secundaria. Mucho de ello se debe a problemas de abastecimiento de materias primas que se requieren para cumplir los pedidos, o simplemente por falta de mercado para el producto que elaboran, indicando una falta de planificación estratégica en mercadeo que conduzca a resolver el problema. Por otra parte, en las industrias de transformación primaria, su capacidad ociosa es mucho menor en los períodos secos. Una alta proporción de empresas están integradas verticalmente, desde la transformación primaria hasta la secundaria. Los mayores cuellos de botella se encuentran en la falta de capacidad de secado de la madera, y falta de materia prima en la cantidad y calidad requerida al tiempo necesario.

Inventario justo a tiempo

Según evidencia empírica en varias empresas de Bolivia, más del 40% de los costos operativos son incurridos por mantener inventarios de madera desde el bosque hasta el momento de la venta a mercado nacional o exportación. Lo ideal sería manejar inventarios al mínimo necesario, para lo cual creemos que la filosofía operativa del Justo a Tiempo es aplicable. Esta procura eliminar los derroches que se producen en las actividades internas de la empresa (baja eficiencia industrial, atrasos por falta de coordinación entre la transformación primaria y secundaria, etc.), y derroches en actividades externas, entre la empresa y el cliente (ejemplo: errores en especificaciones del producto, etc.), con los canales de comercialización (ejemplo: envíos de mercadería a lugares equivocados, etc.).

Otro aspecto importante dentro de esta filosofía es el agregar valor al producto, evitando los desperdicios que son generadores de costos eliminables.

Para el sector forestal el Justo a Tiempo podría significar **reducciones** en:

- tiempos de preparación del producto
- mantenimiento de inventarios
- complejidad de los productos
- número de proveedores
- tiempo de cumplimiento de pedidos
- número y tamaño de las órdenes
- niveles de seguridad de inventarios
- reclamos y devoluciones

Control total de calidad

El control de calidad debe ser total en las operaciones forestales. Esto implica cero desperdicios de recursos desde el inicio hasta el fin del proceso: planificación, aprovechamientos, transformación primaria y secundaria, gestión logística de la producción, comercialización y de la distribución física nacional e internacional.

Enfocarse en la calidad del producto físico ya no es suficiente. El enfoque debe ser integral, donde el producto físico sólo es una parte, a los que hay que agregar los servicios complementarios y de postventa, acondicionamiento del producto para su transporte, transporte, condición del producto cuando es entregado, documentación comercial y legal, condiciones de pago y precio, etc.

Logística comercial y distribución física internacional[3]

La logística Comercial Internacional busca satisfacer al cliente Justo a Tiempo y con Calidad Total. Es un sistema que integra las funciones de producción, comercialización y distribución física (transporte), para la gestión estratégica del abastecimiento, movilización y almacenamiento del inventario de insumos y productos y supliendo el flujo de información requerida para el comercio internacional.

La planeación estratégica, aplicada al campo del movimiento del producto, no es otra cosa más que la logística. La logística se apoya en la Comercialización Justo a Tiempo para lograr la calidad exacta (calidad contratada), en cantidad requerida (volumen del pedido), al momento preciso (para su comercialización o integración a procesos) y al costo más bajo (competitivo).

La Distribución Física Internacional (DFI) por su parte, se refiere a las operaciones necesarias para el desplazamiento del producto desde la fábrica en el país exportador hasta el lugar del importador en el país de destino. Permite establecer si un producto llega en buenas condiciones, oportunamente y a un precio competitivo. La gerencia debe buscar por lo tanto:

- un adecuado control de calidad del movimiento;
- una administración estricta de los costos de las operaciones;
- el cumplimiento de los tiempos de entrega.

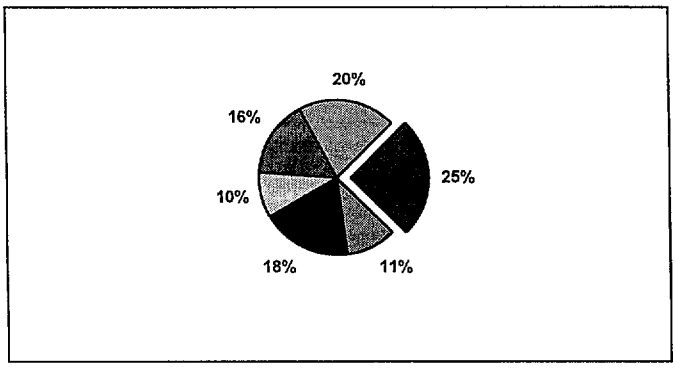
Se dice que la última barrera de la competitividad está en el campo de la logística comercial y la DFI. Para ello, es necesario que la empresa coordine los flujos de dinero, personas, información y materiales. La logística integrada dirige las actividades para el movimiento y almacenamiento estratégico de materiales y bienes, desde los proveedores, la producción hasta el consumidor final.

Las actividades de logística desde las fuentes de abastecimiento al mercado de clientes, tanto para la administración de materiales como para la distribución física incluyen:

- transportes
- planeamiento y control de inventarios
- procesamiento de pedidos
- adquisición o compras (exclusiva para administración de materiales)
- plan y control de producción (exclusiva para DFI)
- almacenajes
- manipulación de materiales
- embalaje
- información y comunicaciones

Según la Bundesverelnigung Logistik (FRG), los componentes de Costos Logísticos promedio para los países más desarrollados incluyen:

Componentes de los Costos Logísticos
(Promedios Industriales de los países de la OCDE)



Para apoyar al sector forestal y por consecuencia al exportador en general, CADEX y BOLFOR están implementando un proyecto, cuyos resultados han sembrado la semilla que está brindando los servicios siguiente a los productores:

- sistema de información de mercados, oferta exportable
- asistencia técnica e información en logística y DFI, operativas para exportación
- programa computarizado para administración de empresas forestales basado en costos y presupuestos.

Los anteriores son servicios que se integran en la gestión de mercadeo internacional para hacer más competitivo y aumentar la oferta exportable de los productores forestales.

En resumen se puede indicar que el mercadeo internacional de los productos forestales debe incorporar el manejo de la logística comercial y Distribución Física Internacional para que el sector forestal pueda ser competitivo a nivel mundial y capturar las oportunidades que se le presenten.

Retroalimentación del cliente final al manejo forestal

Esta fase no es la última de la cadena, sino simplemente es parte de la cadena del valor de los productos forestales alimentada por la respuesta del consumidor hacia el productor. Con su respuesta el consumidor indica cuáles son sus preferencias hacia el producto que compra. Por ejemplo, si con cambiar una especie de color obscuro por otra más clara se logra

[3] Quintela, R; Rocha, A; Importancia de la logística y transporte internacional en la comercialización de productos forestales en apoyo al manejo del bosque. CADEX/BOLFOR, Bolivia, 1997

introducir un producto en el mercado, será evidente que traerá repercusiones en el nivel de corta del bosque. Por otro lado, si no encontramos mercado para la especie más abundante, se dificultará manejar el bosque desde el punto de vista silvícola y también de rentabilidad. En definitiva la reacción del mercado tiene una importancia capital para el manejo sostenible del bosque.

Una de las lecciones aprendidas en mercadeo, es que el buscar hasta encontrar mercado para las especies más abundantes pero menos conocidas comercialmente, tiene un efecto positivo inmediato en la valorización del bosque y en permitir implementar las prescripciones silvícolas que sean conducentes a la sostenibilidad del aprovechamiento. La cadena del valor forestal nunca debe terminar si es que encontramos soluciones integradas y con enfoque de sistemas.

Bibliografía

Arciniegas, H; Quintela, R; Asistencia Técnica en logística Comercial y la Distribución Física Internacional al sector forestal de Santa Cruz. Proyecto BOLFOR, Cámara de Exportadores de Santa Cruz CADEX. Bolivia, 1997.

Consejo Boliviano para la Certificación Forestal Voluntaria; Estándares para la Certificación Forestal Voluntaria en Bolivia. Bolivia; 1996.

Forest Stewarship Council; Principios y Criterios

Guillén, A; Una estrategia para el Componente de Desarrollo de Productos y Mercados. Proyecto BOLFOR; Bolivia, 1995.

Howard, A; Guillén, A; Marketing lesser known species from tropical rain forests: a good investment of a bad idea? BOLFOR Project; Bolivia; 1997. (Still not published).

Membreño, T Posibilidades del mercado del mueble para Santa Cruz. Proyecto BOLFOR; Bolivia; 1996.

Narvona, H; Exportación, Los Secretos del Negocio; 1995.

Quintela, R; Rocha, A; Importancia de la logística y transporte internacional en la comercialización de productos forestales en apoyo al manejo del bosque. CADEX/BOLFOR, Bolivia, 1997

Simeone, R; Informes de consultorías en mercados internacionales. Proyecto BOLFOR; Bolivia; 1996-97.

Wilson, T; Posibilidades de mercado para productos lineales de Santa Cruz. Proyecto BOLFOR; Bolivia; 1996.

Importancia de la Logística en la Comercialización de Productos Forestales en Apoyo al Manejo del Bosque y las Recomendaciones y Labores de CADEX en el Tema de la Distribución Física Internacional

Dpto. Logística y Distribución
Física Internacional
CADEX

Texto basado en los documentos de la "Asistencia Técnica en Logística y Distribución Física Internacional al Sector Forestal" elaborados por el Eco. Hernando Arciniegas Serna y el Lic. Rafael Quintela Echazú

Cámara de Exportadores de Santa Cruz
Avenida Velarde 131
Telf: 362030
Casilla 3440
Santa Cruz, Bolivia

Resumen

La Competitividad y la Logística

Es frecuente hablar de competitividad en el mercadeo internacional. Generalmente este concepto se vincula únicamente a la calidad del producto y a la aceptación del exportador de todas las exigencias del cliente en cuanto al precio, las cantidades solicitadas y la fecha de entrega.

Sin embargo, cuando estas condiciones no son adecuadamente analizadas por el exportador, vienen los incumplimientos o el esfuerzo por cumplir a cualquier costo. Ello muchas veces representa pérdidas o una baja rentabilidad que no le permite crecer en el mercado internacional y desaprovecha las enormes ventajas que su consolidación externa tendría para aumentar el uso de capacidades industriales ociosas, generar empleo y optimizar sus beneficios.

La pregunta que no se hace el exportador frecuentemente, es si el precio que aceptó, el lugar de entrega acordado y la fecha aceptada correspondían a un análisis juicioso, producto de un estudio de costos y operaciones que le permitan establecer la conveniencia o no de la forma como exporta.

Esto corresponde al ejercicio de la Distribución Física Internacional, la cual es el conjunto de operaciones que son necesarias para el desplazamiento del producto, desde el lugar de fabricación en el país de origen, hasta el local del importador en el país de destino, requiriendo de una ejecución secuencial, denominada Cadena de DFI, con una duración total, que se llama Tiempo de Tránsito para el cumplimiento de una orden de pedido Justo a Tiempo y con Calidad Total.

Es por ello muy provechoso que BOLFOR haya apoyado a la Cámara de Exportadores de Santa Cruz - CADEX, para la conformación de un departamento dedicado a la recopilación de información de DFI y a su estudio, y para la incorporación de un servidor de páginas web que potencializará el alcance de la asistencia que ambas organizaciones puedan dar en sus respectivas incumbencias. El documento que se presenta a continuación resume los conceptos sobre logística comercial y distribución física y su importancia para el sector exportador y en particular para propender el crecimiento del sector forestal y exportador en su conjunto. También se discuten algunos de los problemas y se detallan sugerencias para mejorar la competitividad del sector.

La Logística Comercial Internacional y su Importancia

La Competitividad y la Logística

Es frecuente hablar de competitividad en el mercadeo internacional. Generalmente este concepto se vincula únicamente a la calidad del producto y a la aceptación del exportador de todas las exigencias del cliente en cuanto al precio, las cantidades solicitadas y la fecha de entrega.

Sin embargo, cuando estas condiciones no son adecuadamente analizadas por el exportador, vienen los incumplimientos o el esfuerzo por cumplir a cualquier costo. Ello muchas veces representa pérdidas o una baja

rentabilidad que no le permite crecer en el mercado internacional y desaprovecha las enormes ventajas que su consolidación externa tendría para aumentar el uso de capacidades industriales ociosas, generar empleo y optimizar sus beneficios.

La pregunta que no se hace el exportador frecuentemente, es si el precio que aceptó, el lugar de entrega acordado y la fecha aceptada correspondían a un análisis juicioso, producto de un estudio de costos y operaciones que le permitan establecer la conveniencia o no de la forma como exporta.

Para contestar a esta interrogante es necesario que se introduzca la Logística como parte intrínseca en el desarrollo de las funciones de la empresa exportadora.

Logística

La logística dentro de una empresa se concibe como la técnica de control y gestión de flujos de materias primas y productos, desde sus fuentes de aprovisionamiento hasta sus puntos de consumo. Con lo cual podemos afirmar que la lógica de los gastos de la circulación es la logística.

Logística Comercial Internacional (LCI)

Esta técnica se ha extendido al campo internacional generándose el concepto de Logística Comercial Internacional, la cual se define como un sistema que integra las *funciones* de *producción, comercialización* y *distribución física*, para la gestión estratégica del *abastecimiento, movimiento* y *almacenamiento* del *inventario* de insumos y productos, con el *flujo de información* requerida en una operación de comercio internacional, con el objetivo de satisfacer al cliente Justo a Tiempo y con Calidad Total.

Entonces, el objetivo último de la construcción del procedimiento logístico de la empresa es la satisfacción de la demanda y es este objetivo el que marca directa o indirectamente el ritmo de los procesos de abastecimiento, producción y distribución. La regulación del ritmo de los flujos de materias primas y de productos se basa en la previsión de la demanda, el control de inventarios y la programación de la producción.

Comercialización justo a tiempo

Pero analicemos el concepto de Justo a Tiempo, ya que éste es parte indisoluble de la LCI. La comercialización justo a tiempo procura eliminar los derroches que producen tanto en las actividades internas de la empresa (refiriéndonos a los gastos que se generan entre los distintos departamentos de la empresa), como aquellos que se hace en las actividades externas (es decir en las relaciones entre la empresa y el cliente, la empresa y los canales de distribución o en general, cualquier relación externa que pueda generar gastos innecesarios que aumenten los costos y no agreguen valor).

O sea que eliminar los desperdicios significa que las empresas traten que los productos no contengan insumos, componentes o recursos que no le hayan añadido valor agregado a esos productos.

El resultado es lograr un producto en destino que tenga: la calidad exacta, en cantidad requerida, en el momento preciso y al costo más bajo.

Al referirnos a *calidad exacta* es de tener en cuenta que esto no es sinónimo de primera calidad. Si no la calidad adecuada a lo que el comprador pagó. Es decir que si él requiere productos de primera o segunda, eso es exactamente lo que debe recibir.

Cantidad exacta no significa gran volumen, sino una cantidad física adecuada al volumen que quiere comprar el comprador, ya que en el mercado existen compradores pequeños, medianos y grandes.

Es de considerar que si el comprador especifica fechas para el arribo de la mercadería, significa que ésta debe llegar en el *momento justo* cuando tiene que producirse su comercialización, o cuando debe ser integrada a un proceso productivo.

En los mercados altamente competitivos, los precios tienden a bajar y esto no es sólo por la competencia misma, sino también por los avances tecnológicos que hacen más eficientes los procesos desde el aprovisionamiento de insumos, hasta la Distribución Física Internacional.

Involucramiento total del personal

Para lograr los objetivos del Justo a Tiempo es necesario que exista un involucramiento total del personal, lo cual implica que desde el presidente de la empresa hasta el último funcionario, deben involucrarse en buscar este objetivo.

- Que todas las personas de la empresa conozcan los fundamentos del Justo a Tiempo y Calidad Total.
- Que se capacite al personal de la empresa en lo que se refiere a aquello que le permita mejorar su propia función en la empresa. No sólo capacitación técnica, sino además que éstos conozcan los objetivos de la empresa.
- Establecer un sistema de incentivos dentro de la empresa, el cual puede ser la capacitación misma, salarios a destajo para la mano de obra directa, participación en las ganancias o porcentaje de ventas para los encargados del área, etc.
- Mejoramiento de la comunicación externa (entre la empresa y otras instituciones) y la comunicación interna, ya que es frecuente el aislamiento de un departamento del resto de la empresa lo que ocasiona que éste trabaje en pos de objetivos propios y sin mucha consideración de la estrategia de la empresa en su conjunto.

Alcance de la Distribución Física Internacional (DFI)

Los exportadores exitosos revelan que la competitividad en el comercio exterior, reside fundamentalmente en una innovación constante en los canales de comercialización, la logística y las cadenas de transporte. Es decir; crear, conquistar y conservar mercados de un producto con la calidad adecuada demandada.

Las cadenas de transporte se estructuran para una logística DFI.

La DFI es el conjunto de operaciones que son necesarias para el desplazamiento del producto, desde el lugar de fabricación en el país de origen, hasta el local del importador en el país de destino, requiriendo de una ejecución secuencial, denominada Cadena de DFI, con una duración total, que se llama Tiempo de Tránsito para el cumplimiento de una orden de pedido Justo a Tiempo y con Calidad Total.

La aplicación de este concepto permite establecer si un producto llega bien, oportunamente y a un precio razonable a su destino. O sea, sabemos si fue o no competitivo. ¿Qué es lo que ello nos permite?

Que la gerencia se involucre en lograr y mantener la competitividad del bien a través de todo su desplazamiento con un:

- adecuado control de la calidad del movimiento, ejecutado por otros.
- administración estricta de los costos de todas las operaciones.
- cumplimiento de los tiempos de entrega.

Esto aparentemente simple, es el ejercicio mínimo que debe hacer un empresario si quiere penetrar un mercado abiertamente competido donde concurren proveedores de todo el mundo y los estándares de calidad y cumplimiento los fijan los mejores.

Es muy peligroso enfocar la calidad únicamente al producto, hoy se la debe concebir como un servicio integral, donde el producto como tal, sólo es parte de la aceptación de algo más que las características intrínsecas del producto y las añadidas por la marca y la propaganda.

El producto también es los servicios complementarios y de posventa, la forma en que es acondicionado y transportado, la condición en que se encuentra cuando es entregado al comprador, el sitio y la oportunidad de la entrega al comprador, la documentación comercial y legal en la transacción comercial, el precio y las estipulaciones en la cual éste puede ser pagado.

La competitividad siempre se refiere a los lugares donde son consumidos o utilizados los productos y es en estos mercados donde se hacen tales comparaciones.

Tampoco es conveniente asociar altos niveles de calidad con altos niveles de costos. Esa actitud miope, impide ascender en la escala de la excelencia que hoy es de categoría mundial.

Todo lo anterior demanda del empresario un replanteamiento de la forma tradicional de trabajo. Debe incorporar la planeación estratégica dentro de su gestión, que aplicada al campo del movimiento no es otra cosa que hacer logística.

Para ello se requiere crear un ambiente logístico en la empresa que permita la coordinación completa de los cuatro flujos:

- dinero
- personas
- información
- materiales

Esta búsqueda permite concebir una logística integrada en la empresa, que no es otra cosa que establecer un proceso para dirigir todas las actividades necesarias para mover y almacenar estratégicamente los materiales y bienes, desde los proveedores, a través de la producción, hasta los consumidores finales.

Para poder realizar esto, necesitamos además, contar con información y profesionales capacitados y bien remunerados para trabajar con estos nuevos conceptos. Lo más importante por ahora, es que el gerente esté dispuesto a cambiar y buscar la eficiencia.

Factores que impulsan a las empresas a un mayor desarrollo en gestión logística

Para apreciar más a fondo la necesidad del cambio en las organizaciones, citaremos los factores principales que han impulsado a las empresas a un mayor desarrollo logístico en sus operaciones.

- El incremento en el número de alternativas para conciliar costos y niveles de servicios al cliente así como la inestabilidad de los costos de transporte y la búsqueda de mejores negociaciones con los prestatarios de servicios.

- La existencia de nuevas oportunidades en mercados distantes, las cuales se han visto acentuadas por los acuerdos de libre comercio y el derrumbe del bloque socialista, marca un nuevo desafío para una logística de distribución física internacional que debe integrarse en canales de comercialización innovadores y cada vez más competitivos.

- Dificultades para disminuir costos de producción cuando se alcanzan techos en la eficiencia productiva, obligando a buscar la disminución de los costos logísticos para mejorar las utilidades.

- Necesidad de disminuir los costos de capital y los riesgos comerciales de los inventarios, transfiriéndolos a los distribuidores comerciales.

- Las acciones de mercadotecnia que buscan satisfacer a los consumidores en necesidades específicas, lo cual genera una gran variedad de productos que requieren de una serie de reposiciones frecuentes impulsando innovaciones en las cadenas logísticas.

- Los avances en la tecnología de computadoras y su gran accesibilidad, han generado una mayor integración, siendo posible obtener simultáneamente gran disponibilidad de datos sobre clientes, pedidos, localización de productos, canales de aprovisionamiento y distribución y, sobre la programación misma de la producción, impulsando una conducción logística más centralizada y operaciones más descentralizadas.

Factores que Afectan al Sector Forestal

En Bolivia las empresas del sector forestal se han visto frente al desafío de buscar un mejor aprovechamiento de sus recursos, ya que deben pagar al estado un dólar por hectárea de bosque en concesión, a diferencia de la anterior ley que requería el pago de regalías en función de volúmenes extraídos.

Una de las consecuencias directas de esta nueva situación, es una búsqueda de mercado para el aprovechamiento de especies no tradicionales, las cuales por no ser conocidas en el mercado internacional, tienen precios más bajos. Ello a su vez, hace necesario buscar mayor eficiencia en la gestión logística de la distribución física internacional que se traduzca en mejores beneficios. Es de hacer notar que en muchas empresas forestales, lograr satisfactoriamente este objetivo significa su supervivencia al mediano y largo plazo.

Otra razón para el mejoramiento de la logística en las empresas forestales es que algunas de estas nuevas especies requieren de un rápido tratamiento y/o secado debido a que no son tan resistentes a los hongos y otros parásitos como otras maderas, haciendo necesario que exista una buena coordinación logística entre aprovisionamiento y procesamiento de la materia prima.

Lo anterior son sólo algunas de los motivos principales que impulsan a buscar un mejoramiento de los procedimientos logísticos dentro de la empresa. Pero, estas mejoras en la empresa deben ir acompañadas de la aplicación práctica de los conceptos del Justo a Tiempo, ya que es impresionante el despilfarro del recurso forestal a lo largo de todo el proceso, tanto entre el bosque y el aserradero, como en la producción y la distribución física de las mercaderías.

Resultados concretos del Convenio CADEX – BOLFOR

Introducción

Dentro del acuerdo BOLFOR - CADEX se han gestado cuatro emprendimientos. El Sistema de Costos y Presupuestos presentado por el señor Ahmed Rami Elsheriff, La Asistencia Técnica en Logística y Distribución Física Internacional al Sector Forestal, la cual generó la creación de un nuevo departamento en CADEX dedicado al estudio de la Logística y DFI de las exportaciones de Santa Cruz y la incorporación de un servidor de páginas web en el Departamento de Sistemas de CADEX, excelente plataforma multimedia para la contacto con el mundo de ambas organizaciones y para la difusión internacional de información que estas generan.

Asistencia técnica en logística y distribución física internacional al sector forestal de Santa Cruz

La asistencia técnica realizada sobre Logística y Distribución Física Internacional (DFI) para la Cámara de Exportadores de Santa Cruz, CADEX y el Proyecto de Manejo Forestal BOLFOR, se realizó entre Julio y Diciembre de I.996, durante tres etapas correspondientes a las misiones que realizó el Consultor Eco. Hernando Arciniégas a Bolivia, y en la cual se contó con el apoyo durante todo el período del Lic. Rafael Quintela Echazú.

A partir de la selección de las empresas del sector forestal beneficiarias de la consultoría, que realizaron conjuntamente CADEX y BOLFOR, los investigadores realizaron un diagnóstico de las mismas en los temas objeto del estudio, posteriormente realizó un relevamiento de información sobre los distintos componentes de la cadena de distribución física internacional, que utilizan los exportadores de productos forestales, fase que culminó con una visita a los principales puntos fronterizos de salida de la carga de Bolivia y a los puertos de Arica e Ilo en Chile y Perú respectivamente.

En todas estas visitas, se tuvieron entrevistas con autoridades y prestatarios de los servicios de la cadena, lo cual permitió realizar un relevamiento de la operativa y problemática de la DFI y realizar el diagnóstico correspondiente logrando determinar con cierta propiedad, las debilidades y fortalezas que tiene Bolivia y en particular los exportadores de productos forestales. Todo lo anterior permitió establecer el alcance y posibilidades, principal fundamento de la consultoría, para propiciar la incorporación formal de los temas en CADEX, como un nuevo componente de cooperación técnica de forma de poder ofrecer asistencia en estos temas a sus afiliados y al sector exportador en general de Santa Cruz.

En el tercer informe de la consultoría en logística y distribución física internacional se realizó un análisis de las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas D.O.F.A - a la logística boliviana y en el informe que se preparó para

las empresas beneficiarias de la asistencia técnica pertenecientes al sector forestal del Departamento de Santa Cruz, se incluyeron diversas recomendaciones que les permita dinamizar su comercio exterior a mediano plazo, apoyándose en herramientas logísticas estratégicas.

Conclusiones generales de las empresas exportadoras

La mejor conclusión a la que se pudo llegar es que la logística está en proceso de evolución en el sector forestal empresarial de Bolivia, concepto poco conocido en términos generales. Sin embargo la mediterraneidad del país ha generado una alta concientización de la opinión pública nacional sobre los obstáculos y mayores costos que se le generan al comercio exterior por esta situación, y es mucho más claro para el empresariado preocuparse por el impacto del transporte como tema genérico, en vez de analizar el de todos los componentes de la distribución física internacional.

A pesar de lo anterior, el tema en su conjunto sigue siendo manejado por mandos medios en las empresas bajo la supervisión directa de los gerentes que muchas veces se ven más que involucrados en este tipo de tareas y sin un conocimiento técnico adecuado por parte de ambos, lo que permite concluir que aún falta tiempo para una toma de conciencia suficiente de los empresarios que les permita aceptar el planeamiento estratégido y la visión a mediano plazo. Esto conduciría a incorporar el análisis de la logística integrada como decisiva para mejorar la competitividad de las empresas en un ambiente internacional cada vez más complejo.

Es tradicional que las empresas se organicen alrededor de las funciones de producción y de comercialización, sin embargo un alarmante porcentaje de las empresas del sector no tienen dentro de su organización una unidad de exportaciones y/o comercialización estructurada, y ambas funciones las lideran los propios gerentes, situación no recomendable en empresas que están dedicadas casi totalmente a la exportación.

Esta falta demuestra una real falla estructural de las empresas las cuales tienden a centralizar el manejo integral de estas importantísimas áreas en el gerente, especialmente peligroso cuando se trata de empresas principalmente exportadoras que requieren de un manejo y seguimiento constante y especializado de estos temas.

Entre las funciones más comunes que realizan los gerentes están:

- negociación con proveedores de bienes y servicios.
- contratación de fletes.
- definición de ítems de compra, calidades, volúmenes, frecuencias, etc.
- administración de las decisiones de almacenamiento, manejo de inventario y distribución.
- aspectos financieros y de pagos.
- comercialización externa y decisiones sobre ventas locales que también existen en menor o mayor cuantía según las empresas.
- gestión de las exportaciones.

Es evidente que las preocupaciones de las empresas se centran en mejorar el mercadeo y tratan otras actividades como el transporte, las compras, la contabilidad o la ingeniería como áreas de apoyo. Esta actitud se justifica, pues lo importante aparentemente es sólo producir y vender. Sin embargo, este modelo es peligrosamente sencillo para que lo sigan muchas empresas, dado que falla al no reconocer la importancia de las actividades que deben tener lugar entre el punto y momento de la producción o compra, y el punto y momento del consumo (¡que en Bolivia generalmente termina en frontera o puerto de origen!). Estas son las actividades logísticas, y afectan a la efectividad y eficacia de las áreas de producción y comercialización.

Lo interesante es que la mayoría de los ejecutivos que trabajan en producción y comercialización no rechazan la importancia de la logística y de hecho cada uno la considera dentro del ámbito de sus funciones, produciéndose el hecho de que el tema sufra de una pobre coordinación, que es donde está su propia fortaleza e importancia. La diferencia entre los objetivos de esas dos áreas primarias puede conducir a una fragmentación de la responsabilidad y del interés entre estas actividades logísticas y la falta de coordinación entre todas. Esto conduce a unos niveles de servicio al consumidor más bajos (que en los casos que nos ocupan se llega a canales de distribución muy próximos a las ventas) y a unos costos logísticos totales más altos de lo necesario.

El vendedor boliviano asume el riesgo, costos y documentación hasta el puerto de embarque (frontera o puerto marítimo) que seguramente es lo que considera el comprador extranjero más difícil. Algo más sencillo para él es la porción de la distribución física donde se presenta mayor competencia, porque concurren muchos proveedores y por tanto donde se pueden obtener mejores precios, lo asume el comprador. Con este manejo el comprador internacional no sólo puede obtener un margen de rentabilidad importante si realiza un adecuado manejo logístico, sino se mantiene al vendedor aislado y ajeno a lo que pasa en el mercado, su servicio al cliente termina en un punto intermedio de la distribución física internacional y por tanto carece de directrices eficaces y agresivas de mercadeo que son hoy la dinámica real del comercio.

La relación existente entre logística y mercadeo en la generalidad de las empresas exportadoras es aún muy precaria, porque al existir una relativa evolución de la logística es muy poco lo que se tiene en cuenta de ella para tomar decisiones de compraventa internacional. El mejor reflejo de ello es la forma tradicional y pasiva como se asumen las relaciones comerciales con clientes y proveedores.

Un sistema logístico empresarial se justifica en la medida que el manejo óptimo del tiempo y el espacio que

separan a proveedores y clientes se convierta en un componente importante de la estrategia vendedora. Al involucrarlo se los considera fundamentales para contribuir en la ampliación de mercados y ventas, gracias a la reducción de costos del traslado de los bienes y a un mejor cumplimiento de las entregas y calidad en todo el proceso, que debe tender a ser por lo menos igual al de los demás proveedores de productos similares en el mercado objetivo en el que el empresario se propone incursionar.

La logística empresarial representa una reagrupación de las actividades relacionadas con el transporte, almacenamiento de productos, actividades que tradicionalmente han estado bajo el control del área de comercialización y otras bajo la de producción. En un principio, si la empresa opera a nivel local y se coordinan en forma amplia; comercialización y producción pueden coordinar y realizar un buen trabajo de gestión de las actividades logísticas sin tener que crear toda un área organizativa más. Más adelante, al ampliar sus volúmenes y buscar una Internacionalización, conociendo los resultados esperados, se puede crear el área funcional de logística y DFI para hacer más eficaz y seguros los resultados.

La capacitación en estos campos es una tarea primordial, pero la motivación y vinculación al tema logístico con la perspectiva de la alta dirección es el mejor punto de partida para romper esquemas y estar preparados en el corto plazo a la competencia de las corrientes internacionales, pero especialmente para que el uso de los recursos naturales de Bolivia, como la madera, gracias al mejoramiento de su administración por parte de las empresas, aporte realmente al desarrollo del país, que corre el riesgo de quedarse sin el recurso y sin la riqueza acumulada y transferida a diversos sectores, por su afán de exportar y ganar sin proyección y sin jugarse e invertir en su propio país.

Esta conclusión nos sirve de reflexión para precisar también el papel de la Cámara de Exportadores de Santa Cruz, que tiene en el inmediato futuro un importante reto que asumir en la materia. Veamos.

Conclusiones y recomendaciones para el futuro de CADEX

La carencia de recursos humanos adecuadamente capacitados en la mayor parte de los temas vinculados a la distribución física internacional y a la comercialización externa que es donde se presentan oportunidades, fue señalada como la primera debilidad de Bolivia. En su gente, en la verdadera creación de cuadros directivos y técnicos capaces de jalonar el cambio, se debe centrar la principal preocupación de CADEX.

La logística puede ser un medio, para la búsqueda de una formación especializada, que como compromete a toda la organización, permite hacer una reflexión integral de la organización, del estilo gerencial, de la forma de priorizar de la visión estratégica y operativa que en forma integral lo cual se debe reflejar en la planeación de corto y mediano plazo. El análisis del entorno logístico, permite establecer con precisión el papel geopolítico de un país ubicado estratégicamente como cruce de las corrientes comerciales nuevas, pero temeroso de su mediterraneidad.

Bolivia tiene que prepararse para manejar su propio comercio y todos los flujos que en el corto y mediano plazo van a circular por sus vías como tránsito. Esto deja riqueza si se agregan valores en el país; la conformación de empresas comercializadoras y operadoras de carga y porqué no operadoras logísticas, son un ejemplo de agregar valor - riqueza para Bolivia y ello dependerá en gran medida de la existencia de gente preparada para ello y de que se favorezca su desenvolvimiento con el marco físico y jurídico apropiado.

CADEX debe hacer un gran esfuerzo concertador con las demás cámaras de empresarios productores, para que le apoyen en liderar un proyecto de esta naturaleza, pues las aplicaciones prácticas deberían orientarse según la problemática de cada sector y eventualmente de cada empresa. Por ejemplo, un proyecto orientado al sector forestal con el patrocinio de la Cámara Forestal, lo cual a su vez permite comprometer y hacer participantes activos a empresarios y trabajadores de sus propias empresas. Pero mejor aun, promover gente nueva que escoja el sector de orientación, para que las empresas del sector lo patrocinen y se comprometan a darle trabajo, ya capaci-tado.

También puede realizar alianzas con Cámaras para capacitar cuadros directivos y operativos de cierto nivel, con la finalidad que no sólo conozcan la logística y distribución física en un contexto teórico, sino también aplicado a los respectivos sectores a los que pertenecen. Esto no sólo generará mejores directivos más capacitados, sino también será pie para coordinar negociaciones de fletes conjuntas que posibiliten mejores precios de transporte por períodos más largos.

En ambos casos, conocer e investigar sobre el entorno es primordial. Se debe conocer y enseñar cómo manejan la logística los empresarios que son su competencia en el mercado internacional, y cómo es la organización y la forma de dar servicio a sus clientes, que son los mismos. Esto se aplica por igual a los prestatarios de servicios, pues el reto será cómo participar con el manejo de la carga a la luz de los nuevos flujos y cómo procurar que las de otros países mejoren el poder negociador de Bolivia frente a terceros, para conseguir mejores condiciones para el país. Un ejemplo sería; que no es lo mismo para un prestatario negociar condiciones en Arica para la carga boliviana únicamente, sino carga brasileña también, pero ello traducido en beneficio para la carga boliviana, gracias a la del otro país. Lo importante es que el negocio no sea solamente para Arica.

Preocupa mucho los servicios aduaneros, sanitarios, recaudos fiscales, autoridades de frontera, etc., pues son generadores de grandes deficiencias y sobrecostos y demoras con efectos nefastos para el desarrollo de un buen plan logístico. Las redes de comunicación, la simplificación de procedimientos, el uso de intercambio electrónico de

información (IED), la estandarización, deberían ser banderas de CADEX, que en un campo tan amplio como las exportaciones, tendría grandes aplicaciones en todas las actividades logísticas.

Se debe estimular la consolidación de cargas de Bolivia y países vecinos. El desarrollo del contenedor y la paletización son muy precarios en Bolivia. El tema comercialmente es muy precario aún, pero en buena medida se debe a la falta de información y conocimientos más técnicos. Estos temas deberían estar entre las estrategias de CADEX.

Bolivia es un gran receptor de cooperación técnica, muchas veces paralela y con poca proyección práctica en los sectores empresariales. Por ello CADEX podría convertirse en un medio privado coordinador de entidades y programas tanto del sector público como privado, en todos los temas de comercio exterior que tienen que ver con el movimiento de las cargas. Así se logrará una transferencia oportuna y adecuada a los sectores interesados y afectados.

Lo que en el fondo se propuso es que CADEX dedique parte de sus esfuerzos en convertirse paulatinamente, con las diversas actividades mencionadas, en un centro especializado de logística y distribución física. Un buen comienzo es haber consolidado las funciones de la propuesta para la creación de un departamento encargado del tema en la entidad. Pero para que cumpla un verdadero rol de impacto en la región, también debe darle mayor altura al tema y llevarlo a la alta dirección de las empresas. Si estos cuadros directivos no se sensibilizan, difícilmente se reproduce el esquema en mandos medios.

La creación del Dpto. de Logística y Distribución Física Internacional en CADEX, fue respaldada por BOLFOR de una parte, por considerar necesario que las consultorías internacionales para que tengan proyecciones futuras y beneficios para el país, deben prever se continúe la labor iniciada y de otra, porque si bien el tema ha estado presente en diversas actividades de la Cámara, el mismo no se ha manejado en forma sistemática y ordenadamente como la experiencia demuestra debe hacerse.

Una de las grandes conclusiones de este trabajo, es la falta de capacitación o conocimientos integrales de las prácticas internacionales, la responsabilidad y derechos de vendedores y compradores y como la DFI encaja dentro de ello de tal manera que permita ver estos temas no sólo como algo operativo, sino vinculados a las decisiones gerenciales de la empresa exportadora. Ello nos lleva a la necesidad de comprender que la logística es el elemento planificador y gerencial de la DFI y el transporte y estas no son funciones de gente general, quien debe verlas desde un concepto de logística integrada más que llevarlas del brazo.

De las debilidades identificadas se quisiera resaltar que la principal sobre la cual puede actuar en forma directa CADEX y BOLFOR es la relativa a la carencia de recursos humanos adecuadamente capacitados en la mayor parte de los temas donde se identificaron oportunidades. Sin embargo cuando existe personal capacitado este no es apropiadamente remunerado causando alta rotación de personal capacitado en el medio empresarial lo que no favorece la consolidación de una metodología de trabajo dentro de las organizaciones. O sea, que el reto que los empresarios tienen, se debe orientar a convertir su debilidad en el mejor instrumento para aprovechar las oportunidades que tiene el país.

Si eso no ocurre, el espacio será ocupado por otros, especialmente de países vecinos que ven en Bolivia precisamente una opción cada vez más interesante. Se requiere de gentes que sean capaces de utilizar todo ese potencial de riqueza natural, financiera y humana existente, que como en el caso forestal que nos ocupa preferentemente, sea encausado para buscar el desarrollo más ordenado y sostenible del bosque, con el aprovechamiento de especies diferentes y procurando exportar productos más elaborados, pues ese mayor valor agregado no sólo permite un mejor y mayor uso del recurso maderero, sino demandar más recursos humanos, bienes y servicios que contribuyen en beneficio de toda la región.

Las mayores debilidades apuntan a indicar problemas de la infraestructura, el transporte, los servicios y los mayores costos que tal situación genera, pero concluyen con otra debilidad vinculada al recurso humano que también quisiera destacar en este resumen y es el relativo a "La actitud mental tradicional que afecta la velocidad con que hoy se toman y administran las decisiones así como el regionalismo a ultranza que limita la adecuada coordinación de los actores del proceso logístico".

Resaltemos solamente otro tema de interés para CADEX: se deben fortalecer grupos interdisciplinarios compuestos por personal del sector público y privado (a nivel técnico, no politizado), que le permita al país contar con equipos de consulta y eventual negociación, frente a gobiernos, organismos multilaterales, empresarios o cualquier otro estamento, los temas atinentes al desarrollo de la infraestructura y prestación de servicios logísticos, en la actual coyuntura de internacionalización que vive Bolivia. La improvisación es la peor amenaza, pues se compromete el soporte sobre el cual se mueve la economía y la sociedad.

Servicios del Departamento de Logística y DFI y el Servidor Internet

El Dpto. de Logística y DFI se genera en CADEX como tal a partir de la "Asistencia Técnica en Logística y DFI al sector forestal de Santa Cruz" la cual genera las primeras bases de datos y comienza así su etapa inicial de funcionamiento. El desarrollo del departamento ahora se dirige hacia una la actualización constante de su información y su difusión en la página web del CADEX. Otra función es la de prestar servicios de consultoría a organismos internacionales y empresas privadas que buscan conocer cómo mejorar su intercambio comercial en la región.

Con la incorporación del servidor de web se creó el nodo Internet CADEX ON LINE, el cual cuenta con la publicación de una página web con información para el

sector forestal puesta a disposición por el Proyecto BOLFOR, información de DFI, e información útil de Bolivia y su legislación en el ámbito del comercio exterior. El centro además brinda servicios de creación de páginas web y de búsqueda y traducción de información específica requerida por los usuarios del servidor CADEX ON LINE.

Entre lo concreto se cuenta con el relevamiento de información sobre empresas y productos del sector forestal de Santa Cruz, la cual contiene nómina de empresas con producción y oferta exportable. Esta información estará en nuestro servidor Internet potencializando contactos comerciales de nuestras empresas.

El Departamento de Distribución Física Internacional en el CADEX contiene, además bases de datos con información nacional e internacional sobre empresas de transporte, segmentadas según los mercados a los que prestan sus servicios así como nóminas de agentes de carga en Santa Cruz y en las fronteras así como en los puertos más utilizados por la carga boliviana, operadores portuarios, agencias de aduanas y otros actores que están directa o indirectamente relacionados con servicio a la carga. Esta información será próximamente publicada en la página web de CADEX.

Además el Dpto. de Logística y DFI cuenta con un software de Distribución Física Internacional el cual se utiliza para brindar información de costos tiempos de DFI a los asociados que soliciten que se les realice un estudio.

Durante la consultoría se utilizó este software en un caso de exportación de puertas a Bonn, en el cual se determinaron diversas cadenas de DFI de las cuales se seleccionaron para análisis 4 opciones o cadenas, y la opción que parecía de menor costo hasta el punto del precio FOB, terminó no siendo la mejor al llegar al precio DDP Bonn. Mostrando así que el precio FOB no es la mejor forma de cotizar, y que la experiencia en el estudio y manejo de las cadenas de DFI tienen márgenes de utilidad que pueden ser aprovechados.

Se logró elaborar además un Análisis de la Operativa de DFI utilizada en Puertas y Listones de Madera, el cual contiene datos de cómo se están realizando los embalajes, unitarización, manipuleos en frontera, y otros puntos generadores de costos tiempos y que disminuyen la calidad de los servicios por cuanto representan muchas veces deterioro de los productos en tránsito. Este documento presenta un análisis de costos hasta frontera, desde el punto de vista analítico y crítico de los problemas existentes en la forma como se está haciendo la DFI en las empresas y brinda sugerencias y directrices para mejorar estos problemas.

Durante el desarrollo del Proyecto los consultores se trasladaron a Arica, Ilo, Chungará, Yacuiba y Puerto Suárez; de donde pudieron observar y realizar un análisis detallado de la problemática de las exportaciones de madera por estos puntos, elaborando informes exponen los inconvenientes que representan estos puntos de ruptura de tracción y/o de carga, plantean soluciones y recaban información de los componentes de costos, tiempos y calidad de los servicios en estos corredores de exportación.

Durante esta etapa, en apoyo y bajo la coordinación del consultor internacional, el Lic. Hernando Arciniegas Serna, se realizó un relevamiento, procesamiento y análisis de la operativa logística de todo el proceso productivo de las empresas seleccionadas por BOLFOR para esta asistencia técnica, desde la logística de aprovisionamiento en el aserrío, hasta el análisis detallado de la operativa de la logística de almacenamiento y gestión de inventarios hasta llegar al producto listo para su embalaje y despacho para exportación.

Se hizo un relevamiento de información estadística sobre las exportaciones del sector forestal la cual se realizó por productos, destinos, medios de transporte, puertos de reembarque, y otras variables de análisis. Esta información estadística puede ser adquirida en las oficinas del IBCE, que es el encargado de su administración.

Se logró relevar toda la información disponible sobre transporte e infraestructura de transporte en Bolivia (carretero, férreo, aéreo, fluvial y lacustre). Esta información se redactó en un Informe del Transporte en Bolivia el cual será puesto a disposición del mundo visitando nuestra página WWW.CADEX.ORG.

Se cuenta con los conocimientos y la operativa para implementar en las empresas exportadoras y del sector forestales que requieran nuestra asistencia técnica, sistemas que permitan un adecuado seguimiento y control de su distribución física internacional.

Relevamiento de información relacionada con los aspectos de la DFI de los productos que exporta Bolivia lo que ha permitido la formación de Bancos de Datos sobre:

Contenerización y Unitarización

Prestadores de servicios nacionales e internacionales. Información de técnicas de conterización y unitarización. Restricciones técnicas en los países desarrollados, precios y condiciones de su arrendamiento.

Seguro Interno e Internacional

Tipos y ejemplos de contratos de seguro internacional. Información y capacitación en cuanto a sus modalidades y contratación.

Bancos

Información de servicios bancarios internacionales, costos bancarios, calidad de los servicios y tiempos.

Transporte interno e internacional

Costos, prestatarios del servicio y características de los mismos. Información de itinerarios, calidad de los servicios, normas nacionales e internacionales.

Almacenaje

Información de servicios de almacenaje y terminales de carga. Sus costos y características. Información de Zonas Francas, sus servicios, costos, características y legislación.

Representantes, agentes de Carga (Forwarders), distribuidores internacionales

Información de sus características, contratación. costos, eficiencia.

Puertos del Mundo

Información de sus características, costos, calidad de los servicios, contactos distancias y tiempos.

Entre los retos futuros para el Dpto. de Logística y DFI tenemos:

Crear una base de datos de precios en los mercados externos de determinados productos de interés para el sector exportador de Santa Cruz de modo de establecer:

- competitividad de los productos
- determinar posibles márgenes de ganancia
- brindar información de mercadeo

Relevamiento constante de toda la anterior información y la vinculación a Bancos de Datos nacionales y extranjeros y otras organizaciones (cámaras, organismos nacionales, organismos internacionales, etc.) por medio de Internet.

Confeccionar análisis periódicos de las cadenas de distribución física internacional para determinados productos estrella con gran peso en el sector exportador de Santa Cruz.

Asesoría en Contratos de Compra - Venta Internacional, de transporte, seguros, representación, distribución internacional, agentes.

Capacitación en Distribución Física Internacional a través de cursos periódicos a los encargados de las áreas de comercialización internacional y DFI.

Generación de artículos de análisis de las siempre cambiantes y evolutivas relaciones comerciales internacionales y su impacto en la DFI. Esto implica una continua evaluación y seguimiento de las actividades de los distintos organismos que influyen en la toma de decisiones de DFI (legislaciones, acuerdos, estudios, proyectos, nuevos servicios).

Coordinación de nuestros exportadores para la elaboración de estrategias conjuntas de negociación de fletes y servicios al comercio exterior para determinados grupos de productos ya sea hasta destino o hasta puntos de ruptura de carga.

Gestionar proyectos de inversión de infraestructura y transporte.

Problemas y Soluciones Propuestas para Mejorar el Flujo Físico de las Exportaciones

Cada paso fronterizo plantea situaciones características propias de modo que no es fácil generalizarlos. Sin embargo podemos mencionar que existe una falta de coordinación entre las aduanas de frontera de Bolivia y los países limítrofes. Esta falta de cooperación se refleja en los horarios de atención que deberían ser continuos y no lo son y además ni siquiera se coordinan los horarios para abrir y cerrar los pases de carga por la frontera.

La falta de coordinación en este tema se notó más en la frontera Quijarro - Corumbá en la que se detectó que el cruce de frontera ferroviario se encuentra en la localidad de Quijarro mientras que toda la documentación se debe realizar en las dependencias de la aduana de Puerto Suárez que se encuentra a una distancia de 16 km. de frontera. Esta situación ha ocasionado problemas no sólo en el hecho de encarecer y retrasar los trámites haciendo que el representante del exportador se movilice una y otra vez de un lugar a otro, sino también ha ocasionado problemas de coordinación y comunicación entre los operarios del ferrocarril y los operarios de la aduana en Puerto Suárez causando fricciones en las que el más perjudicado es el usuario de los servicios.

Existen problemas con la oferta de vagones en períodos de zafra de soya y algodón ya que existen acuerdos entre el sector empresarial soyero y algodoneros con la Empresa Ferroviaria Oriental que favorecen la disponibilidad de vagones a sus productos.

Es de considerar que por la falta de competencia al ferrocarril por la inexistencia en este tramo de carretera entre Santa Cruz y Quijarro en la que puedan circular camiones de carga ocasiona que los costos de transporte férreo sean comparativamente más altos en Bolivia que en nuestros países vecinos.

Otro de los problemas más comunes encontrados son documentales. Suele ocurrir que la carga llegue primero que la documentación completa. Por ejemplo; ocurre que el primer documento en llegar a frontera para el caso férreo es la carta de porte ferroviaria que tiene el nombre de TIF/DTA siendo que debería llegar con este documento la póliza de exportación con todos sus ejemplares. Muchas agencias despachadoras de aduana de Santa Cruz envían la carga sin la documentación correcta ó completa. Se nos señaló en las aduanas visitadas que no debería salir ningún cargamento sin que esté la documentación correcta y completa de la carga. La obligación no es enteramente del despachante si no del responsable del área en la empresa que debe tener la capacitación adecuada para verificar estos temas.

Se sugiere que la documentación sea enviada a un encargado representante de la empresa exportadora en frontera o a una oficina de CADEX en frontera por vía aérea, de tal forma que cuando llegue la carga, las formalidades del despacho ya han sido salvadas en su mayor parte. Otra solución que se plantea es que la documentación sea enviada directamente a la aduana para ser retirada y tramitada por el representante de la empresa exportadora en frontera.

Se sugiere entablar reuniones periódicas entre las aduanas de frontera en las que se discutan abiertamente los problemas y se establezcan soluciones concretas y factibles de llevar a cabo. Estas negociaciones pueden ser impulsadas por la CADEX y su aplicación puede hacerse en todas nuestras fronteras.

Existen bajas remuneraciones al personal de Aduanas y de Frontera S.A.. Estos salarios están por el orden de los Bs. 800. o USD 150 mensual. Esto acompañado del hecho de que los cargos en aduanas son totalmente politizados ocasiona altos niveles de ineficiencia por la falta de capacitación del personal y altos índices de corrupción.

Nuestras fronteras (excepto con Chile que por el tratado de 1904 tenemos monopolio sobre la carga de ultramar de Bolivia) son cuellos de botella donde llega la carga y es sujeta a manipuleos de transbordo a vehículos y vagones del país vecino. Para el caso carretero esto se debe a que el transportista boliviano no recibe carga de compensación en destino y su flete entonces debe cubrir el regreso vacío del camión debido a que cada país da carga a sus propios camiones y el sector transportista presiona para que esto permanezca de esta manera.

Estos movimientos de carga de un camión a otro o de un medio a otro han generado la proliferación de empresas dedicadas a esta labor y la concentración de gentes de poblaciones cercanas que emigran y viven de esta ineficiencia. Esto representa para nuestro comercio una menor competitividad pues genera costos, tiempos y disminuye la calidad del producto porque el trato que reciben en estos puntos es deficiente.

La falta de infraestructura es abrumadora. Sin embargo, entre lo más urgente se nota la inexistencia de estaciones de carga y transbordo en puntos estratégicos como son las fronteras y en Santa Cruz. Son necesarias estaciones con una plataforma a la altura de los vagones en la que se pueda realizar el manipuleo de mercaderías paletizadas y su transbordo. Ni siquiera existe pavimento en las estaciones dedicadas a la carga existente, lo cual hace que sea difícil cualquier manipuleo tratándose de una región en la que gran parte del año existen fuertes precipitaciones.

No existen grúas apropiadas para el manejo de contenedores. Esto imposibilita la circulación de estos entre Brasil y Bolivia y por la hidrovía así como entre Bolivia y Argentina. La falta de contenedores en estas rutas es otro factor que mina la competitividad de nuestras exportaciones ya que no sólo no es posible aprovechar las ventajas que brinda el contenedor a la carga sino que no es posible ni siquiera contenerizar carga en frontera. Esto sería importante para cargas que requieren ser conservadas de la humedad y la intemperie.

La oportunidad que tiene Bolivia es saber utilizar su condición geográfica, exigir buena administración de los recursos de infraestructura en manos de los vecinos y terceros, participar en el análisis y definición de proyectos que aparentemente beneficien a la carga boliviana, generar una sana competencia entre gobiernos y empresas para que en lo posible el país siga disfrutando de infraestructura construida y financiada por los vecinos, pero con costos en los servicios para la carga razonables y procurando mantener los privilegios logrados como compensación por los territorios perdidos.

El reto no es sólo de exportadores e importadores individuales, sino de la búsqueda por la consolidación y agrupamiento que la carga en su conjunto debe presentar y que en síntesis es la que da un fondo económico interesante en una negociación frente a terceros. El poder lo hace la suma de todos, no la búsqueda individualizada de beneficios particulares o de sectores aparentemente muy consolidados. El sector empresarial gremial aquí vuelve a jugar un papel protagónico, frente a gobiernos, entidades financieras, otros gremios del país y de otros países, empresas multinacionales y demás organizaciones interlocutoras.

También deben asumir un papel protagónico los prestatarios de servicios a la carga, pues ellos tienen innumerables oportunidades para crecer, modernizarse, asociarse con sus similares de los países vecinos. Ello no se logrará si no asimilan los avances que el mundo de los servicios ofrece hoy, con el uso intensivo de la informática, la telemática, el seguimiento y la seguridad oportuna a la carga. Para este sector se aplica con mucha propiedad la falta de capacitación del recurso humano, pues en los países en desarrollo es muy limitada su profesionalización y generalmente son estamentos muy tradicionalistas, que con mucha dificultad innovan y Bolivia no es una excepción.

Falta mucho en el sector de transporte carretero, fluvial, ferroviario y aéreo, como también en el almacenaje, patios de contenedores, centros de consolidación, equipamiento para manipuleos y la existencia adecuada de empresas que ofrezcan servicios integrales a la carga y la oportunidad que tienen en Bolivia es brindar servicios, no sólo a la carga del país, sino de los terceros que quieren transitar por su territorio, de no hacerlo los bolivianos, lo harán terceros.

En todo juega un papel definitorio el Estado, por ello en la medida que empresarios del sector productivo y comercial aliados con los sectores de los servicios armonicen sus intereses, a partir de conocimientos y una formación integral adecuada, serán no solo los interlocutores más válidos del sector público, sino que tendrán una mayor influencia para que las decisiones que afectan toda la vida nacional sea la más conveniente.

En general existe una insuficiente preparación de la clase política y de las autoridades responsables de la integración regional en lo concerniente a temas comerciales, aduaneros, de transporte, migración y demás aspectos que vinculan la economía y la sociedad a otros mercados de mayor desarrollo, lo cual puede producir decisiones y compromisos internacionales politizados que afectan a la sociedad, a la economía, o a sectores específicos.

No se cuenta con políticas definidas de mediano y largo plazo para estos temas. No existen prioridades claras y menos aún se puede determinar qué y cuáles son los verdaderos insumos, inversiones, aportes o asociaciones que requerimos y debemos aceptar.

Estas amenazas vinculan directamente al sector privado que no está ausente de las presiones y de corrupción que asocia generalmente intereses públicos y privados, lo cual conduce a decisiones fáciles, de efectos cortoplacistas, porque no existen los soportes técnicos y la planeación integral que permita medir las consecuencias. Los daños que se hacen son verdaderas amenazas para forjar economías sólidas y a veces con costos muy altos para reparar.

En todo el proceso logístico se muestran debilidades, que se neutralizan aparentemente por las grandes fortalezas que tienen en la calidad y riqueza del bosque, lo cual les permite sobrevivir y crecer año a año.

Lo más positivo es encontrar gerencias centralistas pero progresistas. Todas tienen ánimo de modernizarse, de integrar procesos con mayor valor agregado, de reducir costos y tiempos, en fin de expandir sus mercados, crecer y ganar.

Es muy positiva la buena relación que se reporta entre proveedores y clientes, sin embargo, ello debería aprovecharse para que con un manejo más dinámico y con proyección de convertirlos en sus "socios", se profundice en beneficio mutuo esta relación, para que manteniendo entregas periódicas y con tamaños limitados para no incrementar inventarios, se adopten sistemas de pago fluidos y con tratamientos especiales al negociar volúmenes importantes por períodos largos. Un primer buen intento en este sentido son algunos acuerdos con transportistas entre el aserradero y el centro de acopio en Santa Cruz por el tiempo en que dura la zafra o un período calendario.

Lo anterior no sólo eliminará fletes extras y reducirá los tiempos reales de compra, sino mejorará el desempeño de los proveedores, lo cual permitiría diseñar actitudes comerciales de auto capacitación mutua según necesidades y posibilidades, orientada a buscar lo óptimo entre las necesidades del proveedor y el cliente.

Algo muy importante para destacar, es que por las características del negocio de la madera, se tiene que planear la logística en todo el proceso de distribución y transporte y por tanto la administración de este negocio está estructurada sobre un plan logístico de movimiento secuencial. Hay conciencia de ello, unos lo hacen mejor que otros, pero con ajustes, mejor conocimiento, y mediciones del impacto que ello tiene, los volverá más eficientes, pero antes que nada se deberán reducir los desperdicios que se observan en los bosques y aserraderos, así como en los patios de almacenamiento, las carpinterías y en la falta de adecuada supervisión de las condiciones de almacenamiento en frontera que para los consultores son evidentes sin ser considerables expertos en madera.

La gerencia de una empresa del sector forestal, tiene como reto primordial, si quiere ser más competitiva y aumentar su presencia en los merados internacionales, gestar importantes transformaciones en su organización que le permita:

- despojarse de la centralización y saber delegar.
- trabajar en equipos interdisciplinarios, por proyectos con metas cuantificables y períodos precisos.
- establecer una dependencia dedicada a la comercialización y exportaciones. - Evaluar la conveniencia de establecer una dependencia dedicada a la logística.
- definir políticas y procedimientos, tendientes a establecer responsabilidades precisas en los niveles de decisión y de operaciones.

Entre las metas que se debe proponer una gerencia de logística está obtener materiales a costos más competiti-vos, pero manteniendo el compromiso irrenunciable de calidad con producción y mercadeo de los bienes y servicios que se adquieren. Estas parecen ser las directrices de las empresas consultadas a nivel de las gerencias generales, pero faltan una serie de elementos complemen-tarios que harían verdaderamente eficaces las decisiones y administración de temas tan sensibles para lograr una reducción apreciable de costos.

Veamos algunas de ellas:

Desarrollo de relaciones personalizadas con proveedores de insumos y de servicios logísticos, que permita acuerdos de suministros frecuentes, eliminando órdenes de compra individuales, aspectos que no sólo aumentan la capacidad negociadora sino disminuyen los costos de inventario.

Lo anterior tiene que ir acompañando de una utilización efectiva de los medios teleinformáticos.

Mercadeo de Especies Menos Conocidas de Bosques Húmedos Tropicales: ¿Buena Inversión o Mala Idea?

Andrew F. Howard[1]
Abraham Guillén[2]

Resumen

Frecuentemente, el mercadeo de las llamadas especies menos conocidas (EMC) se presenta como un medio para la promoción del manejo sostenible de los bosques tropicales que se encuentran en riesgo de conversión debido al bajo potencial de los retornos financieros del aprovechamiento forestal. Las inversiones en cualquier tipo de programa que promueva el uso de EMC deben ser atractivas para los propietarios de aserraderos y al mismo tiempo incentivar prácticas forestales sostenibles, tanto desde el punto de vista de la producción maderable como de las funciones ecológicas. Por consiguiente, la promoción de EMC debe analizarse desde dos perspectivas: la de los aserraderos y la de los bosques. Los métodos corrientes para el análisis del incremento de inversiones en operaciones actuales de aserrío se describen y usan para evaluar una propuesta de procesamiento de EMC en el estudio de caso de un aserradero ubicado en las tierras bajas bolivianas. Del mismo modo, se usan métodos económicos corrientes para el análisis de inversiones desde la perspectiva del bosque y se emplea un modelo de simulación de crecimiento y rendimiento para evaluar la sostenibilidad de las prescripciones silviculturales requeridas y para evaluar impactos ambientales seleccionados. Los resultados muestran que para el aserradero del estudio de caso, la inversión en un programa que promueva el uso de EMC sería financieramente preferible sólo si se obtienen sobreprecios significativos mayores a los precios actuales de las especies tradicionalmente procesadas. El impacto ambiental del manejo forestal enfocado en EMC es substancialmente menor que el causado por las prácticas actuales de aprovechamiento, siempre y cuando los propietarios de aserraderos no decidan aumentar la capacidad de producción para tomar ventaja de las existencias no utilizadas. Debido a que las ganancias totales se incrementan considerablemente con la mayor inversión en capacidad instalada, existe un tremendo incentivo para que los propietarios realicen dichas inversiones.

Introducción

Frecuentemente, el mercadeo de las llamadas especies menos conocidas (EMC) se presenta como un medio para la promoción del manejo sostenible de los bosques tropicales en riesgo de conversión por el bajo potencial de los retornos financieros del aprovechamiento forestal. Los bosques tropicales contienen una enorme variedad de especies arbóreas leñosas, ostensiblemente aptas para su transformación en madera y otros productos maderables, pero en la mayoría de los países sólo se utiliza un pequeña fracción de éstas. Las especies menos conocidas son especies de árboles con mercados débiles o no existentes, las cuales en muchos bosques alcanzan a varias docenas y conforman la mayoría del volumen en pie. Esta convocatoria al mercadeo de EMC se basa en la tendencia general hacia el uso de "incentivos de mercado", en contraste con la intervención gubernamental directa mediante regulaciones, para remediar las fallas del mercado que agotan y destruyen tanto los bosques estatales como los privados.

El éxito del establecimiento o la promoción y el servicio de mercados para EMC debe juzgarse desde dos

[1]University of British Columbia
2357 Main Mall Vancouver,B.C.
Canada V6T 1Z4
604-822-3794 604-822-8645
ahoward@unixg.ubc.ca
Canada, EE.UU.
[2]Proyecto BOLFOR
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
Email: bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

perspectivas. Primero, se necesita convencer a los propietarios de aserraderos o concesionarios de que la inversión requerida proveerá una tasa de retorno aceptable y mayor a la presente, pues de otra manera éstos no comprometerán los recursos necesarios. Entonces, la "inversión" debe analizarse desde la perspectiva de los propietarios de aserraderos o del aserradero como se la menciona en el presente documento para facilitar la lectura. Harpole (1978) proporciona los detalles sobre el modo de formular y resolver el problema de incremento de inversión en los aserraderos. Dicho autor se interesaba en evaluar si la inversión en la conocida tecnología computarizada de aserrío de la "mejor cara de apertura" era justificada. Sin embargo, la formulación del problema de inversión para el mercadeo de EMC es fundamentalmente la misma, de modo que se pueden usar los métodos de Harpole sin pérdida de rigor.

La otra perspectiva que debe tomarse en cuenta es la del punto de vista de los bosques; la justificación de la estrategia es en primer lugar promover la conservación de la cobertura boscosa a través del manejo sostenible. Este producto no es necesariamente una consecuencia del aumento de la rentabilidad de las operaciones de aserrío, y en efecto, podría ocurrir lo contrario si el mercadeo de EMC sólo provee incentivos para liquidar una mayor cantidad de especies más rápidamente de lo que ocurriría de otra forma. Para que la estrategia tenga éxito desde esta perspectiva, debe crear condiciones en las cuales se obtengan tasas de retorno aceptables y mayores a las actuales, mediante la conservación de suficientes existencias en crecimiento tanto para regenerar los bosques como para continuar brindando por lo menos algunos de los otros beneficios que los bosques producen para la sociedad en conjunto. Howard y Valerio (1996), Howard *et al.* (1996) y otros han aplicado modelos de crecimiento y rendimiento, así como métodos económicos estándar para el análisis de retornos financieros potenciales e impactos ambientales seleccionados de los esquemas alternativos de manejo forestal aplicados al trópico. Estas mismas técnicas se pueden usar para juzgar, desde la perspectiva del bosque, si el mercadeo de EMC produce en efecto incentivos para el desarrollo sostenible y la conservación de recursos forestales.

El propósito del presente estudio fue examinar desde la perspectiva del aserradero y del bosque, si el mercadeo de EMC es una buena inversión o una mala idea. El trabajo está organizado de la siguiente manera. Primero se presentan los detalles de los requerimientos de datos y métodos usados en el estudio, comenzando con una revisión del enfoque de Harpole (1978) para el análisis del incremento de inversiones en operaciones de aserrío en curso y su adaptación al caso en cuestión. Seguidamente se revisan los métodos empleados en una serie de estudios recientes sobre retornos financieros potenciales e impactos ambientales de esquemas alternativos de manejo forestal y se describe la forma en que se pueden aplicar en la evaluación de los efectos del mercadeo de EMC sobre los bosques. Después se presentan y discuten los resultados de la aplicación del análisis de dos fases al estudio de caso de una concesión ubicada en las tierras bajas de Bolivia. Finalmente, se ofrecen conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados del estudio.

La perspectiva del aserradero

Desde el punto de vista del aserradero o cualquier otra instalación de producción que dependa de un bosque en particular para su aprovisionamiento de madera, el compromiso con un programa de mercadeo de EMC depende, al final, de la tasa de retorno de la inversión requerida. En la mayoría de los casos la inversión se "incrementará" en sentido de que será adicional a la ya realizada en una actividad en curso. Harpole (1978) provee una metodología detallada para el análisis del incremento de inversiones en el aserradero. Fundamentalmente su enfoque requiere la catalogación y evaluación de los ***cambios*** en las tasas de producción, la mezcla del producto (product mix) y los rendimientos, los costos, y los ingresos que resultarán de la inversión adicional. En lo posible, los cambios se expresan en términos monetarios y luego se aplica un análisis corriente de flujo de caja descontado para determinar el retorno resultante sobre la inversión. Sin embargo, como en cualquier inversión, ciertos elementos no pueden expresarse en términos monetarios. Algunos de éstos se denominan externalidades y/o intangibles (Lutzig *et al.* 1994), mientras que otros son simplemente pre-requisitos para la factibilidad básica del negocio. Se agruparon los factores financieros y no financieros que afectan a la inversión desde la perspectiva del aserradero en dos tipos principales: *mercadeo* y *transformación*. Estos se discuten por separado a continuación.

Asuntos de mercadeo

Existen varios factores asociados directamente con el mercadeo de EMC que afectan los factores tanto financieros como no financieros de una inversión. Uno que representa un pre-requisito para la factibilidad de una inversión y que no puede expresarse en términos monetarios se ha denominado ***volumen mínimo***. Debe existir un volumen mínimo de producto, el cual se puede producir con regularidad de una o más EMC con el fin de introducir exitosamente el producto al mercado. Por ejemplo, aunque ciertas especies podrán calificar bien en cuanto a los demás asuntos relacionados con la comerciabilidad (que se discuten a continuación), si no existe suficiente potencial de volumen y crecimiento para el procesamiento de, por ejemplo, un contenedor de madera (aproximadamente 8,000 pies tablares) al año, será extremadamente difícil obtener compradores. Además, para la mayoría de los aserraderos, la venta de sólo un contenedor adicional por año será insuficiente para generar verdadero interés de parte de los propietarios. Se debe determinar un volumen mínimo realista, tomando en cuenta a los compradores escogidos por el programa de mercadeo, comparándolo con la capacidad de producción del aserradero (ver

transformación, a continuación), y el inventario comercial y rendimiento sostenido de la especie de interés.

En muchos casos el volumen insuficiente de especies individuales puede ser problemático, dadas las existencias generalmente bajas de muchos bosques tropicales (corrientemente < 100 m^3 de todas las especies leñosas) y el gran número de especies (más de 100 en algunos casos). Existen dos soluciones a este dilema. La primera es enfocar el trabajo de mercadeo de EMC con existencias y tasas de crecimiento altas, las cuales se combinan para aumentar el aprovechamiento anual sostenible. En otras palabras, escoger las especies más abundantes, preferentemente con clara evidencia de éxito de regeneración, como objetivos para el desarrollo de mercados. La importancia del equilibrio del mercadeo, el procesamiento y el manejo forestal se discute en mayor detalle en un trabajo separado (Guillén *et al.* 1997).

La segunda solución al problema de volúmenes bajos es agregar especies de características físicas similares y mercadearlas como un solo producto o grupo de productos. O las especies se venden literalmente como una mezcla (los embarques individuales incluyen cualquiera de las especies o todas) o las especies se mercadean como substitutos equivalentes de unas por otras. La agrupación de especies parecidas es una estrategia común empleada por la industria del aserrío en todo el mundo, incluyendo las regiones más importantes dedicadas a la producción de madera (abeto, pino, pinabeto [SPF] del Noroeste del Pacífico de Norteamérica; pino amarillo que incluye hasta 5 especies del sudeste de los Estados Unidos). Esto puede solucionar el problema de mercadeo, pero no necesariamente el de manejo forestal, debido a que si bien la corta anual total combinada de las varias especies componentes podrá parecer relativamente alta, los niveles de corta para cada especie podrían ser muy altos como para permitir la regeneración natural (muy pocos individuos para la reproducción) y, por consiguiente, las existencias se agotarían a largo plazo (manejo no sostenible).

Esto trae a colación otro factor importante desde el punto de vista de mercadeo, que es el ***número de especies***. Generalmente, a mayor número de especies involucradas, mayores las complicaciones y los costos del mercadeo. Un mayor número de especies significa más tiempo para recopilar información sobre las características físicas y los usos potenciales, y si se carece de datos sobre alguno de los árboles, será necesario hacer estudios. Si las especies se mercadean individualmente, también se requerirá más tiempo para ubicar y convencer a los compradores potenciales, así como para el servicio de las varias cuentas. Es posible reducir este problema de cierto modo mediante la agrupación de especies tal como se sugiere en el párrafo anterior, sin embargo, esto no disminuirá el tiempo requerido para la investigación sobre características físicas y usos potenciales. Otro problema de las especies múltiples son las demandas en el aspecto de transformación, referentes al aprendizaje y el perfeccionamiento de técnicas de procesamiento. A continuación se discute con mayor detalle este importante tema.

El tercer factor de importancia lo constituye la ***mezcla del producto,*** la cual está relacionada con el número de especies, y sus características físicas y usos potenciales. La mezcla del producto se refiere a los tipos y tamaños de productos manufacturados y vendidos a partir de especies individuales o grupos de especies y depende principalmente de la densidad de la madera, una medida relacionada: la ***trabajabilidad*** (facilidad de procesamiento con herramientas manuales o automáticas), y la apariencia (color, grano, jaspe, etc.). Por ejemplo, las maderas densas con buenas características visuales podrán transformarse y venderse como pisos, los cuales requieren durabilidad y buena apariencia. Las maderas más suaves con buena trabajabilidad y buena apariencia podrán usarse para la producción de varios otros productos acabados. Las maderas de densidad media con buenas características de resistencia, pero de trabajabilidad mala podrán aserrarse para madera de construcción. En todos los casos, las dimensiones y calidades de la clase de productos variará enormemente. Claramente, cuanto más compleja la mezcla del producto, existirán mayores dificultades para el mercadeo, de modo que las especies múltiples con gran variación en cuanto a características físicas serán más difíciles y costosas de mercadear, mientras que las líneas sencillas de productos de una o unas pocas especies muy similares serán más fáciles de comercializar.

Tanto el número de especies como la mezcla del producto son factores que afectan la complejidad del trabajo de mercadeo y por consiguiente sus costos. Los costos de mercadeo incrementado deben ser evaluados cuidadosamente para estimar los flujos de caja relacionados con la inversión en EMC, que a su vez son necesarios para calcular los retornos potenciales. Los costos de mercadeo se pueden dividir en dos componentes, *promoción* y *servicio al comprador*. Los costos promocionales son todos los costos de publicidad de productos de EMC dirigida a compradores potenciales y que incluye actividades tales como:

- Recopilar información sobre características de la madera y usos potenciales incluyendo estudios independientes si fuese necesario.
- Crear folletos informativos para su distribución a compradores potenciales.
- Preparar y distribuir muestras de madera y productos.
- Asistir a ferias especializadas, conferencias y otros foros.
- Organizar y ser anfitrión de giras para compradores potenciales en las que se visiten operaciones de extracción y transformación.

Los costos de servicio serán aquellos necesarios para la repetición de ventas y el mantenimiento general de cuentas con clientes.

Se debe aplicar un análisis detallado de costos a la función de mercadeo para estimar el incremento de costos relacionado con cualquier propuesta de inversión en EMC. Se deben aplicar técnicas corrientes de análisis de costos incluyendo contabilidad de componentes fijos y variables. Los costos se deben expresar como flujos periódicos (negativos) de caja para determinar la forma en que éstos varían con el tiempo y se debe tener especial cuidado en determinar exacta y honestamente el ***cambio*** de estos costos relacionados con las inversiones en EMC. Si se aumenta una o más personas al personal para hacerse cargo de la promoción y el servicio a los nuevos clientes, se simplificaría el análisis de costos, ya que todos los costos relacionados con el equipamiento y el apoyo del nuevo personal se atribuirían de forma directa al incremento en la inversión. Por otra parte, si se usa el personal existente, sólo se deberán tomar en cuenta los costos que se atribuyan al incremento en la inversión (costos en los que no se hubiese incurrido si la inversión no se hubiese efectuado). El estudio de caso que se presenta a continuación brinda un ejemplo detallado de la forma de clasificar y contabilizar los costos de mercadeo.

El cuarto y último factor que se discute en el presente trabajo y se relaciona directamente con el mercadeo son los precios que los compradores pagarán por EMC. Los precios combinados con los volúmenes vendidos determinan los ingresos netos o flujos positivos de caja de la inversión y, al igual que los costos, es importante expresarlos en términos del ***cambio*** en ingreso bruto. En la sección sobre procesamiento se cubre el tema de estimación de tasas de producción, de modo que sólo cabe discutir los precios que se podrían lograr por el mercadeo de EMC.

Existen dos fuentes principales de datos sobre precios potenciales. La primera es el historial de precios de venta de especies y productos parecidos, que se puede obtener de registros de empresas, otros aserraderos, series de precios publicadas por asociaciones de empresas u otras fuentes, o de comerciantes de madera. De forma ideal, dichos precios corresponden a EMC anteriores y por lo tanto brindan una mejor indicación de las rebajas que los compradores demandan para la compra de productos desconocidos. Si se usa esta fuente de datos, es extremadamente importante que las especies (características físicas) correspondan con los tipos de productos, ya que hasta las diferencias más pequeñas podrán reflejarse en una variación considerable del precio, casi siempre de forma negativa. La principal ventaja de este método es la relativa disponibilidad de datos, es decir que, las estimaciones de precios para las especies nuevas generalmente se pueden generar usando evidencias de transacciones de venta de especies conocidas. La mayor desventaja de este enfoque es que no existe garantía de que los clientes pagarán el precio estimado o de que comprarán los nuevos productos, cualquiera sea su precio; simplemente porque no existe evidencia de transacciones reales. La segunda desventaja es que podría ser difícil obtener una buena equivalencia entre las especies conocidas y las EMC de interés, lo cual induciría a estimaciones que no serían de fiar.

El segundo método para la estimación consiste en cotizaciones directas de los compradores potenciales. Con este método, se encuesta a los posibles compradores para determinar si estarían dispuestos a probar las nuevas especies y cuánto pagarían si el producto es aceptable. Este método tiene la ventaja de incorporar directamente como un factor cualquier descuento de precio, pero la desventaja radica en que no existe garantía de que el comprador cumpla con una cotización sin compromiso. Otra desventaja de este enfoque es que podría ser difícil que los compradores den precios sin haber probado el producto. Esto podría significar la entrega de muestras grandes (del tamaño de un contenedor o mayores), ya sea gratis o a precios reducidos, que el comprador potencial podrá usar para pruebas. Esto representa un costo adicional (veáse arriba), pero produciría estimaciones más exactas de precios.

Un último tema que se desea analizar en conexión con los precios de las EMC es el efecto de la certificación forestal. La certificación implica la evaluación independiente de prácticas de manejo por una de varias organizaciones, generalmente internacionales, para juzgar su sostenibilidad en base a una amplia variedad de criterios (ecológicos, sociales, económicos, etc.). Si los bosques y las instalaciones de procesamiento asociadas con éstos se designan como "certificados (*sostenibles*)" los compradores estarán dispuestos a pagar un sobreprecio por productos (especies) procesados en los aserraderos. Existe muy poca evidencia de pago de sobreprecios, de modo que sería arriesgado basar la estimación de precios en la suposición de que los compradores pagarán más. Además, la certificación se otorga a las prácticas de manejo forestal que se aplican a todo el bosque, no sólo a un número limitado de especies, de modo que por lo menos teóricamente tanto las especies conocidas como las menos conocidas se beneficiarán con los sobreprecios referentes a dicha designación. En otras palabras, la certificación no sólo se otorga por el hecho de que los aserraderos usan EMC y, por supuesto, no existe garantía de que el solo uso de EMC en un aserradero implica que sus prácticas de manejo conducirán al uso sostenible del bosque. La certificación y el mercadeo de EMC son temas intrínsecamente separados, que podrían ser interdependientes si las condiciones del bosque excluyen el manejo certificable de especies conocidas, en cuyo caso los sobreprecios (si existieran) se aplicarían de forma diferencial a las EMC. En cualquier caso, las certificación cuesta dinero, tanto para contratar organizaciones que lleven a cabo la evaluación como en cuanto a costos operativos que acompañan el cumplimiento de las normas de certificación. Este costo adicional se trata como cualquier otro en la formulación de un problema: si son incrementos se suman, si se incurre en éstos independientemente de la producción y el mercadeo de EMC entonces se ignoran.

Asuntos de procesamiento

Existe también una variedad de factores asociados con la inversión en EMC que afectan el aspecto de procesamiento, algunos de los cuales ya se han mencionado en relación con la función de mercadeo. Para comenzar, el número de especies, sus características físicas y la mezcla planificada de productos referentes a cualquier posibilidad de producción de EMC son de importancia crítica desde el punto de vista de procesamiento. La mayor variación en cuanto a estos factores complica el procesamiento desde la planificación a la producción al almacenamiento y finalmente al embarque, y, por consiguiente, aumenta los costos. Por ejemplo, a menos que la densidad sea extremadamente uniforme entre las varias especies, el afilado de sierras, la velocidad de alimentación de las máquinas, la variación en el aserrío, los requerimientos para el cepillado y secado, los cronogramas de mantenimiento de máquinas y una serie de otros factores variarán con cada tipo de densidad o aún con cada especie. Del mismo modo, si la mezcla del producto (dimensiones de la madera) varía según la especie, el cronograma de producción, los métodos de aserrío, la variación en el aserrío, los requerimientos de cepillado, el mantenimiento de la maquinaria y muchos otros factores también variarán. Esto sugiere que, dada la opción, el mercadeo de EMC deberá enfocarse en las especies más abundantes, preferentemente con densidad y líneas de productos uniformes con el fin de simplificar el proceso de transformación. Sin embargo, en cierto grado, esta estrategia podría anular el propósito de promover EMC, el cual es incluir en la producción de madera comercial tanto como sea posible de las existencias maderables en crecimiento.

Un asunto relacionado es la necesidad potencial de maquinaria nueva ya sea debido a que las EMC tienen distintas densidades de las especies existentes que se procesan o debido a que la mezcla del producto cambiará, requiriendo diferente tecnología. La adquisición de nueva maquinaria podrá estar limitada a algo tan simple como nuevos dientes de sierra (carborúndum para las maderas más densas) y por consiguiente ser relativamente reducida en magnitud, o amplia y compleja. En ambos casos, la compra de maquinaria nueva representa un flujo de caja negativo que debe tomarse en cuenta, y también se deben estimar los costos fijos y operativos relacionados con la nueva maquinaria dentro del horizonte de planificación. Para mantener la coherencia con la formulación de Harpole, estos costos, tanto la inversión inicial (precio de adquisición y costos de instalación) como los costos fijos y de operación, deben ser calculados como diferencias o cambios en estos rubros, comparados con el *status quo*. Suponiendo que no se consideren otras inversiones en el aserradero, entonces el costo verdadero de la compra e instalación puede usarse directamente y, del mismo modo, la determinación de los costos fijos de la nueva maquinaria será directo en este caso. Sin embargo, el determinar los costos variables de la maquinaria nueva puede ser difícil, particularmente si la maquinaria se usa también para procesar especies conocidas. Bajo estas circunstancias, se debe concebir algún método para prorratear costos en base a la proporción relativa de uso (tiempo) de producción (volumen) entre especies conocidas y menos conocidas. En el presente estudio de caso se muestra un ejemplo para hacer esto.

Uno de los factores más importantes desde la perspectiva del procesamiento es el cambio en las tasas de producción relacionado con el procesamiento de EMC. Cuando se habla de tasas de producción, se refiere a la producción de unidades de madera por unidad de tiempo (por ejemplo los m^3 de madera aserrada por hora programada). Las tasas de producción cambiarán si la nueva mezcla de especies incluye maderas con densidades distintas de las procesadas normalmente en el aserradero o si la mezcla del producto es diferente. Un ejemplo de esto último es si el aserradero producía anteriormente madera dimensionada con un espesor nominal de 2 pulgadas, pero los mercados para EMC requieren tablas de una pulgada. En este caso, las tasas de producción disminuirán substancialmente, siempre que la densidad no haya cambiado, simplemente debido a que se requiere aproximadamente el mismo número de cortes para producir el mismo volumen de madera aserrada. Con cambios en densidad, las tasas de producción pueden duplicarse si se cambia de maderas densas a maderas blandas o, a la inversa, se reducirá a la mitad si se va de madera blanda a densa.

Los cambios en las tasas de producción son importantes debido al impacto resultante en los costos variables y fijos, los requerimientos anuales de oferta maderable, y la capacidad de cumplir con los pedidos de la clientela. Los cambios en costos variables están inversamente relacionados con los cambios en la tasa de producción, dado que los costos unitarios son simplemente el costo variable por hora de la maquinaria y de la mano de obra dividido por la tasa de producción ($/hr ÷ m^3/hr = $/$m^3$). Si el cambio a EMC significa el procesamiento de madera más densa, las tasas de producción disminuirán y los costos variables aumentarán. A la inversa, un cambio a especies menos densas o a productos finales más grandes aumentará la producción y bajará los costos.

Las mayores tasas de producción se traducirán en mayor producción anual y mayor demanda de materia prima. La mayor producción anual tendrá un impacto positivo sobre los costos fijos expresados en base a volumen de producción por unidad al amortizarse los costos fijos anuales en un mayor volumen de producto vendido. Sin embargo, este tipo de cambio ejerce mayores demandas sobre el bosque, las cuales éste podrá o no cumplir. Las demandas excesivas podrán causar la sobreexplotación, que es obviamente inaceptable dada la justificación principal de la promoción de las EMC en los mercados. Las tasas menores de producción tendrán el efecto opuesto: demanda reducida sobre el bosque pero mayores costos fijos por unidad de volumen. La oferta y la

demanda de madera (rendimiento sostenido) desde el punto de vista del bosque se discute en mayor detalle en la sección sobre asuntos de manejo.

Un asunto relacionado es la capacidad del aserradero para cumplir con las demandas del cliente; punto que se discutió bajo mercadeo en el contexto de ***volumen mínimo***. La mayoría de los aserraderos y otras instalaciones de procesamiento en los países con bosques tropicales son pequeños, y si bien existen asociaciones de industrias que representan una mayor capacidad agregada, generalmente, los aserraderos compiten entre ellos y, por consiguiente, buscan mercados y clientes independientemente. Un elemento importante en la capacidad de atraer y servir clientes es la producción total anual de una especie dada, o más comúnmente, un producto en particular con especificaciones estrictamente definidas (por ejemplo: tablas de 1 pulgada, #1 común, con anchos de 6-10", largos de 8-12", especie X). Frecuentemente, los clientes están interesados solamente en los proveedores capaces de regular la entrega de un volumen mínimo, que en ciertos casos puede ser substancial. Si las tasas de producción disminuyen con el cambio a EMC, los aserraderos no podrán cumplir los requerimientos mínimos de entrega de volumen necesarios para satisfacer a los clientes. Por supuesto que se puede aumentar la capacidad mediante la instalación de más maquinaria, pero esto aumenta el nivel de inversión y puede causar demandas excesivas sobre el bosque. Por el contrario, si las tasas de producción con las EMC son más altas, se podrá lograr acceso a clientes anteriormente indiferentes.

Otro factor crítico desde el punto de vista del procesamiento es la forma en que los rendimientos de los productos cambian al procesar las EMC. Existen dos componentes para producir rendimientos que deben analizarse: calidad y cantidad. La cantidad se refiere al volumen de madera obtenido por unidad de volumen de tronca, que determina el llamado factor de recuperación de madera (FRM). El aumento en el FRM podrá producirse en el cambio a EMC si la variación de aserrío disminuye o, si en promedio, se aserra madera de mayor espesor. También será posible un FRM más alto si el promedio de tamaño de las troncas aumenta o si la especie tiene forma más uniforme o tiene menos pudrición. Un mayor FRM significa una mayor producción de madera por unidad de tiempo, lo cual reduce los costos variables y, debido a que también se produce más madera anualmente, los costos fijos por unidad de volumen también disminuyen. Obviamente si el FRM disminuye por razones opuestas, los costos se incrementarán. Otro factor que es importante considerar son los cambios en lo que se podría definir aproximadamente como el FRM "efectivo" (pies tablares de madera *comercializable* por metro cúbico de tronca). Si bien físicamente será posible lograr FRM más altos (troncas grandes, uniformes), si las calidades inferiores o las dimensiones más pequeñas no se pueden vender entonces el mejor rendimiento (FRM) no tendría sentido.

El rendimiento de calidad es la proporción relativa de las varias calidades de madera producidas a partir de las troncas aserradas. También se deben tomar en cuenta otros factores de "calidad" que afectan el precio, tales como el ancho en el caso de tablas. La calidad de la madera puede cambiar mediante el cambio de especies debido a varias razones. Las troncas de mayor tamaño normalmente rinden una mayor proporción de madera de alta calidad y mayor ancho, de modo que si el tamaño promedio de las troncas aumenta, se podrán esperar mejores rendimientos de calidad. La proporción de pudrición, la susceptibilidad a mancharse durante el almacenamiento ya sea como tronca o madera, y la propensión a los defectos de procesamiento son otros ejemplos de factores que afectan el rendimiento de calidad y que pueden variar considerablemente entre las especies. La variación en cuanto a calidad de la madera afecta los ingresos netos o flujos de caja positivos periódicos, a través de cambios en los precios.

El factor final que se debe mencionar con respecto a la perspectiva de procesamiento es la ***capacitación***. Los trabajadores de los aserraderos podrán requerir capacitación sobre los métodos apropiados para el procesamiento y la manipulación de especies nuevas. En ciertos casos esto significará contratar servicios de asistencia técnica de una organización externa, si ésta cuenta con la experiencia necesaria, o enviar al personal a talleres, cursos cortos o seminarios de capacitación. En estos casos se producirán costos directos relacionados con la capacitación. En la mayoría de los casos, sin embargo, se incurrirá en costos indirectos a través de menor producción, madera mal aserrada, pérdidas innecesarias de calidad y otros defectos de procesamiento, mientras los trabajadores aprendan a procesar las especies nuevas. Se puede esperar que estos problemas disminuyan con el tiempo, pero por lo menos durante el primer año se deben reducir los flujos de caja, de modo que reflejen estos costos.

En resumen, con el fin de formular el problema de incremento de inversión referente al mercadeo de EMC, es útil separar las funciones de mercadeo y procesamiento al elaborar los flujos periódicos de caja. En el análisis de temas de mercadeo, la tarea es identificar cualquier ***cambio*** de costos y precios de productos a través del tiempo que sean una consecuencia directa de la producción y venta de EMC. Los principales factores que se revisan en el presente documento y que podrían causar dichos cambios se presentan en el Cuadro 1. Se recomiendan estimaciones conservadoras tanto para costos como para precios de productos, para garantizar que los retornos potenciales no sean sobreestimados. Se puede y se debe aplicar análisis de sensibilidad tanto a las cifras de costos como a los precios para explorar los efectos de la variación en flujos estimados de caja sobre las tasas de retorno. Esto se demuestra en el presente estudio de caso. Los analistas deberán considerar cuidadosamente todos los factores discutidos anteriormente, además de cualquier otro que sea aplicable, para garantizar que todos los cambios sean estimados de un modo realista y que se incluyan sus impactos sobre los flujos de caja. Tal como lo menciona Harpole (1978), los principales errores en el análisis de inversiones se

producen más por ignorar u olvidar algún factor clave que por sobre o subestimar su impacto.

La perspectiva del bosque

Desde el punto de vista del bosque, el mercadeo de EMC tiene éxito si conlleva a tasas aceptables de retorno a partir de prácticas de manejo forestal requeridas para conservar suficientes existencias en crecimiento como para regenerar los bosques y continuar ofreciendo los demás beneficios que los bosques brindan a toda la sociedad[1]. En efecto, para que un programa de mercadeo sirva como verdadero incentivo para la conservación de la cobertura boscosa, sus tasas de retorno deberán ser mayores a las de cualquier esquema de manejo forestal alternativo, incluyendo prácticas actuales o liquidación, o será necesaria la regulación gubernamental para garantizar que los usuarios del bosque se atengan a las prácticas adecuadas. El juzgar el éxito de la perspectiva del bosque, entonces, requiere definir primero lo que constituye *prácticas de manejo* apropiadas y evaluar su impacto ambiental, para luego determinar los *retornos financieros* potenciales.

Prácticas de manejo

El cambio parcial o total hacia la producción de EMC requiere cambios en prácticas forestales, los cuales deben evaluarse en dos niveles para garantizar que éstos conlleven al uso sostenible y retornen los otros beneficios no maderables que se demandan del bosque en cuestión. A nivel de rodales, bloques de corta o unidades de tratamiento, el cambio a EMC significa un cambio en las especies que serán aprovechadas y, posiblemente, la intensidad de corta, la preparación del lugar pre y post-aprovechamiento, las actividades de cuidado y su programación (siembra, raleos no comerciales), y la programación de la próxima entrada comercial (largo del ciclo de corta). Combinadas, la programación y naturaleza de estas actividades, incluyendo el aprovechamiento comercial, conforman la prescripción silvicultural para un rodal dado. Por consiguiente, se deben concebir nuevas prescripciones para el espectro completo de tipos de bosque y las mismas deberán ser evaluadas en base a criterios de sostenibilidad. El principal criterio para la madera es, por supuesto, el rendimiento sostenido a largo plazo, pero por definición éste incluye la creación de condiciones necesarias para la regeneración exitosa de las especies deseadas, existencias no agotadas y control (no necesariamente erradicación) de la vegetación indeseable. El grupo de criterios aplicados a nivel de rodal debe contener también medidas de impacto ambiental o ecológico que deben incluir como mínimo alteración del suelo, erosión y sedimentación, o sus opuestos, prácticas de conservación de suelos y daños indeseados al bosque residual en crecimiento. Dependiendo del bosque, los criterios en esta dimensión deberán incluir también protección de hábitat (por ejemplo conservación de árboles para la anidación), protección de la calidad del agua (por ejemplo manejo de zonas ribereñas especializadas) o preservación de ciertas cualidades estéticas.

El diseño de prescripciones silviculturales y su evaluación en base a criterios de sostenibilidad implica la aplicación de técnicas corrientes de manejo forestal. En los bosques mixtos tropicales, la norma es definir y aplicar las llamadas prescripciones policíclicas, que emplean la corta parcial en toda el área (generalmente cierta forma de manejo de selección). De forma ideal, se utilizan modelos de crecimiento y rendimiento para ayudar al diseño mediante la determinación cuantitativa del largo de los ciclos de corta y las intensidades de aprovechamiento que cumplen con los criterios de sostenibilidad para madera. Vanclay (1994) presenta una excelente revisión de modelos de crecimiento y rendimiento en bosques mixtos tropicales, y Howard y Valerio (1992, 1996), Howard (1993) y Howard *et al.* (1996) emplean este tipo de modelo para el diseño de prescripciones silviculturales que cumplan con los criterios de sostenibilidad para bosques húmedos neotropicales. Este enfoque permite también calcular el volumen y posiblemente el perfil de troncas por especie o grupos de especies extraídas de distintos rodales (tipos de bosque) en cada entrada comercial. Los detalles sobre rendimientos maderables periódicos son necesarios para evaluar la sostenibilidad de las prácticas forestales al segundo nivel que se discute a continuación.

La evaluación de impactos ambientales o ecológicos de las prescripciones silviculturales a nivel de rodales es más difícil. Se han propuesto y utilizado métodos para la estimación de daños al bosque residual en crecimiento en operaciones forestales (Howard y Valerio 1992, 1996; Howard 1993, Howard *et al.* 1996). La medición de otros impactos hasta la fecha ha sido principalmente cualitativa, por ejemplo, la designación de zonas ribereñas de amortiguamiento, especificaciones para la conservación de árboles para la anidación, ubicación adecuada de caminos y patios de acopio, y aplicación de otras prácticas de conservación de suelos. En bosques designados exclusivamente para la producción maderable, estas medidas quizás sean suficientes; sin embargo, en bosques manejados activamente para otros usos, se justificará el uso de técnicas más cuantitativas.

El segundo nivel en que la estrategia de producción y mercadeo de EMC debe juzgarse es el bosque o nivel de unidad de manejo. El bosque o unidad de manejo es el área agregada bajo manejo, compuesta por varios rodales y

[1]Se supone en este documento que los bosques de interés han sido asignados a la producción de madera o al manejo de uso múltiple incluyendo aprovechamiento, ya sea por el estado o propietarios privados, y que el resto de los bosques designados como parques, reservas ecológicas u otra forma de áreas protegidas son los principales vehículos para la conservación de biodiversidad. No se implica que la producción maderera o los bosques de uso múltiple no tienen un papel importante en una estrategia integrada de conservación de la diversidad, sin que éste no es su propósito principal.

tipos de bosque, a los que administrativamente se refiere con varios nombres incluyendo entre éstos: concesión, licencia para plantaciones o acuerdo para el manejo forestal. Las prácticas forestales en este nivel cambiarán como resultado de cualquier cambio hacia el procesamiento de EMC por dos razones. Primero, tal como se indica en la sección sobre procesamiento, las tasas de producción de los aserraderos cambiarán si las EMC tienen diferente densidad, líneas de producto, o ambas y por consiguiente la capacidad anual del aserradero también cambiará. Esto significa que las demandas anuales de la oferta maderable sobre el bosque cambiarán y, por consiguiente, la programación espacial y temporal del aprovechamiento deberá ser reevaluada.

La segunda razón es que debido a que el grupo de prescripciones silviculturales aplicadas a los varios tipos de bosque y rodales varía, es muy probable que los rendimientos maderables periódicos también varíen. Esto significaría que una hectárea de bosque del rodal tipo A que anteriormente tenía un rendimiento de, por ejemplo, 20 m^3 de madera comercializable de especies conocidas, ahora podrá producir 30 m^3 de especies conocidas y menos conocidas, o quizás sólo 10 m^3 de EMC pues las existencias en crecimiento de especies conocidas estarían agotadas. Dada una capacidad anual fija de aserrío, los menores rendimientos significan que se deberá cortar una mayor área para cumplir con la demanda y los mayores rendimientos significan que se necesita cortar una menor área. La combinación de cambios en la capacidad anual de producción y variación en los rendimientos maderables periódicos complica considerablemente el problema de programación de aprovechamiento.

El diseño de los cronogramas de aprovechamiento de un bosque es la determinación de niveles sostenibles (corta anual permisible), de modo que por definición conlleva al cumplimiento de criterios de sostenibilidad para la producción maderable. Sin embargo, no garantiza la satisfacción de las demandas anuales del aserradero. Si, por ejemplo, las demandas aumentan debido al procesamiento de especies más blandas o a la producción de madera de mayores dimensiones, o a ambos, pero la oferta disminuye debido al bajo nivel de existencias y/o tasas de crecimiento de las nuevas especies, se puede producir un déficit de oferta forzando a la reducción de la producción planificada o a la búsqueda de ofertas alternativas con la posibilidad de ejercer presión en áreas protegidas incluidas. El desequilibrio pronunciado entre oferta y demanda puede requerir la selección de otras especies para el programa de mercadeo o aún el abandono total del plan. A la inversa, si la capacidad anual de aserrío disminuye debido al procesamiento de especies más densas, o a la producción de madera de menores dimensiones, o ambos, pero la oferta aumenta debido a mayores existencias y/o tasas de crecimiento, podría producirse un superávit. Dicha condición podría permitir la venta de troncas sobrantes a otros aserraderos con el respectivo potencial de incremento de ingresos o a una reducción del área de bosque asignada a la producción maderable (mayores áreas protegidas incluidas).

La definición de criterios sobre impacto ambiental o sostenibilidad ecológica a nivel de bosque es quizás aún más difícil que a nivel de rodal. Se debe recalcar que, dependiendo de si el bosque se maneja exclusivamente para la producción maderable o si su uso es múltiple, estos criterios variarán considerablemente. En cualquiera de los dos casos, los métodos actuales pueden expresar cuantitativamente metas o requerimientos para ciertas prácticas, pero estas medidas generalmente son substitutos de la evaluación directa de los niveles de "producción" de los recursos de interés. Por ejemplo, la sostenibilidad ecológica de ciertas especies de grandes mamíferos se puede especificar como área total requerida mantenida continuamente en varios estados de sucesión ecológica de lugares tratados y no tratados, en vez de una medida directa del tamaño y el estado de salud de la población. Como mínimo, los planes a nivel de bosque deberán incluir designaciones explícitas de las áreas protegidas incluidas, que cumplan con las leyes, regulaciones y prácticas normativas en efecto.

Existe una variedad de métodos para la programación temporal y espacial del aprovechamiento forestal a nivel de bosque. Frecuentemente la programación del aprovechamiento se combina con la programación en el tiempo y el espacio de otras actividades de manejo tales como la siembra y el cuidado, las cuales se clasifican en general como planificación de manejo forestal. Davis y Johnson (1987) hacen una revisión de estos métodos, los cuales normalmente implican el uso de modelos computarizados basados en la simulación y la programación lineal. Howard (1993) demuestra el uso del enfoque de revisión área-volumen usando una formulación de programación lineal para bosques mixtos neotropicales pequeños. Para el estudio de caso que se presenta a continuación, se simplificó considerablemente el problema en favor de la brevedad, asumiendo sólo un tipo de bosque y rodales uniformes, lo cual permite el uso de un enfoque simple basado en área para la programación del aprovechamiento.

Retornos financieros

Anteriormente se menciona que para tener éxito desde la perspectiva del bosque, cualquier plan de uso de EMC debe ofrecer una tasa de aceptable de retorno que sea mayor a las posibles mediante prácticas actuales y cualquier otra opción viable de manejo. La liquidación mediante la tala rasa comercial en una o varias entradas puede ser una alternativa viable en tierras privadas o públicas si las regulaciones y/o la aplicación de la ley es laxa o no existe. Por consiguiente, la evaluación de retornos financieros potenciales no sólo incluye las prácticas de manejo a nivel de rodal y bosque diseñadas para cumplir criterios de sostenibilidad, sino también cualquier alternativa viable. Fundamentalmente, el proceso no es distinto del descrito para el cálculo de retornos posibles desde las perspectiva del aserradero. Sin embargo, una

diferencia importante radica en la duración del horizonte de planificación que se use. Para las instalaciones de procesamiento, el horizonte de planificación normalmente equivale a la vida útil de las instalaciones, que puede extenderse por 5, 10 o quizás 20 años. Los inversionistas se enfocan en maximizar el retorno de las inversiones en edificios y maquinaria durante su vida útil, pues los retornos producidos fuera de este marco de tiempo requerirán mayor inversión de capital bajo circunstancias altamente imprevisibles. En contraste, el horizonte de planificación desde la perspectiva del bosque es mayor dado el objetivo principal de mantenimiento de la cobertura boscosa a perpetuidad. Como mínimo deberá extenderse durante un ciclo de corta del tipo dominante de bosque. Teóricamente debería durar hasta que el bosque haya pasado de estado no manejado (sin regulación en terminología de manejo forestal) a manejado (totalmente regulado) y se haya logrado el rendimiento sostenido a largo plazo. Esto podrá abarcar hasta 5 ciclos de corta, con una duración de 30 años o más por ciclo o un total de 150 años (Howard y Valerio 1992, Howard 1993).

En el estudio de caso presentado en este trabajo se adoptaron los métodos aplicados por Howard y Valerio (1996) y Howard *et al.* (1996) para el análisis de posibles retornos financieros desde la perspectiva del bosque. Esto requiere la determinación de los flujos periódicos netos de caja del aprovechamiento y otras actividades de manejo y el descuento para producir un valor presente neto. Los flujos netos de caja se calculan para cada tipo de bosque, primero a nivel de rodal. El flujo neto agregado de caja para el bosque se calcula simplemente multiplicando el área cortada anualmente en cada tipo de bosque por el flujo neto de caja apropiado y haciendo luego una suma total. Las sumas anuales son entonces descontadas para obtener el valor actual neto desde la perspectiva del bosque.

Estudio de caso

Se aplicaron las dos metodologías mencionadas anteriormente para las perspectivas del aserradero y el bosque a un estudio de caso en una concesión ubicada en las tierras bajas de Bolivia. El bosque abarca un total de 90,000 hectáreas (72,000 en bosque de producción y 18,000 en áreas protegidas) estratificadas en dos tipos principales de bosque, sin embargo, por razones de simplicidad, se asume que todo el bosque contiene un solo tipo. Se comienza con la descripción de las prescripciones silviculturales y el modelo de crecimiento y rendimiento usados en el estudio. El rendimiento periódico maderable y la forma en que éste se distribuye en las distintas clases de densidad son necesarios para estimar las tasas anuales de producción del aserradero, las cuales se usan a su vez para estimar los costos variables de producción. Esto va seguido por una explicación de la forma en que se calcula la producción anual del aserradero en los tres distintos escenarios de manejo. Finalmente, se presenta un análisis de los detalles sobre la aplicación de los dos métodos de análisis de retornos financieros potenciales desde la perspectiva del aserradero y el bosque.

Prescripciones silviculturales y modelo de crecimiento y rendimiento

Se especificaron tres alternativas de prescripciones silviculturales para el bosque: una que representa la forma de corta si se adopta un programa de mercadeo de EMC, y las otras dos representan distintas interpretaciones de prácticas actuales. Para la prescripción de EMC, las especies halladas en datos de inventario recolectados en el tipo dominante de bosque se dividieron en cuatro clases comerciales. Las tres primeras clases contienen las 14 especies enfocadas en el programa de mercadeo (ver Cuadro 1), categorizadas de acuerdo a la fuerza y/o existencia de mercados en la actualidad. Este tipo de categorización no es necesario para la prescripción de EMC, pero sí se requiere para las dos prescripciones designadas para elaborar un modelo de las prácticas actuales, tal como se explica a continuación. La información sobre rodales y existencias se introdujo al modelo de crecimiento y rendimiento elaborado por Howard y Valerio (1992), adaptada para permitir el modelado de clases separadas. Se escogió un límite modificado de diámetro de corta para la prescripción de EMC, en el cual los árboles con Dap de 90 cm o mayor y 80% de los árboles entre 50 y 90 cm se eliminaron de las primeras tres clases en cada entrada. Se asumió que el 20% de los árboles con Dap entre 50 y 90 cm, proveerá la semilla necesaria para asegurar la regeneración satisfactoria de las especies enfocadas. Las simulaciones repetidas de esta prescripción muestran la necesidad de un ciclo de corta de 30 años para evitar el agotamiento de las existencias en crecimiento (producir un rendimiento sostenible).

Se simuló la prescripción usando el modelo de crecimiento y rendimiento en cinco ciclos de corta y crecimiento (150 años en total) con la entrada inicial inmediatamente. Los resultados de la simulación se muestran en el Cuadro 2, y si bien en sí representan resultados interesantes, el interés en este trabajo se enfoca en su uso para la exploración de retornos financieros potenciales desde la perspectiva del aserradero y el bosque, por lo que no se discuten en detalle. Los dos principales puntos de importancia son: primero, que esta prescripción preserva las existencias en crecimiento de las cuatro clases, ya que el número de árboles, el área basal y el volumen comercial se recuperan hasta alcanzar sus niveles iniciales después de cada período de crecimiento. Segundo, el volumen aprovechado por hectárea varía entre aproximadamente 8.0 y 14.0 m^3/ha y parece estabilizarse en alrededor de 11.0 m^3/ha en las dos entradas finales.

La segunda prescripción fue diseñada para elaborar un modelo de prácticas actuales, las cuales implican el aprovechamiento selectivo de sólo siete especies. Esta prescripción implica la aplicación de un límite simple de diámetro de corta de 50 cm con un ciclo de corta de 20

años. Este ciclo se requiere con el fin de generar un volumen suficiente como para cumplir con la demanda anual del aserradero, la cual se explica en la siguiente sección. Se determinó el volumen aprovechado en cada corta en aproximadamente 3.0 m^3/ha, reflejando las prácticas actuales. Se cortaron árboles de las especies de las Clases 2 y 3 según las necesidades de entradas posteriores para equilibrar los déficits debidos al volumen insuficiente en la Clase 1 con dap mayor a 50 cm, con el fin de obtener el volumen anticipado.

Los resultados de la simulación de esta prescripción se muestran en el Cuadro 4, y nuevamente el principal interés radica en los rendimientos maderables periódicos y su efecto sobre las existencias en crecimiento. En cuanto a esto último, esta prescripción causa una ligera reducción de las existencias totales, pero disminuye substancialmente las tres primeras clases comerciales. Dado que todos los árboles grandes se sustraen continuamente de estas clases, existe preocupación sobre si estas especies podrán regenerarse naturalmente, aún a los bajos niveles asumidos en el modelo. Los rendimientos maderables de esta prescripción son constantes en todo el horizonte de planificación según el diseño y promedian alrededor de 3.0 m^3/ha. Las cifras que se muestran en el cuadro se usan para todos los análisis financieros que se presentan a continuación.

Producción anual

Ambas prescripciones conllevan a distintos niveles de producción en el aserradero, debido a la variación en la densidad entre las especies aprovechadas y las proporciones relativas (volumen) de cada clase de densidad cortada en cada entrada. Tal como se describe anteriormente, la producción del aserradero será menor cuando se procesen especies más densas y mayor con especies menos densas. Se usaron datos de estudios de tiempo, recolectados en un aserradero similar al del estudio de caso con el fin de adecuar ecuaciones para predecir el tiempo de procesamiento en función al diámetro de las troncas. Se dispuso de datos de sólo dos clases de densidad, mediana (<0.70 gr/cm^3) y dura (0.71-0.90 gr/cm^3). Se asumió que el tiempo de procesamiento de las especies muy duras (densidad > 0.90 gr/cm^3) es 33% mayor que para las especies duras. Se usaron los resultados del modelo de simulación de crecimiento y rendimiento para generar una población de troncas para las cortas iniciales de cada escenario de manejo. El volumen cortado durante la primera entrada se distribuyó entre las tres clases de densidad de acuerdo a la proporción relativa de especies de cada clase hallada en el inventario inicial. Se calculó un promedio ponderado de tiempo de producción por hectárea de árboles aprovechados para la entrada inicial de cada escenario de manejo usando las ecuaciones, los diámetros de tronca y la proporción de volumen de cada clase de densidad. El tiempo total de procesamiento se dividió por el volumen total de una tasa dada de producción en m^3 de tronca por hora de tiempo productivo. Estas cifras fueron luego ajustadas al tiempo programado para el aserradero asumiendo un 50% de tiempo no productivo por recesos según cronograma, mantenimiento y reparaciones, y demoras al azar.

El total de horas programadas (HP) por año en el aserradero del estudio de caso es 2080, calculadas de la siguiente manera: 10 horas por turno, 1 turno por día, 26 días por mes y 8 meses por año. Este número se multiplicó por la productividad por horas programadas de maquinaria para obtener la producción total anual (o consumo de troncas) en m^3. La producción anual de madera se estimó suponiendo un factor de recuperación de 200 pt de madera aserrada por m^3 de tronca. El área total de bosque cortada anualmente para cada escenario de manejo se calculó dividiendo la demanda anual total de troncas por el volumen aprovechado por hectárea durante la primera entrada. Para el escenario de manejo que representa las prácticas actuales, se determinó la duración del ciclo de corta mediante la división del área total de bosque productivo por el área cortada anualmente (72,000 ha ÷ 3186 = 22.5 o aproximadamente 20 años).

Los rendimientos por hectárea son constantes entre cortas para el escenario que representan las prácticas actuales, de modo que la demanda anual se mantiene sin cambios a lo largo del horizonte de planificación. Los rendimientos por hectárea de la opción de EMC varían entre cortas, siendo la primera entrada la que menor volumen produciría. Se usó este volumen para los cálculos financieros desde la perspectiva del bosque, lo cual conlleva a sobrestimaciones (conservadoras) de los costos de construcción de caminos en las cortas 2-5. Todas estas cifras se reportan por escenario de manejo en el Cuadro 5 y las que representan prácticas actuales se comparan favorablemente con resúmenes estadísticos de demanda anual y producción del aserradero durante los últimos años. El cambio a especies más densas relacionado con el procesamiento y mercadeo de EMC reduce la productividad en sólo un 3.2%, en otras palabras, hubo muy poco cambio en el perfil de densidad de madera en comparación con las prácticas actuales.

Perspectiva del aserradero

Se aplicó un análisis de incremento de inversión al aserradero del estudio de caso, tal como se describe anteriormente. Se obtuvo información detallada de costos del aserradero, la cual se usó para calcular costos fijos y variables por unidad de todas las actividades requeridas para el proceso de producción incluyendo silvicultura, aprovechamiento y transporte de troncas, construcción de caminos, procesamiento, y mercadeo. Los datos detallados de costos son confidenciales, por lo que no se muestran. Los costos anuales de construcción de caminos se estimaron en $450/km y la densidad de caminos en 16.7 m/ha, por lo que la opción de EMC tiene una significativa ventaja sobre las prácticas actuales, ya que cada año se corta se corta un área menor. Los costos variables de procesamiento se estimaron mediante la división del costo

variable por hora de funcionamiento del aserradero entre la tasa neta de productividad que se muestra en el Cuadro 5.

Los precios actuales de madera y los rendimientos promedio de calidad se obtuvieron del aserradero (ver Cuadro 6). Los precios que se muestran en el perfil de EMC corresponden a madera "certificada" y se obtuvieron de la empresa Sylvania Forestry de los EE. UU., que cuenta con clientes en los EE. UU., Alemania, Suecia y el Reino Unido. Se invocó un número de, lo que podría considerarse, suposiciones heroicas sobre precios del mercado para EMC. Primero, se asumió que sólo se vendería madera #1 común y mejor a clientes internacionales dispuestos a pagar sobreprecios por madera certificada. Segundo, se asumió que las 14 EMC podrían venderse al mismo precio. Finalmente, se asumió que existiría un mercando interno inmediato para todas las calidades menores de madera de EMC. Estas suposiciones son sin duda optimistas, si bien existe cierta evidencia que indica que podrían ser razonables en la práctica. Su efecto neto es sobreestimar los posibles retornos financieros de la opción de EMC.

Los incrementos de flujo de caja se calcularon para la opción de EMC en comparación a las prácticas actuales (ver Cuadro 7). Para el caso base, se estimó el incremento de inversión en $250,000, suponiendo que se produciría en el año cero. Este incluyó dinero para la compra de maquinaria nueva para el afilado de sierras, una nueva sierra, dos hornos de secado, capacitación y mercadeo promocional. Los costos variables se calcularon simplemente multiplicando la demanda anual total (producción) de troncas por los costos variables por unidad de volumen estimados para cada fase. Los ingresos netos se calcularon determinando primero el volumen de cada calidad de madera mediante la aplicación de los porcentajes que aparecen en el Cuadro 6 a la producción anual total de madera que se muestra en el Cuadro 5 y luego multiplicándolo por el precio apropiado extraído del Cuadro 6. Se asumió que la madera certificada vendida para la exportación (#1 común y mejor) incurriría en una comisión por ventas del 5% incluyendo madera de los dos escenarios que muestran prácticas actuales, cuando se consideran también certificables.

Los flujos anuales netos de caja se calcularon para el aumento de inversión requerido para las EMC en comparación con los dos escenarios que representan las prácticas actuales, usando los datos que se muestran en el Cuadro 7. Se asumió que todas las inversiones ocurrirían durante el año cero (inmediatamente) y los flujos anuales netos de caja de los siguientes cinco años se calcularon simplemente como la diferencia entre ingresos netos y la suma de todos los costos fijos y variables. Se ignoraron tanto la inflación como los impuestos y se asumió que el valor de la adquisición de maquinaria fue cero después de cinco años. El valor actual neto (VAN) fue calculado mediante el descuento de los flujos netos de caja con tasas distintas hasta que el valor actual neto se igualó a cero.

Se aplicó análisis de sensibilidad para explorar el efecto de varios factores clave sobre la TIR (ver Cuadro 8). Primero, se asumió que las prácticas actuales también son certificables, si bien este parece no ser el caso dados los resultados de la simulación de crecimiento y rendimiento, que borran el sobreprecio con el que cuenta el perfil de EMC. En este caso, se usaron precios de $1.35 y $1.10 por pt de madera de calidad #1 y #2 común respectivamente, para las prácticas actuales. El perfil de EMC implica la producción de piezas para pisos que no se podrían fabricar sin inversión en maquinaria nueva, de modo que se usaron precios para madera certificada estándar #1 y #2 común, los cuales se obtuvieron de la misma fuente. Segundo, se asumió que el perfil de EMC tendría que pagar todos los impuestos basados en superficie, sobre la totalidad de las 90,000 ha de concesión. En el caso base se asumió que se pagarían impuestos sólo sobre el área total requerida para proveer al aserradero dados los rendimientos maderables dados y el ciclo de corta, con ajustes de un 20% por el área protegida. Tercero, se redujo el FRM en un 11% para el perfil de EMC (de 170 a 160) para explorar el efecto de los menores rendimientos de calidad debidos a la menor uniformidad de troncas. Cuarto, se redujo la utilización del aserradero en un 10% (de 65% a 55%) para así reflejar los mayores períodos de inactividad por causa del procesamiento de troncas más pesadas y los cambios de disposición de sierras y otros ajustes de la maquinaria debidos a la variabilidad en la densidad de la madera y la mezcla del producto. También se determinó el precio mínimo que el perfil de EMC debería obtener para la madera de calidad de exportación con el fin de que la inversión produzca una TIR DEL 18%, la cual según Howard *et al.* (1996) es la tasa alternativa real de retorno.

Los resultados muestran que el incremento de inversión requerido para el procesamiento y mercadeo de EMC excede a la tasa alternativa de retorno del caso base con un margen considerable. Esto significa que a condición de que las suposiciones hechas sean válidas, sería conveniente para el aserradero del estudio de caso efectuar la inversión requerida y cambiar al procesamiento de las 14 especies que aparecen en el Cuadro 2. Sin sobreprecio, o puesto de otro modo, si las prácticas actuales de aprovechamiento son certificables, los cambios en cuanto a decisiones de inversión, dados los VAN se encuentran por debajo de la tasa alternativa de retorno, y de hecho es altamente negativa. Sin embargo, cuando la utilización de maquinaria baja a un 55%, la inversión no se justifica. Se determinó que el precio de equilibrio para la madera de calidad de exportación es de $1.04/pt.

Perspectiva del bosque

Los flujos netos de caja para el análisis de retornos financieros potenciales desde la perspectiva del bosque se calcularon mediante la inclusión de la depreciación de la maquinaria como costo fijo que sirve para anualizar el costo de la inversión inicial tanto incremental como residual. Se supone que el concesionario mantendrá, como promedio, el nivel de inversión en capital depreciable durante el horizonte de planificación. Se usó un horizonte

de planificación de 100 años, que corresponde al período total de simulación del perfil de prácticas actuales. Se asumieron ganancias normales de 15% sobre la inversión total. Las inversiones capitales no depreciables en capacitación y promoción de mercados se consideraron como costos únicos que ocurrirían durante el primer año. Los flujos anuales netos de caja se calcularon como los ingresos brutos menos los costos fijos y variables y ganancias normales, de modo que en realidad representan ganancias adicionales. En este caso, el valor actual neto de cada escenario de manejo se calculó con dos tasas de descuento (15 y 20%) y se expresa como totales y valores por hectárea. Es de esperarse que los concesionarios busquen el escenario de manejo que conlleve a las mayores ganancias adicionales obtenibles o la opción que produzca el mayor VAN.

Los resultados del análisis de retornos financieros potenciales desde la perspectiva del bosque son parecidos a los que se muestran para el aserradero (ver Cuadro 9). En el escenario del caso base, el mercadeo de EMC produjo el mayor VAN y, por consiguiente, es la inversión preferida. Si no se obtiene sobreprecio por la madera #1 común producida con EMC o si el manejo forestal bajo cualquiera de los escenarios que representan las prácticas actuales es certificable, entonces se prefieren las prácticas actuales y se invierte la decisión de inversión.

Tanto el pago de impuestos por la totalidad de la concesión, como el FRM no producen resultados distintos de los que se muestran para la perspectiva del aserradero. En ambos casos, el perfil para EMC es superior. La menor utilización del aserradero redujo substancialmente el VAN del perfil de EMC, pero esta opción sigue siendo superior. Las diferencias de contabilidad explican la variación en cuanto a resultados en los dos análisis financieros.

Cuando se considera el incremento de inversión en EMC desde la perspectiva del bosque, es también importante tomar en cuenta el impacto ambiental de las distintas opciones de manejo. Tal como se señala anteriormente, se requiere un área considerablemente menor para aprovisionar al aserradero dada su capacidad instalada bajo la opción de manejo de EMC. Esto se traduce en mucho menos caminos, lo cual representa quizás el impacto ambiental más grave sobre los bosques. Una menor área bajo producción maderable también significa mayor área disponible para áreas protegidas incluidas tales como humedales, zonas ribereñas y reservas sin tocar como base de información sobre estructura y dinámica de rodales. El daño al bosque residual por hectárea es mayor bajo la opción de EMC, pero a condición de que la capacidad instalada del aserradero no cambie, las pérdidas totales son menores a 1/3 de las resultantes de la corta secuencial altamente selectiva. La práctica intensiva de manejo forestal para la producción maderable en zonas concentradas y dejando intactos e inaccesibles bosques extensos para áreas protegidas y reservas es sin duda la opción preferida ambientalmente en vez del aprovechamiento extensivo de baja intensidad, que perturba continuamente áreas extensas y provee acceso fácil al avasallamiento por parte de cazadores furtivos y colonos mediante una extensa red de caminos.

Conclusiones y recomendaciones

La elaboración de un programa de mercadeo para EMC puede representar, bajo ciertas condiciones, una buena inversión desde la perspectiva de los propietarios de aserraderos. Deberá contarse con sobreprecios substanciales para la totalidad de especies aprovechadas y procesadas con respecto a las especies tradicionalmente procesadas en el aserradero y la inversión requerida deberá ser relativamente pequeña. Si dichos sobreprecios no son realistas, la inversión en EMC es una mala idea aún con los bajos niveles requeridos de inversión.

Desde la perspectiva del bosque, las conclusiones son fundamentalmente las mismas. A condición de que existan sobreprecios y que la inversión requerida sea pequeña, el manejo forestal enfocado en EMC es una buena idea desde el punto de vista financiero. También tiene ventajas ambientales considerables incluyendo menos caminos, menor daño total al bosque residual en crecimiento y mucho menos área bajo manejo forestal intensivo para la producción maderable, lo cual deja una mayor área para bosques de protección. Las ventajas ambientales se anularían si los concesionarios deciden aumentar capacidad y poner todo el bosque bajo manejo intensivo, para lo cual existe un considerable incentivo dado que las ganancias totales aumentan considerablemente. Si, por otra parte, no existen sobreprecios, entonces las prácticas actuales de aprovechamiento secuencial, altamente selectivo en áreas extensas es la opción preferida financieramente, sin embargo el impacto ambiental de esta alternativa es mucho mayor. La misma tentación de aumentar capacidad y acortar ciclos de corta que aumentaría las ganancias totales se aplica a esta opción de manejo. Al margen de la opción de manejo que se escoja en última instancia, el control de las operaciones forestales y la aplicación de leyes y regulaciones aplicadas al manejo forestal son una tarea necesaria para garantizar un impacto ambiental mínimo y promover la sostenibilidad.

Bibliografía

Harpole, G.B. 1978. CASHFLOW: A computer program for the analysis of investments in the sawmill industry. USDA Forest Service Res. Pap. FPL-305, 24 pp.

Howard, A.F. and Valerio, J. 1996. Financial returns from sustainable forest management and selected agricultural land-use options in Costa Rica. Forest Ecology and Management 81:35-49.

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

Lutzig, P. Morck, R., and Schwab, B. 1994. Managerial Finance in a Canadian Setting. 5th ed., Butterworth and Co. Toronto.

Vanclay, 1994. Modelling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forests. CAB International, Wallingford, UK, 312 pp.

Cuadro 1. Resumen de Factores que Conllevan a Cambios en los Costos e Ingresos del Aserradero

MERCADEO	
volumen mínimo -	producción anual requerida para el servicio a los consumidores.
número de especies -	más especies complican el proceso de mercadeo.
mezcla del producto -	mayor variedad de productos aumenta los costos de mercadeo.
costos promocionales -	recopilación de información, pruebas, preparación de folletos, muestras de madera; ferias del rubro, conferencias; giras para compradores potenciales.
servicio de cuentas -	costos anuales relacionados con el mantenimiento de clientes nuevos.
precios -	los precios de EMC pueden ser difíciles de estimar; la certificación puede brindar sobreprecios o acceso al mercado.
PROCESAMIENTO	
número de especies -	más especies complican el procesamiento, aumentando los costos.
características físicas -	la densidad y la trabajabilidad de la madera afectan las tasas de procesamiento y el rendimiento de productos.
mezcla del producto -	los productos de mayores dimensiones aumentan la producción, los productos de menor tamaño disminuyen las tasas de producción; la mayor variedad complica el procesamiento e incrementa los costos.
maquinaria nueva -	se podrá requerir inversión en maquinaria nueva para adecuarse a los cambios en características físicas o mezcla del producto.
tasas de producción -	los cambios en calidad de tronca, tamaño y densidad afectan la cantidad procesada.
rendimiento del producto -	los cambios en calidad de tronca, tamaño, densidad y mezcla del producto afectan tanto los rendimientos de cantidad (FRM) como de calidad (recuperación de calidad).
capacitación -	la capacitación formal e informal del personal del aserradero sobre los métodos requeridos para el procesamiento de especies nuevas.

Cuadro 2. Clasificación de Especies por Clases Comerciales

	Nombre Común	Nombre Científico	Densidad, clase (g/m^3)
Perfil EMC Clase 1			
	Cedro	*Cedrela fissilis*	media (0.5)
	Morado	*Machaerium scleroxylon*	muy dura (1.0)
	Picana Negra	*Cordia alliodora*	muy dura (1.0)
	Roble	*Amburana cearensis*	media (0.43)
	Tajibo	*Tabebuia chrysantha*	dura (0.85)
Clase 2			
	Curupaú	*Anadenanthera sp.*	dura (0.85)
	Cuta	*Phyllostyllum rhamnoides*	dura (0.79)
	Jichituriqui	*Aspidosperma sp.*	dura (0.73)
	Sirari	*Peltogyne sp.*	muy dura (0.98)
	Tasaá	*Poeppigia procera*	dura (0.75)
	Verdolago	*Calycophyllum sp.*	media (0.65)
Clase 3			
	Cuchi	*Astronium urundeuva*	muy dura (0.99)
	Momoqui	*Caesalpinia floribunda*	dura (0.89)
	Soto	*Schinopsis brasilensis*	muy dura (1.02)
Perfil Actual Clase 1			
	Cedro		
	Roble		
Clase 2			
	Morado		
	Tajibo		
	Jichituriqui		
	Sirari		
	Verdolago		
Clase 3			
	Picana Negra		
	Curupaú		
	Cuta		
	Tasaá		
	Cuchi		
	Momoqui		
	Soto		

Cuadro 3: Estadísticas Resumidas para Simulación de Crecimiento y Rendimiento, Perfil de EMC, Ciclo de 30 Años

Corta #1	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Totales
Inventario Inicial					
árboles/ha	30	115	70	49	264
AB (m^2/ha)	2.15	7.43	3.87	3.70	17.15
Volumen (m^3/ha)	6.24	19.57	9.62	9.19	44.62
aprovechamiento (m^3/ha)	2.11	3.35	2.63	0.00	8.09
daño (m^3/ha)	0.57	2.29	0.98	0.99	4.82
reducción en AB (%)	38.8%	26.1%	31.7%	12.3%	26.0%
Corta #2	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Totales
pre-aprovechamiento: crecimiento ($m^3ha^{-1}año^{-1}$)	0.0754	0.3063	0.1949	0.0860	0.6527
árboles/ha	30	107	76	49	261
AB (m^2/ha)	2.07	8.35	4.53	4.34	19.28
Volumen (m^3/ha)	5.82	23.12	11.56	10.77	51.28
aprovechamiento (m^3/ha)	1.75	7.68	2.97	0.00	12.40
daño (m^3/ha)	0.87	3.22	1.84	1.90	7.83
reducción en AB (%)	42.5%	43.3%	37.7%	18.6%	36.4%
Corta #3	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Totales
pre-aprovecha-miento: crecimiento ($m^3ha^{-1}año^{-1}$)	0.0757	0.2600	0.1946	0.0677	0.5980
árboles/ha	28	97	75	47	247
AB (m^2/ha)	1.93	7.29	4.79	4.39	18.41
Volumen (m^3/ha)	5.47	20.02	12.59	10.91	48.99
aprovechamiento (m^3/ha)	1.80	8.27	3.85	0.00	13.93
daño (m^3/ha)	0.97	3.02	2.28	2.40	8.67
reducción en AB (%)	47.4%	51.4%	44.4%	22.9%	42.4%

Corta #4	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Totales
pre-aprovechamiento: crecimiento ($m^3ha^{-1}año^{-1}$)	0.0830	0.2604	0.2198	0.0659	0.06292
árboles/ha	28	92	76	46	242
AB (m^2/ha)	1.85	6.28	4.92	4.32	17.37
Volumen (m^3/ha)	5.20	16.54	13.05	10.48	45.27
aprovechamiento (m^3/ha)	1.64	5.80	4.30	0.00	11.73
daño (m^3/ha)	0.80	2.32	1.92	1.32	6.35
reducción en AB (%)	43.4%	44.2%	42.7%	14.2%	36.2%
Corta #5	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Totales
pre-aprovechamiento: crecimiento ($m^3ha^{-1}año^{-1}$)	0.0821	0.2535	0.2182	0.0425	0.5964
árboles/ha	28	93	77	47	245
AB (m^2/ha)	1.86	6.18	5.05	4.45	17.54
Volumen (m^3/ha)	5.23	16.03	13.38	10.44	45.08
aprovechamiento (m^3/ha)	1.60	5.30	4.35	0.00	11.25
daño (m^3/ha)	0.77	2.25	1.90	1.75	6.68
reducción en AB (%)	42.1%	42.6%	41.9%	17.4%	35.9%
Inventario Final	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Totales
crecimiento ($m^3ha^{-1}año^{-1}$)	0.0830	0.2601	0.2214	0.0454	0.6099
árboles/ha	29	93	78	47	247
AB (m^2/ha)	1.90	6.23	5.17	4.34	17.63
Volumen (m^3/ha)	5.35	16.28	13.77	10.05	45.45

Cuadro 4
Estadísticas Resumidas para Simulación de Crecimiento y Rendimiento,
Perfil de Prácticas Actuales, Ciclo de 20 años

Corta #1 (año 0-19)	**Clase 1**	**Clase 2**	**Clase 3**	**Clase 4**	**Totales**
Inventario Inicial					
árboles/ha	8	37	134	49	227
AB (m^2/ha)	0.70	2.94	8.82	3.70	16.17
Volumen (m^3/ha)	2.23	8.45	23.56	9.19	43.42
aprovechamiento (m^3/ha)	1.23	1.79	0.00	0.00	3.02
daño (m^3/ha)	0.08	0.48	1.61	0.44	2.60
reducción en AB (%)	51.7%	24.1%	7.7%	6.1%	12.2%
Corta #2 (año 20-39)	**Clase 1**	**Clase 2**	**Clase 3**	**Clase 4**	**Totales**
pre-aprovechamiento: crecimiento ($m^3ha^{-1}año^{-1}$)	0.0156	0.0777	0.2649	0.0618	0.4 201
árboles/ha	6	31	122	47	205
AB (m^2/ha)	0.42	2.64	9.71	3.97	16.74
Volumen (m^3/ha)	1.23	7.73	27.25	9.99	46.20
aprovechamiento (m^3/ha)	0.35	2.75	0.00	0.00	3.10
daño (m^3/ha)	0.07	0.38	1.64	0.44	2.53
reducción en AB (%)	29.6%	36.5%	6.7%	5.6%	11.7%
Corta #3 (año 40-59)	**Clase 1**	**Clase 2**	**Clase 3**	**Clase 4**	**Totales**
pre-aprovechamiento: crecimiento ($m^3ha^{-1}año^{-1}$)	0.0120	0.0515	0.1616	0.0384	0.2636
árboles/ha	6	25	113	45	188
AB (m^2/ha)	0.37	1.98	10.18	4.09	16.61
Volumen (m^3/ha)	1.05	5.63	28.84	10.31	45.84
aprovechamiento (m^3/ha)	0.31	2.04	0.72	0.00	3.07
daño (m^3/ha)	0.06	0.27	1.49	0.34	2.24
reducción en AB (%)	30.1%	36.6%	8.2%	5.2%	11.3%
Corta #4 (año 60-79)	**Clase 1**	**Clase 2**	**Clase 3**	**Clase 4**	**Totales**
pre-aprovechamiento:crecimiento ($m^3ha^{-1}año^{-1}$)	0.0108	0.0427	0.1108	0.0258	0.1900
árboles/ha	5	22	107	43	177
AB (m^2/ha)	0.32	1.52	10.27	4.12	16.23
Volumen (m^3/ha)	0.90	4.17	28.85	10.40	44.32
aprovechamiento (m^3/ha)	0.28	1.56	1.26	0.00	3.10
daño (m^3/ha)	0.05	0.20	1.29	0.39	1.93
reducción en AB (%)	31.2%	36.6%	9.2%	4.9%	11.1%

Corta #5 (año 80-99)	**Clase 1**	**Clase 2**	**Clase 3**	**Clase 4**	**Totales**
pre-aprovechamiento:crecimiento ($m^3ha^{-1}año^{-1}$)	0.0105	0.0403	0.0699	0.0186	0.1393
árboles/ha	5	20	103	43	171
AB (m^2/ha)	0.29	1.23	10.16	4.14	15.81
Volumen (m^3/ha)	0.78	3.22	27.70	10.38	42.07
aprovechamiento (m^3/ha)	0.24	1.12	1.73	0.00	3.08
daño (m^3/ha)	0.05	0.17	1.15	0.39	1.76
reducción en AB (%)	30.4%	33.8%	10.5%	4.8%	11.2%
Inventario Final	**Clase 1**	**Clase 2**	**Clase 3**	**Clase 4**	**Totales**
crecimiento ($m^3ha^{-1}año^{-1}$)	0.0109	0.0412	0.0264	0.0135	0.0920
árboles/ha	5	20	100	43	168
AB (m^2/ha)	0.27	1.09	9.88	4.15	15.39
Volumen (m^3/ha)	0.72	2.75	25.34	10.26	39.07

Cuadro 5
Resumen de Producción de Tres Escenarios Alternativos de Manejo

Opción de Manejo	Demanda Anual (m^3)	Area de Corte Anual (ha)	Producción Anual (pt)	Productividad Neta (m^3/hr)
Escenario Actual	9635	3186	1802957	4.63
Especies Menos Conocidas	9325	1152	1585286	4.48

Cuadro 6
Precios de Madera y Rendimientos de Calidad

	Perfil actual		Perfil de EMC	
Calidad de madera	Precios ($/pt)	Rendim. (%)	Precios ($/pt)	Rendim. (%)
#1 Común y mejor	0.90	35%	1.18	75%
#2 Común	0.65	55%	0.65	0%
#3 Común	0.20	10%	0.20	25%

Cuadro 7
Flujos de Caja para los Escenarios de Base

Categoría/rubro	Perfil Actual ($)	Perfil de EMC ($)	Diferencia ($)
Inversión			
Maquinaria	0	190,000	-190,000
Capacitación	0	10,000	-10,000
Mercadeo	0	50,000	-50,000
Totales	0	250,000	-250,000
Costos fijos			
Impuestos	76,463	34,567	41,895
Silvic. y Aprov.[1]	186,767	162,363	24,405
Caminos forestales	23,942	8,659	15,284
Transformación primaria	124,803	118,136	6,667
Transporte	9,242	9,242	0
Transformación secundaria[1]	0	10,000	-10,000
Totales	421,217	342,967	78,250
Costos Variables			
Aprovechamiento	236,444	228,841	7,604
Transform. primaria	210,246	210,246	0
Transform. secundaria	0	59,817	-59,817
Mercadeo	0	32,597	-32,597
Transporte	198,325	174,381	23,944
Totales	645,016	705,883	-60,867
Ingresos			
#1 Común y mejor calidad de exportación	567,932	1,397,033	829,102
#2 Común	644,557	0	-644,102
#3 Común	36,059	79,264	43,205
Totales	1,248,548	1,476,298	227,750

[1]No se dispone de datos detallados sobre costos de transformación secundaria, por lo que el incremento de costos fijos y variables se estimó directamente.

Cuadro 8
Tasa Interna de Retorno, Perspectiva del Aserradero

Caso	TIR (%)
Caso base	91.6
Sin sobreprecio	na[1]
Totalidad de impuestos	76.6
11% de menor FRM	59.1
10% de menor utilización aserradero/maquinaria	4.6

[1]Altamente negativa.

Cuadro 9
Valor Actual Neto Total, Perspectiva del Aserradero

Caso	Tasa de Descuento del 15%		Tasa de Descuento del 20%	
	Perfil actual	Perfil EMC	Perfil actual	Perfil EMC
Totales				
Base	$323,418	$1,630,356	$242,494	$1,215,683
Sin sobreprecio	$1,584,365	$1,630,356	$1,187,934	$1,215,683
Totalidad de Impuestos	$323,418	$1,395,480	$242,494	1,040,546
11% del FRM más bajo	$323,418	$1,130,189	$242,494	$842,730
10% de la utilización más baja de aserradero/maquinaria	$323,418	$489,650	$242,494	$365,110
Por hectárea				
Base	$102	$1,415	$76	$1,055
Sin sobreprecio	$497	$1,415	$373	$1,055
Totalidad de Impuestos	$102	$1,211	$76	$903
11% del FRM más bajo	$102	$981	$76	$732
10% de la utilización más baja de aserradero/maquinaria	$102	$425	$76	$317

Costos de Censo Forestal en Bolivia

Olvis Camacho Mercado

Introducción

Cuando la industria se propone extraer la materia prima del bosque, previamente debe considerar ciertas informaciones del área de trabajo que le ayuden a tomar las mejores decisiones para ejecutar un proceso eficiente de aprovechamiento forestal. Algunas de estas informaciones se reflejan en la respuesta a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuánto volumen de madera por especie se tiene y cómo está distribuido en el terreno?
- ¿Cuál es la mejor estrategia para extraer la materia prima impulsando una alta productividad en las operaciones pero manteniendo los costos al mínimo posible durante la ejecución?
- ¿Qué tecnología de aprovechamiento debe utilizarse a fin de causar un daño mínimo a la vegetación remanente como al suelo del bosque?

El objetivo final es hacer del aprovechamiento un proceso donde se establezcan los cimientos en el sistema de producción, de ahí que es fundamental, aplicar estrategias sólidas de planificación a fin de alcanzar el éxito en todas las operaciones. Debe estar claro que una buena planificación, no es sólo aquella que delinea de manera práctica los mecanismos para minimizar los daños al medio ambiente, sino también, es la que genera las condiciones adecuadas para vincular las faenas de trabajo con las particularidades de la industria y el mercado, buscando en el proceso la mayor rentabilidad posible del sistema de producción empleado.

Cuando el manejo establecido está bajo un régimen policíclico, el **censo forestal** constituye una herramienta eficiente de planificación del aprovechamiento maderero. Consiste en medir todos los árboles sujetos de selección para el aprovechamiento y conservación y luego posicionarlos en un mapa para relacionarlo con la topografía e hidrografía del terreno. El censo es una herramienta relativamente barata, el cual entre otras cosas, proporciona los siguientes beneficios:

- **Genera las bases para encarar el mercadeo de la producción**, con la información cuali-cuantitativa recabada en el censo se establecen sólidamente las relaciones comerciales teniendo como base la capacidad productiva del bosque. Esto es importante ya que no sólo se tienen las características de la materia prima, base para encarar la transformación de ciertos productos, sino también que la información permite no crear falsas expectativas en los clientes circunstanciales y/o potenciales.
- **Permite el monitoreo y control de las operaciones forestales**, quizás esto es uno de los principales beneficios tangibles a la hora de aprovechar los árboles, ya que el técnico puede responder fácilmente

Proyecto BOLFOR
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
Email: bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

las siguientes preguntas: ¿cuánto de avance se tiene exactamente? ¿cómo podemos ajustarnos más rápidamente a la demanda del mercado? ¿qué número de personas es el adecuado para la actividad?. Con un buen mapa se tiene adicionalmente la posibilidad de lograr fluidez en las operaciones, lo cual es un factor relevante para alcanzar la máxima rentabilidad posible.

- **Ofrece información para hacer un aprovechamiento de bajo costo e impacto mínimo**, el tener un mapa con la distribución exacta de los árboles a cortar ayuda a establecer los caminos en formas y longitudes apropiadas de tal forma de llegar correctamente al lugar deseado, alejando la posibilidad de hacer aperturas innecesarias al interior del bosque y destruir la regeneración natural para la futura cosecha. Habiendo menos caminos habrá un menor impacto y, consiguientemente, un menor costo de las operaciones. La incidencia de esto será directa en las otras etapas subsiguientes como la extracción y arrastre.

- **Proporciona las bases para hacer del aprovechamiento un sistema silvicultural**, para el ordenador forestal no hay nada mejor que contar con la distribución exacta de los árboles a aprovechar, ya que por ejemplo, a través de éste se pueden tomar decisiones acertadas sobre el tamaño óptimo de los claros a generar durante la corta ó establecer una dispersión adecuada de semilleros. El convertir al aprovechamiento en un sistema silvicultural es la mejor garantía para alcanzar la sostenibilidad del manejo forestal.

- **Ayuda a comprender la dinámica del bosque**, con un costo mínimo a un mapa de aprovechamiento se le pueden agregar la posición de algunas especies de interés particular. Si esto ocurre, el ordenador podrá hacerles un seguimiento a éstas con el fin de comprender mejor la dinámica del bosque manejado. De igual forma, relacionando la topografía del terreno con la distribución de las especies se identifican los sitios específicos de sobreviviencia, lo cual es crítico para la definición de qué tipo de tratamientos silviculturales se implementarán en el bosque.

El censo forestal en Bolivia

En Bolivia, el sector maderero ha crecido de manera sustancial a partir de la década de los '70, esta base de crecimiento se ha sustentado principalmente por la extracción de especies valiosas como mara (*Swietenia macrophylla*), roble (*Amburana cearencis*) y cedro (*cedrela* sp.). En estos momentos, debido a la explotación altamente selectiva, dichas especies se encuentran cada vez mas alejadas de los centros de consumo, de ahí que los costos de producción también se han incrementado.

Actualmente el proceso tradicional de pre-aprovechamiento se caracteriza por la búsqueda intensiva de muy pocas especies; para esto, la empresa generalmente contrata los servicios de contratistas, quienes identifican empíricamente, dentro de la concesión, las zonas de potencial presencia de árboles comerciales. En ningún caso se ha observado que los contratistas utilicen como criterio de identificación algún mapa de vegetación. Una vez identificado el sitio potencial proceden a la búsqueda de árboles, para ello establecen una pica central que sirve como base de ubicación y, a ambos lados, en una distancia aproximada de 500 m ubican los árboles que luego son interconectados entre sí a través de picas, tanto entre árboles como a la pica central.

Los resultados finales de la actividad son la cuantificación de los individuos a nivel abundancia y, en muy raras ocasiones, se estiman los volúmenes maderables presentes. Después de muchas observaciones se ha constatado que la búsqueda tradicional limita a las empresas a través de los siguientes factores:

- **Búsqueda ineficiente**, los árboles de interés no son adecuadamente buscados, dado que los métodos utilizados no lo permiten. Normalmente se envían al bosque cuadrillas de personas sobre áreas relativamente grandes, lo cual es una limitante en términos de visibilidad. Al final del proceso se tiene cuantificado la cantidad de árboles existentes pero no siempre se asegura que todos efectivamente hayan sido encontrados. Una prueba clara de la búsqueda ineficiente se refleja en las actividades de **"rebúsqueda"** promovidas por las propias empresas, que consiste en volver a buscar árboles en las mismas áreas después de algunos años. Esto no sólo significan costos adicionales sino que promueven el reingreso a las áreas en muy poco tiempo, incrementando de esta manera la posibilidad de causar daños y retardar los procesos de renovación del bosque.

- **Muy poca información para establecer procesos sólidos de comercialización**, la finalidad del sistema de producción es comercializar productos, por tanto, para establecer de forma responsable las transacciones comerciales es necesario contar con información clave sobre el volumen maderable existente. Al no tener cuantificada la real oferta del bosque, por falta de métodos adecuados, se limitan de alguna manera, las posibilidades de aprovechar las oportunidades que brinda el mercado.

- **Baja posibilidad de controlar la eficiencia de las operaciones**, tener herramientas "baratas" de control es lo más indicado en momentos de continua competencia en el mercado. De este modo, el técnico debe tener muy claro que la empresa no sólo busca vender madera, sino que además intenta ejecutar sus procesos para alcanzar la máxima rentabilidad posible. La rentabilidad es sinónimo de eficiencia en las diferentes

etapas del trabajo, pero ello no se logra si es que no existen métodos adecuados de control que permitan, por un lado, incrementar la eficiencia y, por otro, evitar daños innecesarios al bosque.

Es importante mencionar que, de cualquier forma, las empresas al hacer la búsqueda y cuantificación de los árboles para su aprovisionamiento anual hacen un "censo forestal primitivo" que es necesario mejorarlo de acuerdo a las circunstancias cambiantes del mercado. De este modo, hoy en día está claro que las empresas para convertirse en líderes del sector, o de lo contrario para continuar con su vigencia en el mercado, deben responder con métodos adecuados de planificación del aprovechamiento ante las posibilidades naturales de incrementar la intensidad de la corta.

Métodos de censo probados

El nacimiento del Proyecto BOLFOR en Bolivia permitió la definición de ciertas estrategias de investigación destinada a encontrar técnicas de manejo forestal adecuadas a las condiciones locales, tanto de los bosques como de las particularidades del personal empleado por las diferentes empresas forestales. Una de éstas técnicas fue precisamente el censo forestal, pues desde un inicio estuvo claro que el censo sería uno de los elementos clave para consolidar un sistema eficiente de producción económica y ecológicamente sostenible.

Habida cuenta de conocer todas las debilidades del sistema de producción tradicional, BOLFOR no desarrolló sus actividades de forma aislada, sino más bien lo hizo y lo viene haciendo en cooperación con los propios productores de la región y en sus propias áreas de trabajo, en razón de que ellos son al final de cuentas los beneficiarios de toda la tecnología probada.

Los siguientes dos métodos vienen desarrollándose con mucho éxito: el método de picas sistemáticas y el de conexión directa.

Método de picas sistemáticas

Este método consiste en buscar y representar la posición de los árboles tomando como referencia picas sistemáticas establecidas en dirección perpendicular a otras picadas de mayor dimensión (llamadas convencionalmente carriles) utilizadas para delimitar y subdividir el bloque de corta. Anotando previamente el número de pica a recorrer se hace la búsqueda de los árboles adyacentes a ésta sobre una distancia no mayor a la mitad de la separación entre dos picas vecinas; por ejemplo si las picas tienen una separación de 50 metros, la búsqueda y ubicación sobre una de ellas debe hacerse a una distancia no mayor a 25 metros a cada lado (Figura 1). La ubicación de los árboles presentes en el Area Anual de Aprovechamiento (AAA), se realiza ordenadamente sobre cada una de las fajas de bosque formadas entre dos carriles subsiguientes. La faja entre dos carriles consecutivos es la unidad básica de trabajo y, una vez obtenido de ella toda la información, se repite el proceso en las otras fajas vecinas.

El método de picas sistemáticas muestra una eficiencia hasta 100 metros de separación entre picas. Generalmente se viene utilizando cuando la abundancia de árboles comerciales en el bosque es mayor a 8/ha.

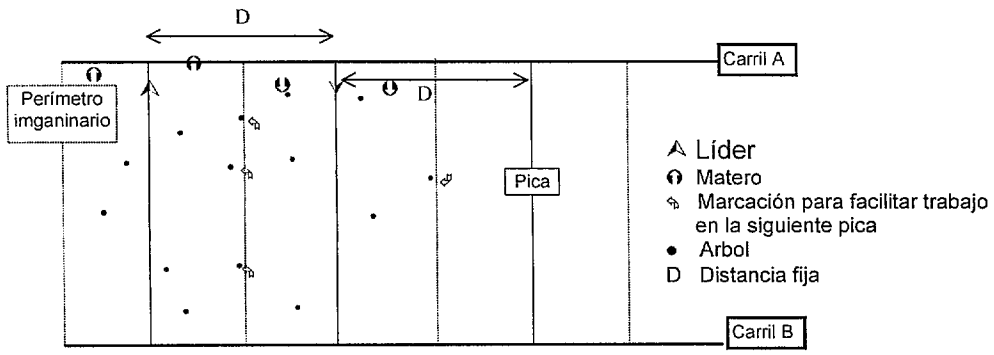


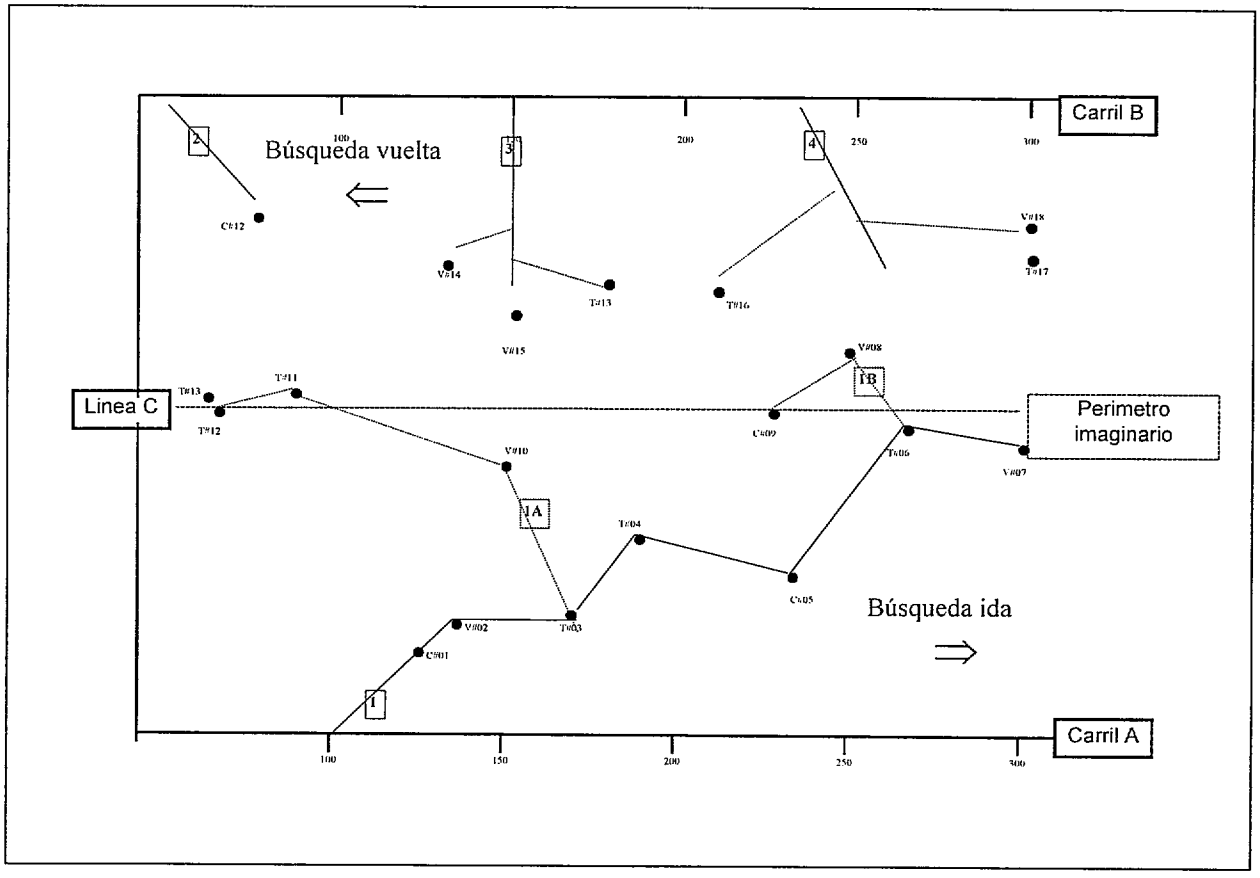
Figura 1. Búsqueda de árboles por el método de picas sistemáticas en una faja de bosque

Método de conexión directa

Parte de este método se utiliza tradicionalmente en algunas empresas forestales, consiste en hacer la búsqueda de los árboles de interés y luego conectarlos entre sí a través de picas que luego sirven para mostrar el acceso a los mismos (Figura 2). Posteriormente se efectúa un levantamiento topográfico sobre los carriles y las picas de conexión construidas a fin de generar los mapas correspondientes. La información obtenida en este proceso es suficiente para crear mapas de forma manual o digital.

El método de conexión directa se recomienda utilizarlo cuando la abundancia de árboles comerciales es relativamente baja, por ejemplo, menor a 8 por hectárea.

Figura 2. Búsqueda por el método de conexión directa ● árboles; ⎯⎯ picas



La siguiente figura muestra un organigrama de los pasos en un censo forestal.

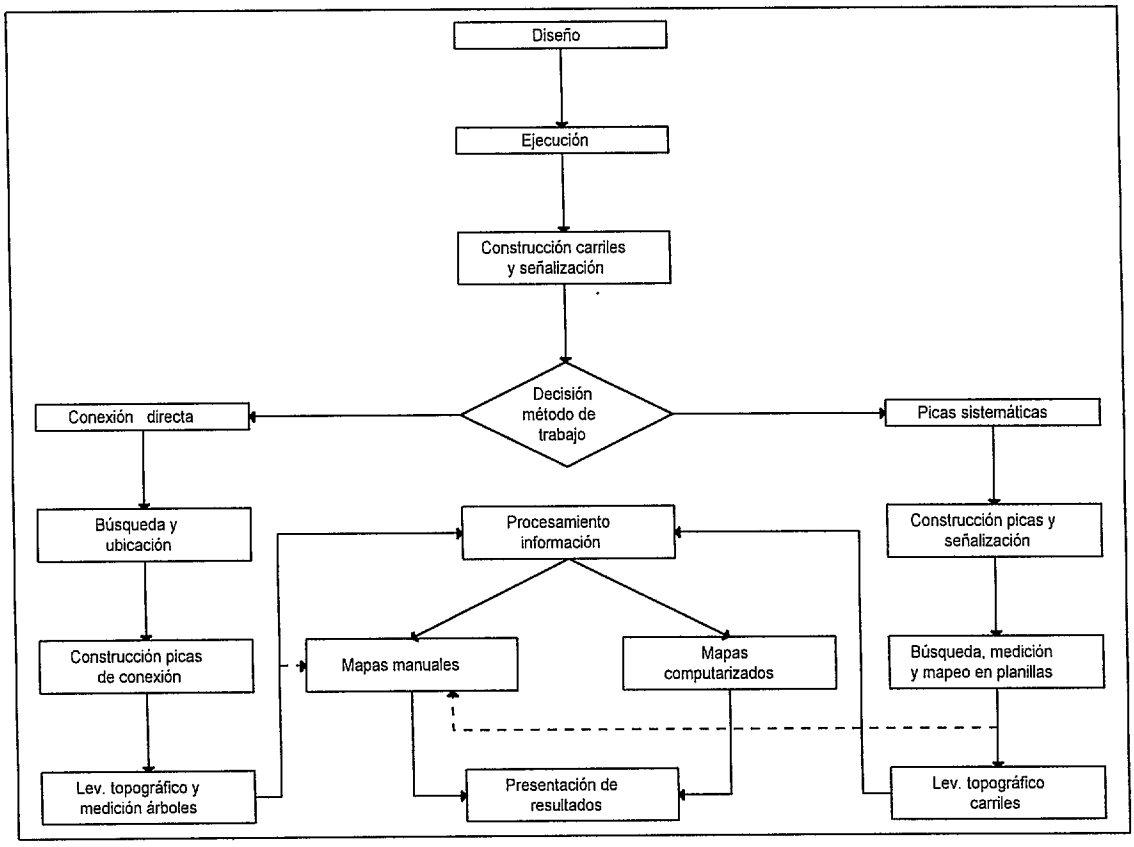


Figura 3. Pasos para la ejecución de un censo forestal en Bolivia

Costos de Algunos Censos Implementados

A continuación se presenta información, acompañada de un breve análisis, relativo a la implementación de 3 censos forestales, en diferentes tipos de bosque, a escala comercial en Santa Cruz, Bolivia.

Caso 1, bosque seco subtropical (bs-ST)

Este censo se desarrolló sobre un área total de 300 ha de bosque en terreno de topografía relativamente ondulada. El sotobosque, entre una escala de 1 a 3, donde 1 es denso, 2 medianamente denso y 3 ralo, presentó las escalas 2 y 3.

El trabajo contempló el establecimiento de carriles, de 1 m de ancho, cada 200 metros que delimitaron y subdividieron el bloque de corta, la construcción de picas sistemáticas cada 50 metros, la medición y mapeo de todas las especies comerciales y no comerciales a partir de un dap mayor o igual que 35 cm y un levantamiento topográfico de toda el área haciendo uso de los carriles. La información en cuanto a existencias maderables totales revela que el sitio contiene 53 árboles por hectárea representando un volumen de 40 m^3. El cuadro 1 refleja algunos elementos complementarios relevantes del área.

Cuadro 1. Elementos característicos del sitio de trabajo, caso 1 bs-ST

Elemento	Características
Superficie	300 ha
Topografía	Relativamente ondulada
Diámetro mínimo medición	dap≥35 cm
Número de árboles ; volumen	53 arb/ha; 40 m³/ha
Método de censo	Picas sistemáticas cada 50 m
Sotobosque	De medianamente denso a ralo pero con muchas bromeliáceas en el piso forestal
Clima	Seco con muy poca agua
Personal	Excelente reconocedor de las especies

Los principales rendimientos de trabajo por faena de campo así como el número de personas y su calidad de formación empleada en cada cuadrilla de trabajo pueden ser observados en el cuadro 2.

El costo por hectárea resultó ser de US$ 18,97. En el cuadro 3 se presentan los costos de cada faena de trabajo, donde se observa que la ubicación, medición y mapeo de árboles tiene la mayor representación de los costos con 31,41%, seguido por la apertura de picas de censo y señalización con 23,12%, después el transporte y logística con 19,98%, luego la delimitación y subdivisión del bloque con 8,95% y, finalmente, las subsiguientes faenas como introducción y procesamiento de datos, redacción de informe, etc. que en conjunto suman el restante 16,54 % de los costos.

Cuadro 2. Rendimientos y número de personas por cuadrilla de trabajo ocupados en censo forestal de caso 1, bosque seco subtropical (bs-ST)

Actividad	Rendimiento	No. personas x cuadrilla	
		Obreros	Técnicos
Delimit. y subdivisión del bloque	1500 m/día	2	1
Señalización permanente de carriles	3000 m/día	3	
Apertura picas censo y señalización	2000 m/día	3	
Ubicación, medición y mapeo árboles	12 ha/día	4	1
Levantamiento topográfico carriles	7500 m/día	1	1

Si se desglosa el costo de materiales y personal, se tiene que el primero representó 5,87 US$/ha (30,94%) y el segundo US$13,08 (60,06%) respectivamente. El costo por árbol censado fue de 0,35 US$ y 0,47 US$/m³ (en pie).

Cuadro 3. Representación de los costos por faenas de trabajo (US$/ha), caso 1 bs-ST

Actividad	Materiales	Personal	Costo	%
Delimitación y subdivisión del bloque	0,18	1,52	1,70	8,95
Señalización permanente de carriles	0,08	0,35	0,43	2,27
Apertura picas censo y señalización	0,39	4,00	4,39	23,12
Ubicación, medición y mapeo árboles	2,21	3,75	5,96	31,41
Levantamiento topográfico carriles	0,02	0,30	0,32	1,69
Transporte y logística*	2,79	1,00	3,79	19,98
Introducción y procesamiento de datos	0,10	0,83	0,93	4,92
Redacción de informe	0,10	0,67	0,77	4,04
Administración y supervisión	0,00	0,67	0,69	3,62
TOTAL	5,87	13,08	18,98	100,00

* Incluye costo depreciado de vehículo con lubricantes, combustible y mantenimiento

Caso 2, bosque húmedo subtropical (bh-ST)

La implementación del presente caso de censo se desarrolló sobre un bosque intervenido por aprovechamientos antiguos y afectado por incendios de no más de 5 años.

El sitio presenta una baja abundancia de comerciales (1 arb/ha), con sotobosque de medianamente denso a ralo pero con predominancia de una especie de palmera denominada *Heliconia* sp. que se presenta en grupos. Información relevante del sitio de trabajo, así como del trabajo realizado puede ser observada en el cuadro 5.

El censo ejecutado fue por el método de conexión directa entre árboles, dada la baja abundancia de individuos comerciales presentes en el área. El proceso se inició con la delimitación y subdivisión del bloque con carriles cada 250 metros, luego los obreros (contratistas materos) procedieron con la búsqueda y conexión de árboles entre sí.

El levantamiento topográfico de las picas de conexión y carriles establecidos. Los principales rendimientos se desglosan en el Cuadro 6.

El costo de toda la operación ascendió a 5,11 US$/ha, valor del cual el rubro de personal contribuye con 75,73%. El cuadro 7 refleja el costos por cada actividad desarrollada, donde se observa que la delimitación y subdivisión del bloque tiene el 33,61% de participación, le sigue transporte y logística con 18,66%, después medición, mapeo y levantamiento topográfico con 18,18 %, luego ubicación y conexión de árboles con 15,08% y finalmente las faenas netas de gabinete que en conjunto suman 14,45% de los costos.

Considerando el costo por árbol y volumen censado (en pie), se tiene que el primero fue de US$. 5,11 y el segundo de US$. 0,90 respectivamente.

Caso 3, bosque seco sub-tropical bs-ST

Este trabajo fue desarrollado sobre 405 ha de bosque, donde se censaron solamente las especies comerciales sujetas del aprovechamiento a partir del diámetro mínimo de corta (dmc) prescrito para las diferentes especies. Los dmc's oscilaron entre 35 y 50 cm. El método aplicado fue el de picas sistemáticas cada 100 metros y el levantamiento de la información la realizó una cuadrilla de 5 personas, integrada por 1 técnico y 4 materos (personas reconocedoras de especies). El cuadro 8 detalla las características principales del sitio de trabajo.

Algunas faenas de trabajo, como la apertura de picas y señalización, estuvo a cargo solamente de obreros, ya que en un principio se capacitó a algunos de ellos en el uso de la brújula. Esto ocasionó que, por lo menos en esta faena, no necesariamente debe contarse con el técnico para alcanzar una eficiencia. El cuadro 9 muestra los principales rendimientos alcanzados.

El costo por hectárea alcanzó un valor de US$. 13,97, monto del cual la ubicación, medición y mapeo de árbol representa el 32,32%, luego el transporte y logística con 23,78%, le sigue apertura de picas y señalización con 13,47%, después delimitación y subdivisión del bloque con 7,98% y, finalmente, las otras faenas que en conjunto suman el 18,68 % de los costos (Cuadro 10).

Cuadro 4. Elementos característicos del sitio de trabajo, caso 2 bh-ST

Elemento	Características
Superficie	600 ha
Topografía	Relativamente plana
Diámetro mínimo medición	dap≥60 cm
Número de arboles; volumen	1 arb/ha; 5,67 m³/ha
Método de censo	Conexión directa entre árboles
Sotobosque	De medianamente denso a ralo pero con muchas *Heliconias sp.*
Clima	Húmedo con suelo regularmente drenado
Personal	Excelente reconocedor de las especies, contratistas tradicionales

El levantamiento topográfico de las picas de conexión y carriles establecidos. Los principales rendimientos se desglosan en el Cuadro 6.

Cuadro 5. Rendimientos y número de personas por cuadrilla de trabajo ocupados en censo forestal de caso 2, bosque húmedo subtropical (bh-ST).

Actividad	Rendimiento	No. personas x cuadrilla	
		Obreros	Técnico
Delimit. y subdivisión del bloque	1600 m/día	2	1
Ubicación y conexión de arboles	40 ha/día	2	
Medic., mapeo árboles y lev. topog.	60 ha/día	2	1

Cuadro 6. Representación de los costos por faenas de trabajo (US$/ha), caso 2 bh-ST

Actividad	Materiales	Personal	Total	%
Delimitación y subdivisión del bloque	0,09	1,62	1,71	33,61
Ubicación y conexión árboles*	0	0,78	0,78	15,08
Medición, mapeo y lev. topog.	0,28	0,65	0,93	18,18
Transporte y logística**	0,80	0,15	0,95	18,66
Introducción y procesamiento de datos	0,016	0,175	0,19	3,73
Redacción de informe	0,05	0,33	0,38	7,47
Administración y supervisión	0	0,17	0,17	3,25
TOTAL	1,24	3,87	5,11	100,00

*No incluye costo de materiales ya que el pago se realizó por contrato (US$ 0,77/árbol)

** Incluye costo depreciado de vehículo con lubricantes, combustible y mantenimiento

Cuadro 7. Elementos característicos del sitio de trabajo, caso 3 bs-ST

Elemento	Características
Superficie	405 ha.
Topografía	Relativamente ondulada a plana
Diámetro mínimo medición	dap≥35 - 50, comercial
Número de árboles; volumen	15 arb/ha; 15,50 m³/ha
Método de censo	Picas sistemáticas cada 100 m
Sotobosque	De medianamente denso a ralo pero con muchas bromeliáceas en el piso forestal
Clima	Seco con muy poca agua
Personal	Excelente reconocedor de las especies

Cuadro 8. Rendimientos y número de personas por cuadrilla de trabajo ocupados en censo forestal de caso 3, bs-ST.

Actividad	Rendimiento	No. personas x cuadrilla	
		Obreros	Técnico
Delimit. y subdivisión del bloque	1400 m/día	3	
Señalización permanente de carriles	3000 m/día	2	
Apertura picas censo y señalización	1250 m/día	2	1
Ubicación, medición y mapeo árboles	17,5 ha/día	4	1
Levantamiento topográfico carriles	5600 m/día	1	1

Cuadro 9. Representación de los costos por faenas de trabajo (US$/ha), caso 3 bs-ST

Actividad	Materiales	Personal	Costo	%
Delimitación y subdivisión del bloque	0,13	0,97	1,10	7,98
Señalización permanente de carriles	0,06	0,32	0,38	2,77
Apertura picas censo y señalización	0,05	1,82	1,87	13,47
Ubicación, medición y mapeo árboles	0,66	3,82	4,48	32,32
Levantamiento topográfico carriles	0,02	0,45	0,48	3,44
Transporte y logística*	2,59	0,74	3,29	23,78
Introducción y procesamiento de datos	0,08	0,62	0,69	4,99
Redacción de informe	0,08	0,49	0,57	4,10
Administración y supervisión	0,08	0,99	0,99	7,13
TOTAL	3,75	10,22	13,97	100,00

El costo por árbol y volumen resultó ser de 0,93 US$/árbol y 0,90 US$/m³ respectivamente.

Análisis

Se han encontrado costos relativamente diferentes en términos de superficie (ha), situación que puede ser justificada por la cantidad de especies censadas y el número de árboles presentes en cada uno de los sitos de trabajo a partir de un diámetro definido. Para el caso 1, por ejemplo, fue un censo total que incluyó todas las especies comerciales y no comerciales a partir de 35 cm de dap; en el caso 2 se consideró solamente las especies comerciales a partir de 60 cm y en el tercer caso se tomó en cuenta el diámetro mínimo de corta para las diferentes especies que osciló entre 35 y 50 cm.

Un resumen de los costos por árbol, volumen y superficie censada se puede observar en el cuadro 11, donde muy claramente se observa que los costos por volumen son relativamente bajos, en los tres casos éste no llegó ni siquiera a 1 US$/m³.

Un análisis muy particular merece el caso 2, cuyo costo es el menor en términos de superficie. Es interesante indicar que en este trabajo la faena más cara no tuvo dependencia directa ni de los técnicos ni del rendimiento alcanzado, pues el costo de ubicación y conexión de árboles se hizo a destajo (contrato por árbol encontrado) haciendo uso de los contratistas tradicionales.

No se observa una diferencia marcada entre el caso 1 y 3, a pesar de que en el primer caso se implementó un censo total.

Conclusiones

Se han encontrado costos relativamente bajos de censo forestal (< 1 US$/ m³) para las condiciones locales de los bosques bolivianos, situación que hace posible recomendar el uso de esta técnica como herramienta fundamental del manejo forestal.

En algunos casos, como en el caso 2, el uso de contratistas tradicionales utilizados por los productores ha hecho posible compatibilizar el conocimiento formal con aquel de los contratistas, esto se traduce definitivamente en una reducción de los costos de pre-aprovechamiento.

Los métodos de censo no deben constituirse en una receta para todos los bosques, dado que es necesario sujetarlo éste de acuerdo a las condiciones del bosque como del personal que rutinariamente trabaja en actividades forestales.

La no dependencia del técnico en algunas faenas fundamentales como la ubicación y conexión de árboles, por el método de conexión directa, hace posible que cualquier productor forestal, pequeño o grande, pueda utilizar el censo como una herramienta de trabajo.

Con los costos presentados queda establecido claramente que el censo es una herramienta amigable, tanto en términos técnicos como financieros, de ahí que sin temor a dudas debe utilizarse en las labores de planificación forestal.

Cuadro 10. Resumen de costos por árbol, volumen y superficie para los 3 casos

Caso	Características	Superficie (US$/ha)	Árbol (US$/árb)	Volumen (US$/m³)
1	Carriles cada 200 m Picas sistemáticas cada 50 m Censo total, dap >= 35 cm	18,97	0,35	0,47
2	Carriles cada 250 m Conexión directa Censo comercial, dap>= 60 cm	5,11	5,11	0,90
3	Carriles cada 250 m Picas sistemáticas cada 100 m Censo comercial, dap >= 35 - 50 cm	13,97	0,93	0,90

Análisis de Costos-Beneficios del Manejo Forestal Tropical Certificado y No Certificado

Michael Hanrahan
Alicia Grimes

Resumen

La preocupación por el medio ambiente y los bosques del planeta ha llevado la vista de consumidores, formuladores de políticas y ambientalistas hacia el mercado en busca de soluciones. El boicoteo de maderas tropicales, táctica extrema de comercio, ha demostrado su falta de efectividad para reducir la deforestación, provocar a la industria; además de ser legalmente cuestionable según el GATT (Acuerdo General sobre Aranceles y Comercio) y otros acuerdos de libre comercio. No obstante, los consumidores preocupados por el medio ambiente aún pueden usar su poder adquisitivo para influenciar el mercado, exigiendo productos forestales producidos voluntariamente bajo condiciones que sostengan la producción a través del tiempo, mantengan niveles aceptables de diversidad de especies y protejan los ecosistemas de bosque. Los consumidores deben poder reconocer sin embargo, que los productos que adquieren han sido producidos bajo estas condiciones aceptables. Además, deberán poder reconocer afirmaciones legítimas sobre la protección del medio ambiente, entre las muchas que proliferan dentro del mercado. Esta es la función de la certificación.

Una etiqueta de certificación forestal o sello verde informa al consumidor que el producto se ha originado en un bosque manejado voluntariamente bajo dichas condiciones aceptables. La certificación de la madera certifica el proceso de manejo forestal determinando si las prácticas de manejo cumplen una serie de criterios definidos. En este sentido, la certificación forestal es similar al proceso de certificación voluntaria ISO 14000, el cual se refiere al sistema general de administración de las organizaciones. Es menos parecido a la certificación del Codex Alimentarius o del Análisis de Riesgos en Puntos Críticos de Control (HACCP en Inglés), que generalmente es obligatoria y se refiere a atributos precisos y mensurables de los productos, tales como niveles-límite científicamente determinados de micro-elementos en los alimentos.

El Consejo de Manejo Forestal (Forest Stewardship Council - FSC) es una entidad internacional que acredita a organizaciones certificadoras independientes con el fin de garantizar la autenticidad de estas afirmaciones. El FSC promueve el "manejo responsable, socialmente benéfico y económicamente viable de los bosques del mundo" estableciendo una serie de principios reconocidos para el manejo forestal. Para ser acreditadas, las organizaciones certificadoras deben incorporar los principios y criterios del FSC dentro de sus normas de certificación. Estos incluyes temas tales como derechos de los pueblos indígenas, conservación de bosques naturales, eficiencia económica y tenencia legal de la tierra claramente definida.

Para el productor o persona encargada del manejo forestal, la certificación significa esencialmente adoptar ciertas prácticas de extracción maderera y elaborar un plan de manejo que mantenga el rendimiento maderable a través del tiempo, conserve niveles aceptables de diversidad de especies y proteja la integridad del ecosistema del bosque, incluyendo la fauna silvestre. El plan de manejo especificará por ejemplo, volúmenes permisibles de aprovechamiento anual; selección de especies y árboles en base a un inventario; corta dirigida; pre-planificación de ubicación de caminos, pistas de arrastres y patios de acopio; regeneración de especies; protección de cursos de agua y otras áreas delicadas; minimización de desperdicios y daños; y eliminación de conflictos

USAID
Room 240,
Lynn Bldg, 1111 N° 19th Street,
suite 240 Arlington, VA 22209
703-235 4913
703-2354966
mhanrahan@usaid.gov
Arlington, USA

territoriales tales como superposición de concesiones y conflictos territoriales (especialmente con pueblos indígenas). El plan de manejo deberá cumplir o aproximarse a las normas de la organización certificadora independiente, la cual aprobará y verificará que el proceso se lleve a cabo de acuerdo a los especificado, para posteriormente otorgar el sello verde.

En Latinoamérica, la explotación no certificada o tradicional del bosque tropical se ha caracterizado por su falta de planificación y manejo, construcción indiscriminada e innecesaria de caminos forestales, apertura del bosque a la colonización y la conversión de tierras, uso excesivo de maquinaria pesada, daño colateral excesivo durante la corta y extracción, desperdicio de troncas, aserrío ineficiente, y exterminio de una o pocas especies valiosas, tales como la mara. Estas prácticas se consideran destructivas para la diversidad de especies y los ecosistemas forestales y con pocas posibilidades de rendimiento y producción sostenidos a través del tiempo.

La Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) se ha mantenido activa en su apoyo al manejo sostenible de los bosques tropicales, incluyendo el apoyo a la certificación. Por ejemplo, USAID-Bolivia auspicia al Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Este proyecto trabaja en varias zonas forestales del Departamento de Santa Cruz, ubicado en el Oriente de Bolivia, y tiene como meta el manejo forestal certificable en un 25% de los 22 millones de hectáreas de área forestal de dicho departamento hasta el año 1999. Una de estas zonas es el bosque de producción comunal de Lomerío de 60,000 hectáreas, ubicado en la Provincia Ñuflo de Chávez.

El Bosque Comunal de Lomerío

Ubicada entre los 16 y 17 grados de latitud Sur y los 61 y 62 grados de longitud Oeste, el área de Lomerío se encuentra sobre el Escudo Brasileño (Parker *et al.*, Olivera). Esta masa Precámbrica de roca granítica presenta afloramientos frecuentes. Los suelos son generalmente bien drenados pero ácidos y poco profundos en ciertas áreas. El clima es sub-húmedo con una temperatura media anual de 24 grados Celsius y una precipitación media anual de 1,061 mm, con épocas seca y lluviosa marcadas.

El bosque de Lomerío está clasificado como seco subtropical en el sistema de Holdridge o sub-húmedo, semideciduo. Estas clasificaciones son generalmente de transición, con vegetación distintiva que separa a la Amazonía del Gran Chaco. Las condiciones de sequía y los suelos ácidos han creado "manchas" de vegetación, formando arboledas abiertas conocidas como *cerrado*. El fuego ha tenido gran influencia en la composición de las especies y la ecología del fuego de la región tiene gran interés para los científicos. En la mayoría del bosque, los especímenes comerciales de las especies maderables valiosas tales como cedro, roble y morado (*Machaerium* sp.) han sido eliminados, quedando en general especies de menor valor comercial.

El uso de la tierra por parte del pueblo indígena chiquitano que habita el área se ha caracterizado por la agricultura de subsistencia (mediante ciclos de chaqueo, cultivo, barbecho durante 15 a 20 años y chaqueo nuevamente), para la producción de maní, maíz, frijol, arroz, yuca y plátano (Stocks *et al.*). Esta actividad se complementa con la cacería y recolección de una variedad de productos animales y vegetales (tales como leña, miel, plantas medicinales y frutos, y fauna silvestre), así como la ganadería en pequeña escala. Los ingresos en efectivo se suplementan mediante el autoabastecimiento de productos forestales no maderables para el consumo doméstico. En general, los ingresos en efectivo se encuentran entre los más bajos del país y el valor de los productos forestales no maderables es significativo dentro de los ingresos familiares generales (Vallejos *et al.*, 1996a y 1996b).

La unidad sociopolítica para el manejo forestal es la comunidad. Cada comunidad tiene propiedad de un área de manejo forestal y estas áreas en conjunto conforman el bosque de producción. Las comunidades manejan sus bosques para la producción maderable y de los otros bienes y servicios anteriormente mencionados, para afirmar sus reivindicaciones territoriales y proteger sus tierras de la explotación por parte de personas o empresas ajenas a la comunidad. Los ingresos en efectivo provenientes de la madera constituyen uno de los múltiples objetivos del manejo forestal, el lucro no está entre los más importantes de éstos, y la producción maderable se considera importante para fortalecer las reivindicaciones territoriales (Stocks *et al.*).

Objetivo y propósito

El valor económico del manejo certificado y no certificado en el bosque comunal de Lomerío se determina mediante el uso de un modelo económico de simulación de flujo descontado de caja (FDC). El análisis establece un valor económico expresado en dólares para los recursos asignados a la extracción, el transporte, el aserrío y la venta de madera[1]. El modelo de simulación de FDC determina los ingresos reales, costos y flujos de beneficios netos. Estos se usan para determinar las tasas internas de retorno (TIR), el valor actual neto (VAT) y el cociente beneficios-costos (BC)[2] de los recursos asignados al manejo forestal en Lomerío.

Se analiza el manejo forestal tradicional o no certificado en Lomerío y el manejo forestal certificado tal como se describe en el Plan de Manejo Forestal para la Zona Norte - Lomerío (BOLFOR, 1995a). El interés está especialmente centrado en el incremento de beneficios netos debido al cambio del manejo forestal no certificado al manejo certificado en este lugar. El análisis económico se

[1]Los recursos incluyen la mano de obra, los árboles aprovechados y otros bienes de capital tales como tractores, camiones, cargadoras y maquinaria de aserrío. El valor en este análisis se deriva de la producción y venta de madera. El valor omitido al usar este método se discute a continuación.

[2]TIR, B/C y VAN conforman colectivamente las medidas de beneficio real neto (BRN).

basa en las medidas de BRN determinadas internamente en el modelo. Coherentemente con la prescripción de manejo forestal, los efectos económicos de los sistemas alternativos de corta, los volúmenes de corta y los precios de la madera se analizan usando medidas de BRN.

- Prescripción básica para el manejo certificado en Lomerío

En lo que respecta al presente análisis económico, la prescripción básica para el manejo certificado en Lomerío cubre un área de 21,727 hectáreas, que consiste de tres estratos de calidad de bosque a los cuales se aplican "factores de seguridad", dejando un área aprovechable de 16,996 hectáreas (BOLFOR, 1995a, p. 37). La *corta máxima potencial* para este área de 16,996 es el 100% de un grupo de 11 especies sobre un diámetro mínimo dependiente de la especie, cuyo promedio de volumen-densidad es más de 0.5 metros cúbicos por hectárea en las 16,996 hectáreas. Se prescribe un *sistema policíclico de aprovechamiento* de dos entradas al bosque durante un ciclo de corta de 35 años. Cada año, en varias pequeñas extensiones que suman un total de 485 hectáreas (1/35, de las 16,996 hectáreas), se corta un 60% de los árboles que sobrepasan un diámetro mínimo de corta dependiente de la especie, para un grupo de 11 especies cuyos volumen-densidad promedio es mayor a 0.5 metros cúbicos por hectárea en las 16,996 hectáreas aprovechables. Además, en un segundo grupo de pequeñas extensiones que suman 485 hectáreas que fueron aprovechadas hace diez años, se corta la mitad del 40% remanente de árboles con diámetro mayor al mínimo dependiente de la especie, para un grupo de 11 especies cuyo volumen-densidad es mayor a 0.5 metros cúbicos por hectárea en las 16,996 hectáreas aprovechables. La *corta máxima permisible* es el volumen resultante de estas dos entradas.

En suma, durante cualquier año el aprovechamiento se efectúa sobre un total de 970 hectáreas (el *área máxima de corta permisible*) mientras que durante el ciclo de corta de 35 años se producen dos entradas en cualquier hectárea dada y se extrae 80% de las 11 especies sobre el diámetro mínimo y límites de densidad (la corta máxima permisible para la prescripción básica de manejo certificado). Existen tres calidades de fuste: sólo se aprovechan comercialmente las calidades 1 y 2.

Esta prescripción de manejo está certificada por el Programa SmartWood de la Rainforest Alliance, pero la presente descripción es demasiado precisa. Un plan de manejo forestal certificado debe tratar de mantener la flexibilidad y puede cambiar al aumentar la disponibilidad de información sobre ecología, mercados y otra investigación. En la práctica, la prescripción básica para el manejo certificado en Lomerío tan precisamente descrita variará de año en año y de unidad en unidad, dependiendo de la composición del bosque, las metas de la comunidad y otros factores específicos al sitio, tal como se describe en detalle en la sección sobre cantidades.

- Análisis de alternativas

Primero, se determinan los FDC y BRN de los *volúmenes de aprovechamiento de 1995* (226,000 pies tablares de madera aserrada vendida) sin los costos de certificación o precios certificados y posteriormente con los costos de certificación y precios certificados. Los volúmenes de 1995 representan promedios históricos, mientras que la corta máxima permisible bajo el Plan de Manejo Forestal de Lomerío es tres veces mayor a los volúmenes de 1995. Esto permite una comparación de los parámetros de FDC sin y con certificación para volúmenes históricos de corta.

Seguidamente, se simulan los FDC y BRN de la corta según los *volúmenes permitidos de acuerdo a la prescripción básica para el manejo certificado en Lomerío* (723,000 pt de madera aserrada vendida anualmente) sin y con los costos de certificación y precios certificados. Esto permite una comparación entre parámetros de FDC sin y con certificación para los mayores volúmenes permitidos por el plan.

Si bien la prescripción básica para el manejo forestal certificado parece rígida, los sistemas de aprovechamiento y los ciclos de corta alternativos o los cambios de eficiencia técnica podrán ser coherentes con la corta máxima permisible. Sin embargo, las alternativas coherentes podrán presentar grandes diferencias en cuanto a valor económico. Los sistemas monocíclicos de aprovechamiento de una entrada cada 35 años, que cortan 75% o 100% de la corta máxima permisible, se analizan por medio de varios parámetros en el modelo de FDC.

Las retribuciones económicas de las eficiencias técnicas alternativas se analizan mediante la determinación del incremento de beneficios netos relacionados con la disminución en los rendimientos de aserrío de 15% (Alcalá) o 25%[3]

- Definición de alternativas

- Un volumen de 1995 de 1776 m^3 cortados y un rendimiento de aserrío de 226,000 pies tablares:

  Caso 1. Beneficios netos totales del manejo no certificado: precios no certificados fob Santa Cruz y sin costos de certificación. El caso uno representa los beneficios netos no percibidos por la adopción del manejo forestal certificado.

  Caso 2. Beneficios netos totales del manejo certificado: precios certificados fob Santa Cruz y costos de certificación.

  Caso 3. Incremento de beneficios netos del manejo certificado: precios certificados fob Santa Cruz, costos de certificación y flujo neto de beneficios no

[3]La eficiencia o rendimiento de aserrío es la proporción entre el volumen de madera vendida y el volumen de troncas aserradas.

percibidos o flujo de caja neto real (FCNR) del caso uno como costo (los beneficios netos no percibidos en retribución a los beneficios del caso dos).

Con volúmenes anuales de venta de 226,000 pies tablares, el caso tres es la mejor estimación de los beneficios netos reales debidos al cambio del manejo no certificado al manejo certificado.

- Un volumen de la corta máxima anual permitida bajo la prescripción básica de manejo forestal en Lomerío - 5,685 m3 cortados y un rendimiento de aserrío de 723,193 pies tablares vendidos:

Caso 4. Beneficios netos totales del manejo no certificado: precios no certificados fob Santa Cruz y sin costos de certificación. El caso cuatro representa los beneficios netos no percibidos por la adopción del manejo forestal certificado.

Caso 5. Beneficios netos totales del manejo certificado: precios certificados fob Santa Cruz y costos de certificación.

Caso 6. Incremento de beneficios netos del manejo certificado: precios certificados fob Santa Cruz, costos de certificación y el FCNR del caso cuatro como costo (los beneficios netos no percibidos en retribución a los beneficios del caso cinco).

Con volúmenes de ventas anuales de 723,193 pies tablares, el caso seis es la mejor estimación de los beneficios netos reales asociados con el cambio del manejo no certificado al manejo certificado.

Caso 7. Beneficios netos totales del manejo certificado cuando se aprovecha un 100% de la corta máxima permitida en 485 hectáreas en una entrada durante un ciclo de corta de 35 años: precios certificados fob Santa Cruz y costos de certificación. El caso siete es un sistema monocíclico de aprovechamiento con volúmenes del caso 5.

Caso 8. Incremento de beneficios netos del manejo certificado cuando se aprovecha un 100% de la corta máxima permitida en 485 hectáreas en una entrada durante un ciclo de corta de 35 años: precios certificados fob Santa Cruz, costos de certificación y el FCNR del caso siete como costo. El caso ocho es un sistema monocíclico de aprovechamiento con volúmenes del caso 6.

- un volumen de la corta máxima anual permitida bajo la prescripción básica de manejo forestal en Lomerío pero eficiencias de aserrío de 0.34 (Alcalá) y 0.50 (correspondientes a 616,000 y 904,000 pies tablares vendidos, respectivamente)

Caso 11. Beneficios netos totales del manejo certificado cuando el rendimiento de aserrío de troncas aumenta en un 25%, de 0.4 a 0.5: precios certificados fob Santa Cruz y costos de certificación. El caso 11 es un sistema policíclico de aprovechamiento con volúmenes del caso 5.

Caso 12. Incremento de beneficios netos del manejo certificado cuando el rendimiento de aserrío de troncas aumenta en un 25%, (de 0.4 a 0.5): precios certificados fob Santa Cruz, costos de certificación y el FCNR del caso cuatro como costo. El caso doce es un sistema policíclico de aprovechamiento con volúmenes del caso 6.

- Un volumen de 75% de la corta máxima anual permitida extraído bajo un sistema monocíclico de aprovechamiento y la prescripción básica de manejo forestal en Lomerío - 4,264 m3 cortados y un rendimiento de aserrío de 542,395 pies tablares vendidos:

Caso 9. Beneficios netos totales del manejo certificado cuando se aprovecha un 75% de la corta anual permisible en 485 hectáreas en una entrada durante un ciclo de corta de 35 años: precios certificados fob Santa Cruz y costos de certificación. El caso nueve estima los beneficios de un sistema monocíclico de aprovechamiento con 75% de la corta máxima permisible.

Caso 10. Incremento de beneficios netos del manejo certificado cuando se aprovecha un 75% de corta máxima anual permisible en 485 hectáreas en una entrada durante un ciclo de corta de 35 años: precios certificados fob Santa Cruz, costos de certificación y el FCNR del caso cuatro como costo. El caso diez estima los beneficios netos de un sistema monocíclico de aprovechamiento con 75% de la corta máxima permisible.

El caso seis es la mejor estimación de los beneficios netos reales asociados con el cambio de manejo no certificado a manejo forestal certificado con volúmenes representados por la corta máxima permisible.

Método

Se usan análisis económicos ortodoxos de flujo de caja, tales como los que describe Gittinger (1972) del Instituto de Desarrollo Económico del Banco Mundial, para calcular un caso base y posteriormente una serie de flujos netos de caja (FNC) alternativos y periódicos del tipo:

$$\sum_j [P_j q_{jt}] - \sum_i [C_{it}] = FNC_t$$

donde:

P	son los precios de q
j	son los productos, ya sean especies o grupos de especies, diferenciados por calidad
q	son las cantidades (pies tablares de especies maderables o grupos de especies)
C	son los costos
i	son los elementos de costo
t	son los períodos (años)

En la fórmula, el primer término de la izquierda es el beneficio real o flujo de ingresos, el segundo es el flujo de costos reales y FNC es el flujo neto de caja real económico o flujo de beneficios netos. El FNC es la medida verdadera de retribución a los recursos (Deaton y Muellbauer). Los indicadores de FDC (VAN, B/C y TIR) se derivan de estos flujos usando técnicas corrientes de descuento (Chiang).

- Precios

Los datos de precios de madera aserrada certificada y no certificada en Santa Cruz, Bolivia se derivan de una tesis preparada en la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, una encuesta de precios en barracas, y pedidos recibidos o copiados por el Proyecto BOLFOR (Soto; BOLFOR en curso; comunicación personal Sylvania Forestry).

Los precios se refieren a madera simplemente aserrada, secada al aire de tres calidades: primera, segunda y tercera. Si se secan al horno, estas calidades corresponden aproximadamente a las calidades de la National Hardwood Lumber Association de la siguiente manera: primera es No. 1 común a FAS; segunda es No. 2 común; y tercera es No. 3 común o menor.

La madera certificada se vende a precios certificados, diferenciados por la calidad y la madera no certificada se vende a precios no certificados, también diferenciados por la calidad, todos fob Santa Cruz, como se indica a continuación:

Precios de Madera FOB Santa Cruz, Bolivia, Julio de 1996
dólares por pie tablar

Calidad	Certificada	No Certificada
Primera	1.10	0.60
Segunda	0.70	0.40
Tercera	0.25	0.25

Con estos precios, se vende madera de una variedad de especies, incluyendo cuchi (*Astronium urundeuva*), curupaú (*Anandenanthera colubrina*), cuta (*Phyllostylon* sp.), tasaá (*Poeppigia procera*), jichituriqui (*Aspidosperma cylindrocarpon*), sirari (*Osmosia novilis*), tajibo (*Tabebuia ipe*), tarara amarilla (*Centrolobium microchaete*), morado (*Machaerium* sp.), yesquero (*Cariniana estrellensis*), soto (*Schinopsis quebracho-colorado*), ajunau (*Pterongyne* sp.), paquió (*Hymenaea courbaril*), verdolago (*Terminalia oblonga*) y momoqui (*Caesalpinia* sp.), entre otras. Vale la pena señalar que ni la mara, el cedro o el roble se encuentran entre estas especies densas en su mayoría.

Estos precios varían estacionalmente, anualmente, por especie, dimensión, método de corta y otros factores. Por ejemplo, en Santa Cruz, en julio de 1996, los precios certificados FAS de estas especies variaban entre $1.13 y $2.55 por pie tablar y promediaban $1.73 por pie tablar. La madera certificada No. 1 común durante el mes de julio de 1996 promedió $0.97 y varió entre $0.74 y $1.45 por pie tablar. Para No. 2, la variación fue de $0.60 a $0.78 por pie tablar. Los resultados analíticos varían significativamente con los precios de la madera y están sujetos a análisis de sensibilidad.

- Cantidades

Los datos de volumen del manejo forestal certificado y no certificado del bosque de Lomerío se derivan de registros del Proyecto BOLFOR, análisis elaborados por personal del proyecto, tesis preparadas por estudiantes universitarios, y la prescripción de manejo del Plan de Manejo Forestal para la Zona Norte - Lomerío (Proyecto BOLFOR, 1995a). Se requirió cierta interpretación del plan para estimar los volúmenes del presente análisis económico.

Se ubicó una muestra al azar de 100 parcelas de 50 x 100 metros sobre un marco delimitado de 21,726 hectáreas[4]. Se efectuó un inventario biológico de la muestra. Este identificó y estimó volúmenes de todos los árboles con diámetro a la altura del pecho (dap) mayor a 20 cm. Dicho proceso identificó 77 especies de árboles en el bosque de producción de Lomerío y sus cifras y volúmenes fueron extrapolados a las 21,726 hectáreas de la muestra y el inventario.

Para determinar el volumen anual, se calcula un área máxima de corta anual permisible. Las 21,726 hectáreas se reducen debido al área en la que se encuentran ríos, humedales, afloramientos rocosos, y otras áreas no boscosas (el "factor de seguridad"). Esto deja un bosque certificado de producción de 16,996 hectáreas. Se determinó un ciclo de corta de 35 años, de modo que las 16,996 hectáreas se dividen entre 35 y las entradas para el aprovechamiento se permiten en 485 hectáreas, de acuerdo a la prescripción de manejo forestal para Lomerío.

[4]Esta es una muestra de 0.23%, 100 x 0.5/21726.

El plan de manejo selecciona dieciocho de las especies arbóreas más abundantes y promisorias comercialmente, y les asigna un diámetro mínimo de aprovechamiento dependiente de la especie de 40 ó 50 cm de dap. Para determinar la corta máxima permisible para este análisis, se usó la extrapolación del inventario seleccionando once de las dieciocho especies cuyo promedio de densidad de volumen es 0.5 m^3/ha o mayor, en las 21,726 hectáreas (Proyecto BOLFOR, 1995a, Anexo 6) y se supuso que los individuos estaban distribuidos uniformemente en el bosque de producción. Las cortas anuales se basaron en el inventario del Plan de Manejo Forestal de Lomerío para 1996, sin margen para rebrote, agregación o regeneración.

El volumen se clasifica con mayor detalle en tres calidades de fuste, siendo la tercera de éstas para troncas altamente deformadas e inadecuadas para el aserrío[5]. Los volúmenes de estos individuos de baja calidad se substraen del volumen total en pie. Esto determina la corta máxima potencial anual.

La tradición de la comunidad establece que varias pequeñas unidades se corten cada año de modo que cada comunidad aprovecha la madera una vez cada seis años. (Stocks *et al.*, Proyecto BOLFOR, 1995b). Las unidades a cortarse se determinan anualmente bajo un convenio entre las comunidades. En estas unidades escogidas, los inventarios comerciales anuales determinan la mezcla de especies arbóreas y los volúmenes a cortarse. Generalmente, se aprovechan de 10 a 12 especies en un año dado.

La prescripción básica de manejo requiere un sistema policíclico de aprovechamiento. Esto preserva un bosque en el que existen árboles de distintos tamaños y edades, además de una alta variación de estructura. Para mantener la producción maderable a través del tiempo, conservar niveles aceptables de diversidad de especies y proteger los ecosistemas de bosque, los profesionales forestales han determinado que se podría cortar un 60% de la corta máxima potencial en pie de una extensión específica de bosque, cada 35 años (la primera entrada). Además, dependiendo de la agregación del bosque, se podría efectuar una segunda entrada, 10 años más tarde, para extraer la mitad del 40% restante de corta máxima potencial en pie. El escenario básico (caso 6) analiza el aprovechamiento anual de unidades en ambas etapas, es decir, 60% de la corta máxima potencial aprovechada en un grupo de unidades que sumen 485 hectáreas y una mitad del 40% restante de la corta máxima potencial aprovechada en otro grupo de unidades que sumen 485 hectáreas. El volumen total cortado anualmente (la corta máxima anual permisible) viene de la primera y segunda entradas sumadas en todas las unidades.

No todos los árboles que se cortan llegan al aserradero. Algunos están podridos por dentro, otros se dañan durante la corta y extracción, y otros se estropean en el patio de acopio. En Lomerío, por lo menos un 25% de las troncas aprovechadas nunca llegan a aserrarse. En el presente análisis, 75% de los fustes llegan a la sierra.

Las prácticas actuales de aserrío producen grandes cantidades de aserrín y desperdicios. En el aserradero de Lomerío se han observado rendimientos tronca-tabla aserrada de entre 22.80 y 44.25% del volumen de las troncas, con un promedio ponderado de 34.07% (Alcalá), dependiendo de la calidad del fuste y la especie. En base a observaciones del Proyecto BOLFOR y en anticipación de futuras mejoras, se usa un promedio de eficiencia o rendimiento de aserrío de 40% a lo largo del período analítico de 35 años. La producción de madera se calcula entonces en metros cúbicos y pies tablares[6] y se separa en tres clases de calidad. La clase de calidad uno corresponde a 30% del rendimiento total y corresponde aproximadamente a las calidades de la National Hardwood Lumber Association de No. 1 Común y FAS; la clase de calidad dos corresponde a 50% del rendimiento total y equivale aproximadamente a No. 2 Común de la NHLA; y la clase de calidad tres corresponde a 20% del rendimiento total y equivale a No. 3 Común y calidades menores de la NHLA. Los resultados analíticos varían significativamente con el volumen y están sujetos a análisis de sensibilidad.

El primer grupo de alternativas analizadas, o casos uno al tres, usan el volumen aserrado de 1995 de 533 metros cúbicos o 226,000 pies tablares. Las alternativas restantes, o casos cuatro al trece, proyectan un gran incremento de volúmenes, sobrepasando los niveles de 1995. Cuando el presente análisis proyecta un incremento de volúmenes, se toma en cuenta un período de seis años para que los niveles actuales de producción alcancen las proyecciones. Este es el paso final para determinar los volúmenes anuales promedio vendidos, provenientes del Bosque Comunal de Lomerío.

En el Cuadro 2 del Anexo se indica la forma en que se determinaron la corta máxima potencial, la corta máxima permisible y los volúmenes periódicos.

- Costos

Los datos sobre costos del manejo forestal en Lomerío se derivan de registros del Proyecto BOLFOR, análisis elaborados por personal del proyecto, tesis preparadas por estudiantes universitarios y entrevistas técnicas. En su mayoría, estos datos son registros basados generalmente en medidas tomadas en la práctica.

Los siguientes elementos de costo están relacionados con operaciones de aprovechamiento, transporte, aserrío y ventas bajo el Plan de Manejo Certificado de Lomerío; preparación inicial del plan de manejo[7] para las 21,078

[5]No obstante, en ciertas ocasiones los fustes de calidad tres se cortan de acuerdo a la tradición de la comunidad y a las prescripciones silviculturales del plan de manejo.

[6]Un metro cúbico equivale a 424 pies tablares aserrados.

[7]Incluyendo delimitación del área a certificarse, mapeo, inventariado e incremento del costo de mejora del plan de manejo existente, para hacerlo certificable.

hectáreas a ser certificadas; visitas al lugar, preparación de informes y auditorías anuales realizadas por la organización certificadora (en este caso SmartWood), capacitación de cuadrillas de aprovechamiento, transporte y aserrío; pagos a las comunidades indígenas que usufructúan el bosque[8]; delimitación; conteo y marcado para la corta; apertura y mantenimiento de caminos; corta y troceo; rodeo; carguío de troncas y transporte al aserradero; aserrío; transporte de madera aserrada a los mercados; administración del aserradero; y asistencia técnica relacionada directamente con las operaciones certificadas de Lomerío. Las operaciones no certificadas excluyen los elementos de costo de preparación del plan de manejo, proceso de certificación, capacitación y asistencia técnica.

Dentro de cada elemento de costo podrán haber tanto bienes de capital de adquisición periódica tales como camiones, tractores, cargadoras, equipo eléctrico, maquinaria de aserrío, etc., como gastos anuales como mantenimiento y reparaciones, combustibles y mano de obra. El detalle de costos por rubro y las notas de referencia de la prescripción básica de manejo de Lomerío se presentan en el Cuadro 3 del Anexo.

Debido a que durante varios años se ha hecho aprovechamiento no certificado en el bosque de Lomerío, el manejo forestal certificado reemplaza al manejo no certificado. Los beneficios netos no percibidos por el manejo no certificado son un costo económico. Estos son los FCNR de los casos uno y cuatro y están incluidos como elemento de costo cuando se analiza el incremento (en contraste con el total) de retornos netos del manejo forestal certificado.

En general, los costos capitales son funciones escalonadas de cantidades. Las cantidades del caso son el número de hectáreas aprovechadas anualmente; el número de fustes cortados anualmente; los metros cúbicos de madera que llegan al aserradero; y los pies tablares o metros cúbicos que rinde el aserradero. El número de bienes de capital - camiones, cargadoras, tractores, motosierras, etc. - adquiridos y en posesión por período son funciones escalonadas de estas cantidades.

Los costos recurrentes anuales son una función de la vida útil de la maquinaria y los equipos, los números de bienes en posesión y funcionamiento, y, en última instancia, las cantidades. Los costos recurrentes están basados en su mayoría en los registros contables de Lomerío.

- Beneficios Reales, Costos Reales y Flujo Neto de Caja Real

Los precios, las cantidades y los costos se reúnen para generar flujos periódicos de beneficios reales, costo, y flujo neto de caja, tal como se muestra en el Cuadro 1 del Anexo. Las medidas de FDC se derivan de estos flujos.

[8]Los pagos son una transferencia de pago y no un costo económico (Gittinger).

Resultados

Las medidas de beneficios netos reales de los casos 1 al 12 se muestran en los Cuadros 1, 2 y 3. El lector notará inmediatamente el gran tamaño de la mayoría de las medidas de FDC; esto se debe a dos factores particulares de Lomerío. Primero, no existe un costo asignado a los árboles que serán cortados y aserrados. De modo que, el valor o los retornos de los recursos invertidos en manejo incluyen los retornos de las troncas cortadas, así como los retornos de otras inversiones tales como las realizadas en maquinaria, equipo, mano de obra, etc. Segundo, el análisis se inicia en una operación forestal en curso, de modo que existe un monto considerable de costos hundidos. Los beneficios se producen desde el primer período, mientras que los costos significativos se postergan hasta períodos posteriores en los que los bienes capitales costosos deben ser reemplazados. En la metodología de FDC, ambos factores actúan para incrementar el tamaño de las medidas del FDC.

- Renta y Precio del Recurso: Manejo No Certificado vs. Certificado con Volúmenes Anuales de Ventas de 226,000 o 723,193 pt

Las medidas de beneficios netos reales de la corta con volúmenes de 1995 y bajo el máximo permitido según el Plan de Manejo Forestal Certificado de Lomerío se muestran en el Cuadro 1. La corta y el aserrío *no certificados* de estas especies en su mayoría densas y de bajo valor producen retornos negativos (con el mayor volumen) o positivos muy bajos (con el menor volumen) de los recursos invertidos en manejo. La corta y el aserrío *certificados* producen retornos altamente positivos y muy atractivos de los recursos invertidos en manejo forestal. Al margen del volumen, los incrementos de beneficios netos debidos al *cambio* del manejo no certificado al manejo certificado (casos 3 y 6) producen retornos muy atractivos de los recursos invertidos; usando una tasa de descuento de 18%, los cocientes de beneficios-costos de 1.3 y 1.5 son el producto del incremento de beneficios netos de volúmenes menores y mayores, respectivamente.

Debido a que la corta y el aserrío certificados y no certificados no pueden efectuarse simultáneamente en la misma extensión de tierra, los beneficios netos reales del manejo forestal no certificado no se perciben cuando el manejo de la extensión de tierra se certifica. Los beneficios no percibidos son un costo económico y los flujos netos reales de caja de los Casos 1 y 4 son medidas verdaderas de dicho costo en Lomerío. Cuando se incorporan los beneficios no percibidos a los costos de los Casos 2 y 4, resultan los Casos 3 y 6 y éstos son la verdadera medida del incremento de beneficios netos del *cambio* del manejo tradicional al manejo certificado en el estudio de caso de Lomerío.

El presente método de análisis de costos no es suficientemente sensible como para percibir diferencias en los costos del uso más eficiente de maquinaria y equipos que podría resultar del manejo certificado. En otros sitios,

estas diferencias de costos han sido atribuidas a la construcción de un menor número de caminos con menor extensión, el uso de menos tiempo de maquinaria para la corta de un volumen constante de madera y el menor daño a los fustes (Amaral; Appanah y Putz; Johns *et al.*; Putz; Villagra *et al.*). En cualquier caso, se ha sugerido (Rice) que esta eficiencia no depende de la certificación y que no debe declararse como un beneficio del manejo forestal certificado.

- Renta del Recurso y Sistema de Aprovechamiento: Sistema Monocíclico de Aprovechamiento con 723,193 pt vendidos anualmente (casos 7 y 8)

Las medidas de FCNR y de beneficios no están afectadas por el aprovechamiento de una sola o varias entradas, siempre y cuando el volumen periódico de madera vendida sea constante en todas las alternativas analizadas (Cuadro 2). La extracción del 80% de la corta máxima permitida en una entrada cada 35 años o en dos entradas espaciadas con diez años, no causaría efecto alguno sobre los volúmenes, los precios o los costos (dentro de los límites del modelo de planilla electrónica). Por lo tanto, los flujos netos reales de caja de los casos 5 y 6 son idénticos respectivamente a los de los casos 7 y 8. Los parámetros de FDC no se ven afectados si el volumen periódico se aprovecha ya sea en una o varias entradas a una extensión dada de tierra.

- Renta del Recurso, Volumen y Eficiencia de Aserrío: Efectos Comparativos de FDC (casos 9, 10, 11 y 12)

- Extracción del 75% de la Corta Máxima Permisible

Los efectos económicos de un sistema monocíclico de aprovechamiento cuando se extrae un 75% de la corta máxima permisible una vez cada 35 años son el resultado de la reducción de la corta máxima permisible en un 25% (Cuadro 3). En el Gráfico 1, se diagrama el efecto del volumen sobre los valores actuales netos del incremento de flujo de beneficios netos, con tasas de interés del 18%. A 75% de la corta máxima permisible, el valor actual neto del flujo de renta es 13% menor que cuando se corta el 100% ($649,294 vs. $566,851), pero el cociente de beneficios-costos (Gráfico 2) y la TEIR (que no se muestra) son mayores. El volumen afecta al tamaño absoluto del flujo de beneficios netos, pero las medidas de los BRN de los retornos económicos de los recursos invertidos en manejo certificado son muy atractivos en todos los volúmenes analizados.

- Corrección de ineficiencias técnicas

Se ha mencionado que la maximización de ganancias e ingresos no es el objetivo más importante entre los varios objetivos del manejo forestal de Lomerío. Un resultado son las tasas extraordinariamente altas de pérdida que existen entre la selección de fustes y el rendimiento final de madera aserrada del aserradero. Estas pérdidas son causadas por falta de atención a la calidad del fuste durante la selección de árboles para el aprovechamiento[9], disposición deficiente de la maquinaria del aserradero, prácticas destructivas de aserrío y capacitación deficiente de los operadores. Se evaluaron las consecuencias económicas de dichas ineficiencias, variando la eficiencia de aserrío tal como se mide mediante la tasa de conversión de tabla a tronca bajo tres escenarios: (i) el promedio ponderado de rendimiento de aserrío de 34% de 1995, según las mediciones de Alcalá (1996) en el aserradero de Lomerío; (ii) el rendimiento de aserrío del caso base de 40%, sugerido por los técnicos del Proyecto BOLFOR; y (iii) un rendimiento hipotético de aserrío de 50% que podría resultar de la mejora de cualquiera de las prácticas técnicamente ineficientes.

Los efectos económicos de una mejora del 25% en la proporción de pies tablares vendidos por tronca aserrada, son el resultado de un incremento del 25% en el volumen periódico de madera aserrada vendida (Cuadro 2, casos 11 y 12), mientras que los efectos económicos de una disminución del 15% en esta proporción, son el resultado de una reducción del 15% en los volúmenes periódicos de ventas. En Lomerío, los cambios de costos referentes a los movimientos de la proporción de eficiencia de aserrío posiblemente serán limitados y estarán confinados en su mayoría al incremento de costos de transporte de madera aserrada y a la capacitación por parte de ingenieros forestales locales.

En el Gráfico 1 se pueden observar resultados que ilustran que 4,264 metros cúbicos de madera en tronca que llegan al aserradero rendirán un volumen comercializable de 616,000 pt, 723,000 o 1,034,000 pt con eficiencias de aserrío respectivas de 34%, 40% ó 50%. Sobre un VAN[10] de caso base por un monto de $555,000 (correspondiente a un rendimiento de aserrío de 34%), el VAN aumenta en 17% a $649,000 con rendimientos de 40% y en 86% a $1,034,000 con rendimientos de 50%. Las proporciones B/C se comportan de forma análoga. Esto sugiere que los pequeños montos de recursos invertidos por ejemplo en la capacitación de operadores o en alterar la disposición de la maquinaria del aserradero producirán retribuciones económicas considerables. También se puede deducir que las considerables inversiones de capital que resultan en la mejora de la eficiencia de aserrío, por ejemplo maquinaria nueva para el aserrío, también producirán retribuciones económicas considerables.

[9]Las comunidades reciben un pago fijo de 30 Bs. o alrededor de 6 dólares por cada árbol cortado en tierras de la comunidad.

[10]Descontado a 18% durante un período de 35 años.

- Sensibilidad de precios

Las grandes diferencias de precios que se experimentan actualmente en el mercado de Santa Cruz reflejan una apreciación local tradicionalmente baja de las especies densas del bosque de Lomerío. Los precios promedio de Santa Cruz previamente a la llegada de la certificación eran de menos de la mitad de los precios de las especies valiosas como la mara por ejemplo. Es interesante preguntarse qué efecto tendrían los cambios de precio relativo. Por ejemplo, el incremento de ventas de madera certificada de estas especies podría subir los precios locales no certificados tradicionalmente bajos, disminuyendo así la diferencia de precios. Los autores postulan *un incremento del 25% en el precio de madera aserrada de calidad no.*2 en el mercado de Santa Cruz. Esto disminuye los precios relativos, aumenta el flujo neto de caja no percibido cuando se reemplaza el manejo no certificado con el certificado y reduce el incremento de beneficios netos relacionados con el cambio hacia el manejo certificado.

Este incremento hipotético de precio causó un aumento de aproximadamente un tercio en la TIER del caso 4 no certificado y una disminución de alrededor del 25% (no se muestran los datos) en la TIER del caso 6 certificado. Los VANs se desplazaron uniformemente hacia abajo (Gráfico 3). El desplazamiento fue considerable en los casos de eficiencias bajas de aserrío.

Las grandes diferencias de precios se pueden deber también a los escasos volúmenes de madera certificada disponible para la venta en Santa Cruz. En 1995, se produjo menos de un contenedor de madera proveniente del bosque de Lomerío, que es la única fuente de madera certificada en Bolivia. En consecuencia, los análisis adicionales de sensibilidad del flujo incrementado de beneficios netos del Caso 6 plantea la pregunta de cuán grandes deberán ser los sobreprecios para producir retornos de cero, 13% y 18% en la TIER. Un sobreprecio moderado de sólo un 2% retorna una TIER de cero (si los precios certificados son 2% mayores a los precios no certificados, el valor actual neto del flujo neto real de caja es igual a cero y el cociente beneficio-costo es igual a 1 con una tasa de descuento de cero). Los sobreprecios de 7% y 10% retornan TIERs de 13% y 18%, respectivamente (los datos no se muestran). El sobreprecio de Santa Cruz para madera aserrada de calidad no. 1 fue de 83% a mediados de 1996: $1.10 por pie tablar, vs. $0.60.

Discusión

La simulación de flujos netos reales de caja al variar en Lomerío los precios, volúmenes y parámetros técnicos, muestra que los retornos económicos de los recursos requeridos (i) para el manejo forestal certificado y (ii) para el cambio de manejo no certificado a manejo certificado son grandes y altamente atractivos. Esto es cierto bajo una serie de escenarios de precio y volumen. Se demuestran retornos económicos altamente atractivos por la corrección de la ineficiencia técnica en las proporciones de aserrío de madera a troncas y se sugiere que la corrección de otros tipos de ineficiencia técnica podría producir retornos igualmente atractivos. El análisis también indica que la elección de sistema de aprovechamiento no afectaría a los retornos económicos, siempre y cuando los volúmenes periódicos cortados se mantengan constantes en los distintos sistemas de aprovechamiento. Los resultados son altamente sensibles a los precios de la madera aserrada.

Los principales factores que influyen en el FCNR de Lomerío son los precios de productos, los volúmenes aprovechados, las ineficiencias técnicas relacionadas con la diversidad de objetivos de manejo del bosque comunal de Lomerío y la existencia de costos hundidos substanciales durante el período en el que el manejo certificado substituye al manejo no certificado.

Sin lugar a dudas, el considerable aumento de la rentabilidad del manejo certificado se debe en gran parte a la amplia *diferencia de precios* de las especies secundarias que se ha experimentado en el mercado de Santa Cruz. La diferencia puede ser el resultado de varios factores: tradicionalmente, ha existido una apreciación relativamente baja de la mezcla de especies de Lomerío (es decir que contiene muy pocos individuos de especies valiosas tales como mara, cedro o roble). En 1996, de disponía de un volumen muy bajo de madera certificada para la venta en Santa Cruz. Los volúmenes de estas especies que se comercializan a nivel internacional son relativamente reducidos en relación a otras maderas tropicales tales como la mara. El Proyecto BOLFOR ha dedicado recursos considerables al conocimiento y el cumplimiento de normas de calidad y uniformidad entre los proveedores de estas especies menos conocidas.

En cualquier caso, la certificación ha causado que los precios en Santa Cruz de madera certificada de calidad FAS de las especies previamente sub-valuadas se duplique y que los precios de madera certificada no. 2 común aumente en un 75%. En 1996, el precio de la mara no certificada[11] fue menor al precio promedio de madera certificada de las 11 especies del presente estudio. En el mercado de Santa Cruz, uno de los principales efectos de la certificación ha sido el incremento del valor de las especies de valor secundario, el que a su vez incrementa el valor del bosque. Estas diferencias de precios pueden ser mucho menores para maderas tropicales conocidas con volúmenes altos tales como la mara y si así fuese, los retornos de la certificación no serían tan atractivos.

Las maderas tropicales certificadas están calificadas para entrar a un mercado internacional actualmente en auge, con sobreprecios de las magnitudes indicadas. Dichos sobreprecios son responsables en gran parte por los niveles altamente atractivos de las medidas de FDC certificado. Los resultados son, en efecto, altamente sensibles a los precios: en el presente análisis, los pequeños cambios de precios (ej. un 10 por ciento por pt o un

[11]La madera no certificada de mara, calidad no. 1 se vendió en aproximadamente $0.90 a $1.00 por pie tablar en Santa Cruz en 1996.

incremento del 25% en el precio de madera no certificada de calidad no. 2) causaron grandes variaciones en las medidas de beneficios y las diferencias de precios son la causa de la mayoría de los grandes incrementos en cuanto a beneficios económicos netos producidos por el manejo forestal certificado.

La estabilidad a largo plazo de estos sobreprecios queda abierta a interrogantes. A principios de 1996, Lomerío era el único lugar en Bolivia que ofrecía madera tropical certificada al mercado internacional y los volúmenes eran extremadamente bajos (226,000 pies tablares por año corresponden a menos de un contenedor por año). Los volúmenes de maderas tropicales certificadas que entran al mercado internacional se están incrementando a nivel mundial. En estas circunstancias, la respuesta de los precios queda por determinarse. Al mismo tiempo, los análisis indican que sobreprecios relativamente moderados de por ejemplo 7 a 10 por ciento producirán retornos económicos a la certificación con un rango de 13 a 18%, de modo que los sobreprecios mucho menores al 83 por ciento que prevalecía en 1996 podrán producir aún retornos muy atractivos sobre los recursos requeridos para el cambio del manejo no certificado al manejo forestal certificado.

El *volumen de corta* tiene un gran impacto sobre el tamaño absoluto de los VANs. En general, el tamaño absoluto del VAN del flujo de beneficios netos reales sube con el volumen, pero el cociente beneficio-costo y la TIER son altos, al margen del volumen (Gráficos 1 y 2). Esto se debe a que, en el modelo, los costos suben en relación a la cantidad. Si bien existe una mayor renta del recurso debida al mayor volumen, los retornos económicos de la certificación son grandes cualquiera sea el volumen[12].

La investigación aplicada y la extensión que se han efectuado en Lomerío revelan una serie de ineficiencias técnicas que disminuyen el rendimiento de aserrío. Estas incluyen insuficiente atención a la calidad de fuste durante la selección de árboles para el aprovechamiento, prácticas de aserrío, disposición de la maquinaria del aserradero y operadores sin capacitación. El análisis económico muestra que las mejoras técnicas de bajo costo de estas ineficiencias técnicas y de administración pueden mejorar la eficiencia de aserrío y producirán grandes retribuciones económicas. Los considerables sobreprecios por la certificación justifican la asignación de recursos de capital considerablemente incrementados (ej. la adquisición de maquinarias y equipos nuevos) al manejo forestal certificado con cualquiera de los volúmenes de producción analizados.

La presencia de costos hundidos considerables también influye sobre estos resultados. El análisis simula un cambio en el manejo de un bosque existente de producción. Al incrementarse los volúmenes, se inicia una considerable inversión en bienes capitales durante el tercer y cuarto año analítico, pero los beneficios se inician durante el segundo año, al contrario de un flujo de caja de inversión normal (Cuadro 1 del Anexo). Esta estructura de costos y beneficios aumenta los parámetros de FDC debido a que el descuento, especialmente con tasas altas, disminuye desproporcionadamente el valor relativo de los beneficios y costos logrados en períodos distantes en relación a períodos cercanos[13].

- Beneficios y costos no Incluidos

Hanemann (1988) y Randall (1988) proporcionan un marco conceptual que muestra la naturaleza y las consecuencias de los beneficios y costos excluidos si un análisis económico procede exclusivamente del punto de vista individual de la persona encargada del manejo forestal, como en el presente caso. Hyde y Sedjo (1991) y Sandler (1993) proveen un contexto de manejo forestal. En Lomerío, existen buenas razones para suponer que el valor adicional a los productos maderables y el valor externo al administrador forestal individual están relacionados con la extracción (uso) de plantas medicinales, cacería, pieles, miel, frutos, leña y otros productos forestales no maderables (PFNM - su valor es probablemente positivo); efectos tales como el control de inundaciones y la regulación de flujos de cursos de agua (beneficios probablemente positivos); secuestro de carbono (beneficios probablemente positivos); valor de existencia (los beneficios pueden ser positivos o negativos); y cualquier opción o uso potencial en el futuro relacionado con la preservación de la biodiversidad y las consecuencias de su pérdida para las futuras generaciones (beneficios ciertamente negativos si no se perciben)[14]. Los beneficios y costos de este tipo no se toman en cuenta en el presente enfoque analítico. Algunos de éstos podrían ser significativos. En particular, en el bosque comunal de Lomerío, los PFNM son una fuente considerable de ingresos domésticos en las 27 comunidades que manejan el bosque, tal como lo indican los resultados preliminares de Vallejos *et al.* (1996a, 1996b). Las estimaciones de FDC generadas por el presente método se encuentran probablemente en el límite menor de un rango que contiene los verdaderos parámetros.

[12]En lo referente al manejo *no certificado*, el análisis indica que es relativamente más rentable con los volúmenes más bajos experimentados en 1995 que con los volúmenes mucho mayores permitidos por el plan. La relativamente mayor rentabilidad del manejo no certificado con volúmenes menores en lugar de mayores, probablemente se debe a los costos hundidos en bienes de maquinaria y equipos usados. Se requiere maquinaria nueva para la corta con mayores volúmenes, pero el manejo no certificado no justifica su costo.

[13]Esta es una propiedad del método de FDC, independientemente de Lomerío.

[14]Ver por ejemplo, Grimes *et al.* y Pinedo-Vásquez *et al.*

Cuadro 1. Medidas de beneficios netos reales con volúmenes de 1995 y la corta máxima permisible bajo el plan de manejo certificado de Lomerío

Con volúmenes de 1995: 1776 metros cúbicos cortados, rendimiento de 226,000 pies tablares aserrados vendidos, 35 años

Caso	Suma de FCNR no descontado - $	VAN al 18% ($)	B/C al 18%	TIR %
caso 1 - Flujo de caja ceto real no percibido Beneficios netos totales sin certificación - sin costos de certificación o precios certificados	18,859	52,687	1.1	0
caso 2 Beneficios netos totales de la certificación - costos de certificación y precios certificados	2,100,870	265,297	1.5	176
caso 3 Incremento de beneficios netos de la certificación - costos de certificación, precios certificados y el FCNR del caso 1 como costo	2,082,011	212,610	1.3	71

5,685 metros cúbicos cortados años 7 a 35, con rendimiento de 723,193 pies tablares aserrados vendidos, 35 años

Caso	Suma de FCNR no descontado - $	VAN al 18% ($)	B/C al 18%	TIR %
caso 4 - Flujo de caja ceto real no percibido Beneficios netos totales sin certificación - sin costos de certificación o precios certificados	(154,811)	(99,270)	0.9	(9)
caso 5 Beneficios netos totales de la certificación - costos de certificación y precios certificados	6,551,095	550,025	1.4	107
caso 6 Incremento de beneficios netos de la certificación - costos de certificación, precios certificados y el FCNR del caso 4 como costo	6,705,906	649,294	1.5	107

Cuadro 2. Medidas de beneficios netos reales bajo un sistema monocíclico de aprovechamiento o con una mejora del 25% en la eficiencia de aserrío

Se llega a la corta máxima permitida después del año 7: 5,685 metros cúbicos cortados en los años 7 a 35

Caso	Suma de FCNR no descontado - $	VAN al 18% ($)	B/C al 18%	TIR %
sistema monocíclico de aprovechamiento, 723,193 pt vendidos, 35 años				
caso 7 Beneficios netos totales con certificación - costos de certificación y precios certificados	6,551,095	550,025	1.4	107
caso 8 Incremento de beneficios netos de la certificación - costos de certificación, precios certificados y el FCNR del caso 4 como costo	6,705,906	649,294	1.5	107
incremento del 25% en la eficiencia de aserrío, 903,991 pt vendidos, 35 años				
caso 11 - este es el caso 5 con un incremento del 25% en la eficiencia de aserrío Beneficios netos totales de la certificación - costos de certificación y precios certificados	10,523,051	934,268	1.7	165
caso 12 - este es el caso 6 con un incremento del 25% en la eficiencia de aserrío Incremento de beneficios netos de la certificación - costos de certificación, precios certificados y el FCNR del caso 4 como costo	10,677,862	1,033,537	1.8	137

Cuadro 3. Medidas de Beneficios Netos Reales al 75% de la Corta Máxima Permitida

Sistema monocíclico de aprovechamiento: 4,264 metros cúbicos cortados años 7 a 35, con un rendimiento de 542,395 pies tablares aserrados vendidos, 35 años

Caso	Suma de FCNR no descontado - $	VAN al 18% ($)	B/C al 18%	TIR %
caso 9 Beneficos netos totales de la certificación - costos de certificación y precios certificados	5,031,709	467,582	1.4	158
caso 2 Incremento de beneficios netos de la certificación - costos de certificación, precios certificados y el FCNR del caso 4 como costo	5,186,520	566,851	1.6	129

Análisis Económico del Manejo Forestal en el Estado de Acre, Brasil

Zenobio Abel Gouvêa Perelli da Gama e Silva

Palabras clave - Manejo forestal sostenible, economía forestal, determinación del ciclo de corta, bosque húmedo tropical Estado de Acre-Brasil.

Forest Engineer, M.Sc., researcher at FUNTAC-Fundação de Tecnologia do Estado do Acre, and Ph. D. student at Federal University of Paraná State-Curitiba, Paraná-Brazil
Address: Av. das Acácias, Lote 1, Zona A - Rio Branco/Acre, CEP 69.917-100 - Brazil,
FAX (0055) 68-229-1665
Phone: (0055) 68-229-2305

Resumen

Este documento analiza económicamente el manejo forestal sostenible en el estado de Acre-Brasil, identificando el ciclo óptimo de corta a ser aplicado en este bosque y su impacto económico en los aserraderos de la región. El método usa el concepto del valor esperado de la tierra. A partir de los resultados obtenidos, un ciclo de corta de 30 años, en el que se extraigan 40.0 m³/ha, constituiría la mejor alternativa; de acuerdo a las cifras obtenidas, el precio de mercado de las troncas, aprovechadas durante dicho ciclo de corta, debería ser mayor (17.3%) que el precio actual y el costo de producción de los aserraderos, que usan troncas provenientes de áreas manejadas y trabajan con la eficiencia industrial actual, debería ser también mayor (9.2%) del valor actual.

Introducción

Durante las últimas décadas, el ecosistema de Bosque Húmedo Tropical ha experimentado un cambio en el uso de sus recursos.

Esto se debe a la nueva conciencia que existe sobre la importancia de la biodiversidad para el desarrollo sostenible de la Tierra y sus habitantes.

Es así que el hombre ha comenzado a reconocer los recursos naturales como finitos y si no se adoptan técnicas conservacionistas de aprovechamiento, se producirá, a corto plazo, un déficit de productos maderables provenientes de estas áreas

En lo que se refiere a las políticas de uso del suelo, la presión ejercida por las ONGs ambientalistas ha sido tan importante, que ha convencido a la OIMT para que esta organización promueva la implementación del manejo sostenible hasta 1995. Sin embargo, este acuerdo ha sido pospuesto hasta el año 2000. La presión fue tan grande, que llevó a dicha organización a publicar las "Normas para el Manejo Sostenible de los Bosques Tropical" (OIMT, 1990).

No obstante, en lo que se refiere a daños al bosque húmedo tropical, el aprovechamiento no planificado ha sido también uno de los principales problemas, junto con el uso posterior de la tierra para fines agrícolas.

En este contexto, el uso de los recursos forestales de estos bosques ha desarrollado desde la extracción hasta un grupo de actividades para el manejo forestal sostenible.

Si bien algunos investigadores y políticos postulan la producción forestal sostenible de áreas de bosques naturales (manejo de bosques naturales) como parte importante de su estrategia para mantener el bosque húmedo tropical, aún existen dudas sobre la factibilidad de este proceso de producción. Y si es posible y bajo qué condiciones (Johnson; Cabarle & Mead, 1991).

Aún contando con todos estos avances en conceptos y técnicas, el factor costo del manejo forestal continúa preocupando a los productores, investigadores y decisores políticos.

Por lo tanto, sería oportuno llevar a cabo estudios cuyos objetivos sean la evaluación económica del aprove-

chamiento maderero, junto con la implementación del manejo en áreas determinadas.

El objetivo del presente estudio, en líneas generales, fue analizar, en términos económicos, la administración de la producción forestal sostenible en la Reserva Forestal Estatal de Antimari (RFEA), área de 66.168 ha localizada en el Estado de Acre, en la región Amazónica Occidental Brasileña. Este proyecto está siendo implementado por el Fundación de Tecnología del Estado de Acre-FUNTAC con financiamiento de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales-ITTO. Específicamente con el objetivo de:

- Sugerir una metodología que determine el costo de producción de la madera de un área bajo manejo forestal para la producción sostenible;
- Identificar el ciclo óptimo de corta a usarse en un área bajo manejo forestal;
- Evaluar el impacto económico del manejo forestal sostenible en la industria forestal de Acre;
- Proporcionar información y normas para futuras discusiones y acuerdos entre gobierno, productores, industriales e investigadores sobre la viabilidad de la implementación efectiva del manejo forestal en la región húmeda tropical.

Materiales y métodos

Materiales

Los datos utilizados en el presente estudio pueden expresarse como valores físicos y económicos.

♦ *Valores físicos*

El volumen comercial maderable inventariado en la RFEA, junto con el índice operativo del plan de actividades implementado, fueron los valores físicos usados en el presente análisis económico.

Los datos sobre el volumen de mara a ser extraída de un bosque manejado sosteniblemente y usados en este estudio, son los mismos adoptados por FUNTAC en su plan de manejo para la RFEA. (Gama e Silva, 1994)

Los ciclos de corta utilizados en el presente análisis fueron tres, a saber: 20, 25 y 30 años, los cuales se rigen por las leyes brasileñas y el ciclo mínimo de corta para bosques tropicales húmedos en el país.

Con el fin de analizar el impacto de los precios de las troncas sobre el costo de producción de la madera aserrada en el Estado de Acre, se usaron las tasas actuales de insumos/producción de madera, como materia prima, para obtener dichos productos en la industria. También se consideró un valor de 50% como el de eficiencia industrial actual (valor de la tronca/valor en pie o tasa insumo/producción, en porcentaje). Sin embargo, se supuso que, debido a las prácticas de manejo y la mejora de los procesos productivos en los aserraderos, es posible mejorar dicha cifra (Uhl *et al.*, 1992).

Consiguientemente, se llevó a cabo una evaluación del impacto del costo de producción de madera en los aserraderos de acre, utilizando porcentajes de 50%, 55% y 60% para la eficiencia del proceso productivo.

Otro valor físico, usado como material básico en este estudio, fue el grupo de actividades a ser implementadas en este plan de manejo, así como el índice operativo, la mano de obra y el equipo necesario para cada operación. La implementación de dichas actividades es necesaria para obtener, al final de cada uno de los ciclos de corta estudiados, un volumen de madera igual al de la primera cosecha, junto con una pérdida mínima de la biodiversidad.

♦ *Valores económicos*

Los datos sobre costos operativos y precios de mercado de la tierra y especies comerciales maderables en Rio Branco, capital del Estado de Acre, en octubre de 1994, fueron los valores económicos utilizados en el presente estudio.

En lo que se refiere a las especies maderables a ser aprovechadas en la RFEA y comercializadas en diversos mercados, éstas fueron divididas en tres grupos con precios similares, los cuales se usaron como valores económicos.

Los valores físicos y económicos usados en este análisis se indican en los Anexos 1, 2, 3, 4 y 5.

Métodos

El cronograma de trabajo usado en el presente análisis económico se puede describir como el cálculo de los costos de producción de madera de acuerdo a un plan de manejo forestal, identificación del ciclo óptimo de corta, así como el impacto de dichos costos de producción de troncas en los aserraderos de Acre.

♦ *Cálculo del precio unitario de la producción maderable*

Para evaluar el costo unitario de la producción maderable de un área bajo producción sostenible, se llevó a cabo una evaluación económica mediante una proporción costo/precio (precio mínimo).

Este procedimiento considera que el precio mínimo es igual al costo de producción, el cual, a su vez, puede ser utilizado para cuantificar económicamente, con valores constantes, la madera obtenida de raleos y un área tala rasa en un rodal (Lundgreen, 1966).

Las fórmulas usadas para obtener esta proporción fueron:

$$PV_c - PV_l = PV_i \quad o \quad PV_c = (P_z) \cdot (EV_{iz})$$

donde PV_c es el valor actual del costo (US$/ha); PV_l es el valor actual (compra y/o venta) de la tierra (US$/ha); PV_i indica el valor actual de ingresos (US$/ha); P_z es el precio unitario del producto z (US$/m³) y EV_{iz} es el índice de valor esperado del producto z (m³/ha).

Estas fórmulas permiten evaluar "*ex-ante*" el precio de la madera en pie mediante una relación constante del precio entre los varios productos forestales obtenidos.

En la evaluación, también se tomaron en cuenta las siguientes suposiciones:

- En el bosque que se analiza, se producirán n + 1 actividades de aprovechamiento;
  - Por lo tanto, en este bosque se producirá el primer aprovechamiento y, después de éste, cada 20, 25 ó 30 años, se llevarán a cabo otras actividades de producción maderera en la misma área, como el ciclo de corta estudiado.

- El precio de compra y venta de la tierra es igual;
  - Por falta de información sobre el precio de la tierra al finalizar cada ciclo de corta, se asumió que, con fines de cálculo, éste será igual al precio de compra de la tierra al iniciarse el primer ciclo de corta.

- La tierra será comprada al inicio y vendida al final de cada ciclo de corta, generando así ingresos adicionales para el proyecto.

El valor actual del costo de producción se obtuvo mediante la fórmula:

$$PV_c = PV_{c1} + PV_{cn}$$

Donde PV_{c1} es el valor actual del costo de la primera cosecha (US$/ha) y PV_{cn} indica el valor actual del costo de n ciclos de corta (US$/ha).

El costo de producción de la primera cosecha se obtuvo mediante la ecuación:

$$PV_{c1} = \{ V_{c0} + [(V_{c1} - V_l)/(1 + i)]\}$$

donde V_{c0} es el valor del costo durante el año 0 (US$/ha); V_{c1} representa el valor del costo durante el año 1 (US$/ha); V_l indica el valor de la tierra (US$/ha); i es la tasa de interés, en forma decimal (0.0i%); el Año 0 es el año previo a la primera cosecha y el Año 1 es el año de la primera cosecha.

El costo de producción del ciclo de corta n fue calculado mediante la siguiente fórmula:

$$PV_{cn} = \{[PV_r(1 + i)^m - PVl]/[(1 + i)^m - 1]\}/(1 + i)^2$$

donde PV_r es el valor actual del costo de un ciclo (US$/ha) y m es la edad de rotación de corta menos 1.

El valor presente de ingresos se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$PV_i = PV_{i1} + Pv_{in}$$

donde PV_{il} es el valor actual de los ingresos de la primera cosecha (US$/ha) y PV_{in} es el valor actual de los ingresos de n ciclos de corta (US$/ha).

El valor actual de los ingresos de la primera cosecha fue determinado mediante la siguiente fórmula:

$$PV_{i1} = \left(\sum_{j=0}^{k} P_j . V_j\right)/(1 + i)$$

donde P_j es el precio mínimo del grupo de especies j (US$/m³); V_j es el volumen de explotación del grupo de especies j (m³/ha) y K el número de grupos de especies.

Los ingresos actuales de n ciclos de corta se establecieron mediante la siguiente fórmula:

$$PV_{in} = \{(PV_{i1})/[(1 + i)^m - 1]\}/ (1 + i)^2$$

♦ *Determinación del ciclo óptimo de corta*

Se determinó el ciclo óptimo de corta usando conceptos de valor esperado de la tierra.

Específicamente, el ciclo óptimo de corta será aquel que obtenga el mayor valor esperado de la tierra (Leuschner, 1992) y (Duerr, 1972)

Para determinar el valor esperado de la tierra, se usó un valor actual de ingresos distinto al valor actual de ingresos calculado en este estudio. Por lo tanto, en los nuevos cálculos, se cambiaron los Pj's de una variable desconocida (precio mínimo) a valores constantes (precio de mercado del grupo de especies en Rio Branco, Estado de Acre, en octubre de 1994). A su vez, el valor actual del costo fue obtenido sin tener en cuenta el costo de compra de la tierra.

La fórmula usada para determinar el valor esperado de la la tierra fue el siguiente:

$$LEV = PV_{im} - Pv_{nl}$$

donde LEV es el valor esperado de la tierra (US$/ha), PV_{im} es el valor actual del ingreso al precio de mercado del grupo de especies en octubre de 1994, en Rio Branco

(US$/ha) y PV_{nl} el valor actual de costo de la tierra (US$/ha).

- ***Impacto del "nuevo" costo de producción maderera en los aserraderos de Acre***

La identificación del "nuevo" costo de producción maderera en los aserraderos de Acre es una función del aumento de la tasa que obedece al precio de mercado; en relación al precio mínimo obtenido en este estudio, de modo que la empresa sea remunerada con una tasa de interés usada en esta evaluación económica.

Como análisis adicional del incremento de precio de la madera (estos aserraderos usan troncas provenientes de un área manejada) se planteó el impacto posible sobre el consumo de esta mercancía, debido a su nuevo precio de mercado después de la implementación del manejo forestal. En otras palabras, se discutió la importancia de determinar la elasticidad de precios de la demanda de madera, lo cual indica el cambio porcentual en la cantidad demandada de madera debido a un cambio del 1 por ciento en el precio de esta mercancía. (Leftwich, 1971)

- ***Tasa de interés utilizada***

Con el fin de realizar un análisis de sensibilidad, en relación al comportamiento del costo de la producción maderera en función de la tasa de interés adoptada, el presente estudio usó cuatro valores, a saber: 6% , 8%, 10% y 12% al año, donde el valor más alto es el mismo que se usa en el sistema de ahorro del Brasil.

Se escogió este rango de valores ya que la mayoría de los productores forestales aceptan tasas de interés más seguras, aún si éstas son menores a las obtenidas en préstamos bancarios o la bolsa de valores. (Schneider & Durlo, 1987)

Resultados y discusión

Costo de producción de troncas y transporte hasta el aserradero

El Cuadro 1 muestra el costo promedio de producción de madera en los ciclos de corta que se analizan en el presente documento.

Dicho cuadro indica que, para que el manejo forestal sea remunerado con la tasa de interés usada en el presente estudio, en el análisis del ciclo de corta de 20 años, el costo de producción de troncas deberá incrementarse, si se aprovecha 20.0 m^3/ha o 25.0 m^3/ha, en alrededor de 58.7% o 43.2% respectivamente. En lo referente al ciclo de corta de 25 años, el aprovechamiento de 30.0 m^3/ha implicará un incremente promedio de 32.1%. En el ciclo de corta de 30 años, se nota que la producción de troncas deberá ser incrementada en alrededor de 23.8% o 17.3% al aprovechar 35.0 m^3/ha o 40.0 m^3/ha respectivamente.

Es importante enfatizar que hasta que las actividades de manejo forestal lograron aceptación en el Estado de Acre, todas las troncas usadas en los aserraderos de la zona provenían de áreas deforestadas para la agricultura.

Por esta razón, los propietarios de aserraderos, al calcular los precios de las troncas, sólo tomaban en cuenta en su evaluación actividades de desmonte, arrastre, carga y transporte.

Sin embargo, con la aplicación de procedimientos de manejo sostenible, se efectuarán actividades tales como planificación y construcción de caminos principales y secundarios de arrastre; división administrativa del área de manejo; inventario dinámico y del 100%; preparación para la corta; tratamientos silviculturales; corta; construcción de rodeos; arrastre; carga; transporte; y mantenimiento de caminos, las cuales también deberán tomarse en cuenta.

El Cuadro 2 muestra la parte correspondiente a cada actividad en el costo del manejo forestal.

Como lo muestra dicho cuadro, alrededor del 44% del costo de las troncas de las áreas manejadas y entregadas en los aserraderos, corresponde a las nuevas actividades necesarias para la producción forestal sostenible.

Es importante señalar que el aumento del precio de la madera, posterior a la adopción del manejo forestal, tal como se identifica en el presente estudio, coincide con los resultados obtenidos por algunos autores al analizar el impacto económico de estas actividades en los aserraderos

Por ejemplo, en Sarawak, según un estudio del Departamento Forestal de Sarawak, se determinó que la aplicación del manejo forestal duplicaría, o más específicamente tendría un costo adicional de aproximadamente US$ 60.0/m^3 (Ghazali & Simula, 1994).

Otro aspecto que debe tomarse en cuenta, al analizar el impacto económico del manejo forestal en los aserraderos, es el costo de la certificación.

El costo de certificación puede variar, principalmente de acuerdo al tamaño, tipo y ubicación de la operación; el bosque, y los equipos y métodos utilizados. En áreas extensas, el costo de inspección del manejo forestal sostenible fluctúa entre los US$ 0.30 y US$ 0.60/ha en países desarrollados en función al uso de especialistas locales, así como el acceso a mapas y datos de inventario adecuados. Sin embargo, en países en desarrollo este costo sería mayor si se usan expertos internacionales y se requiere mayor trabajo de campo debido a la escasez de datos (Ghazali & Simula, 1994).

En lo referente a la certificación ambiental o "sello verde", el sector forestal brasileño ya ha iniciado actividades en este sentido. Es así que se ha creado el "sello verde" CERFLOR, con apoyo de las principales organizaciones forestales, con el fin de certificar el origen de la materia prima utilizada en sus industrias. Si bien su implementación se encuentra aún en la etapa de ensayos de campo y desarrollo, ciertos grupos de interés han manifestado preocupación por el costo de implementación del programa, que posiblemente añadiría aproximada-

mente 15% al precio de la mayoría de los productos maderables brasileños (U.S.D.A., 1994)

Otro punto que debe considerarse en la economía del manejo forestal es la influencia de las tasas de interés en el cálculo del costo de producción.

Por lo tanto, en el presente análisis se observó que con un ciclo de corta de 20 años, aprovechando 20.0 m³/ha o 25,0 m³/ha, el costo de producción aumentó en aproximadamente un 1.5% o 1.3%, respectivamente, comparando el valor obtenido con una tasa de interés de 12% a. a. con otra calculada en 6% a.a.. Sin embargo, para un ciclo de corta de 25 años, el costo de producción sólo aumentó en 0.5% para el mismo rango de tasas de interés. Para un ciclo de corta de 30 años, si se aprovecha 35.0 m³/ha o 40.0 m³/ha, se nota que el costo de producción obtenido con una tasa de interés del 12% a.a. es menor, en promedio, sólo 0.04% de la calcuada con 6% a.a..

Determinación del ciclo de corta

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de los cálculos efectuados para determinar el ciclo óptimo de corta a ser aplicado en el manejo forestal de la Reserva Forestal Estatal Antimari.

Los valores presentados en el Cuadro 3 indican que el ciclo de corta de 30 años, en el que se aprovechan 40.0 m³/ha, constituye la mejor opción, entre las situaciones estudiadas en este análisis económico.

Las cifras negativas del Cuadro 3 significan que, para que el manejo forestal obtenga la tasa de interés utilizada en el presente estudio económico, el ciclo de corta de 20 años, en el que se aprovechan 20.0 m³/ha ó 25.0 m³/ha, no se deberá reconocer el precio de la tierra y el costo de producción de troncas debe ser reducido a un promedio de US$ 370.78/ha o US$ 338.45/ha, respectivamente. Para el ciclo de corta de 25 años, tampoco se deberá tomar en cuenta la tierra y el costo de producción de troncas debe ser menor en US$ 273.94/ha. En cuanto al ciclo de corta de 30 años, con aprovechamiento de 35.0 m³/ha ó 40.0 m³/ha, el precio de la tierra tendrá que ser también de cero y el costo de producción de troncas deberá disminuir en US$ 220.64/ha o US$ 178.77/ha, respectivamente.

Impactos del "nuevo" costo de producción maderera en la oferta maderable de Acre

En el Cuadro 4 se presentan los impactos del manejo forestal en el costo de producción de los aserraderos de Rio Branco, tomando en cuenta las eficiencias adoptadas en el presente análisis.

Los valores presentados en el Cuadro 4 indican que el costo de producción de éstos aumentaría en un promedio de 31.2% ó 22.9%, si los aserraderos trabajan con la eficiencia industrial actual, usando troncas provenientes de áreas manejadas, bajo un ciclo de corta de 20 años y aprovechando 20.0 m³/ha ó 25.0 m³/ha respectivamente, tal como se propone para la RFEA.

Por otra parte, si estos aserraderos, también trabajando con la eficiencia industrial actual, usaran troncas provenientes de áreas manejadas, bajo un ciclo de corta de 25 años y aprovechando 30.0 m³/ha, su costo de producción aumentaría en un 17.1%. Si los mismos aserraderos usan troncas provenientes de áreas manejadas bajo un ciclo de corta de 30 años, aprovechando 35.0 m³/ha o 40.0 m³/ha, tal como se sugiera para la RFEA, su costo de producción se incrementaría en 12.6% o 9.2%, respectivamente.

Es importante notar que, si estos aserraderos mejoran su eficiencia industrial en un 60%, además de usar troncas provenientes de áreas con ciclos de corta de 30 años y aprovechan 40.0 m³/ha, disminuirían su costo de producción en un 1.2%.

En lo que se refiere al impacto de las actividades de manejo sobre el precio de la madera y el respectivo costo en el consumo de dicha mercancía, también es oportuno señalar el deseo del consumidor de pagar por un producto de mayor precio.

Si bien en la región amazónica no se han efectuado estudios sobre este tema, ciertas organizaciones en otros países del mundo ya han iniciado trabajos al respecto.

En los Estados Unidos, por ejemplo, se halló que 68% de 12,000 consumidores, con ingresos domésticos mayores a los US$ 50,000, estaban dispuestos a pagar más por los muebles cuyo material de construcción se originaba en un bosque norteamericano manejado sosteniblemente; específicamente, un 26% estaba dispuesta a pagar de 1 a 5% más por la seguridad de sostenibilidad, 33% pagaría de 6 a 10% más y un 9% de la muestra pagaría de 11 a 15% más. El 32% restantes no estaría dispuesto a pagar ningún sobreprecio (Winterthalter & Cassens, 1993 citado por Ghazali & Simula, 1994).

En cuanto a la cuantificación de la demanda de madera proveniente de bosques tropicales, es necesario señalar la amenaza de productos substitutos de menor precio, los cuales cubrirían el espacio perdido en el mercado por las maderas finas, después de implementarse el manejo forestal.

Con el fin de evitar una gran disminución en el mercado de maderas finas originadas en áreas manejadas sosteniblemente, el consumidor debería utilizar sólo madera proveniente de bosques nativos manejados y madera de áreas aforestadas para usos de menor importancia (Goodland *et al.*, 1991)

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- La situación del mercado de madera en Río Branco en 1994, no remuneraría la implementación del manejo forestal con el modelo propuesto para la RFEA, con las tasas de interés que se usan en el presente estudio;

- Los datos sobre costos de producción de madera, precio de mercado para madera y existencias de la

RFEA, indican que desde el punto de vista económico, el aumento de volumen es igual o mayor que 15.00 m^3/ha, justificando la postergación del ciclo de corta por 10 años más;

- Con la eficiencia industrial actual (50%), los aserraderos que usen troncas provenientes de áreas manejadas, adopten un ciclo de corta de 30 años y aprovechen 40.0 m^3/ha, tendrán un incremento promedio de 9.2% en sus costos de producción, con el fin de remunerar el manejo forestal para obtener las tasas de interés utilizadas en el presente estudio;

Recomendaciones

- Llevar a cabo investigación para mejorar el rendimiento y la eficiencia de las actividades, con especial énfasis en el cálculo de los costos de producción del manejo forestal;

- Enfatizar entre consumidores de productos maderables, propietarios de aserraderos y la sociedad en general, la necesidad de utilizar sólo madera proveniente de bosques manejados, para así evitar la futura escasez de este recurso;

- Realizar estudios para determinar la elasticidad de precios de la madera, lo cual brindaría información sobre el impacto del cambio en los costos de producción y, consecuentemente, en el precio de este producto y su uso por la sociedad en general.

Bibliografía

Duerr, A. W., 1972. *Fundamentos da Economia Florestal* (Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian).

Fundação de Tecnologia do Estado do Acre-FUNTAC, 1991. *International Workshop PD 24/88 ITTO/FUNTAC Project*, FUNTAC, Technical Report.

Gama e Silva, Z. A. G. P. da, 1994. Identification of Optimal Cutting Cycle in Forest Management and its Economic Impact on Sawmills in the State of Acre-Brazil. *Proceedings of the 1994 Symposium on Systems Analysis in Forest Resources: Management Systems for a Global Economy with Global Resource Concerns held in Pacific Grove, United State of America, September 1994.*(to be published)

Ghazali, B. H. and Simula, M., 1994. Certification: Who Will Pay the Price? *Forest Update*, V.4, N.5,3-5.

Goodland, R. J. A. *et al.*, 1991. Tropical Moist Forest Management: The Urgency of Tranition to Sustainability.In *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*, edited by R. Costanza (New York: Columbia University Press), pp 486-515.

Johnson, N.; Gabarle, B. & Mead, D., 1991. *Development Assistence Natural Forest Management and the Future of Tropical Forest*, World Resources Institute.

International Tropical Timber Organization-ITTO, 1991. *ITTO Guidelines for the Sustainable Management of Natural Tropical Forest*, ITTO, Technical Series no. 5.

Leuschner, W. A., 1992. *Introduction to Forest Resource Mangement* (Malabar: Krieger Publishing Company).

Leftwich, R. H., 1971. *O Sistema de Preços e a Alocação de Recursos* (São Paulo: Pioneira).

Lundgren, A. L., 1966. *Estimating Investment Returns from Growing Red Pine*, U.S. For. Serv., Res. Pap. NC-2.

Schneider, P. R. and Durlo, M. A., 1987. *Avaliação Florestal*, Universidade de Santa Maria, Centro de Pesquisas Florestais, Série Técnica no. 02.

Uhl, C. *et al.*, 1992. A Evolução da Fronteira Amazônica: Oportunidades para um Desenvolvimento Sustentável. *Pará Desenvolvimento*, 13-21.

United States Department of Agriculture, 1994. *Wood Products Trade and Foreign Markets: Americas - Africa Issue.* Foreign Agricultural Service, Circular Series WP 5.94

Winterhalter, D. and Cassens, D., 1993. *United States Hardwood Forests: Consumer Perceptions and Willingness to Pay.* Purdue University

Anexo 1: Caracterización del bosque de la región de la RFEA

Item	Región		
	1	2	3
Superficie	12,597.17	17,904.05	34,751.69
Volumen por árbol (m^3)	1.08	1.04	1.36
Pot. Vol. útil(m^3/ha)	97.11	87.99	71.82
DBH >= 40 cm (1)			
Vol. (m3)/ha (1)	48.07	49.66	26.43
DAP < 40 cm (1)			
Q. C.no util. (m^3/ha) (2)	4.44	8.55	3.17
Volumen Tot. Pot. (m^3/ha) (3)	149.62	146.20	101.42
Area Basal (m^2/ha)	17.29	17.14	11.56
Abundancia (ind./ha)	137.87	140.88	74.81
Número de Especies	216.00	311.00	232.00
Pot. explotable vol. (m^3/ha)	48.68	27.88	27.74
Pot. expl. abund. (ind./ha)	17.77	11.75	9.33
Nº de Especies Comerciales	52.00	49.00	46.00

Fuente: (Funtac, 1991)

(1) QC (Clase de calidad) 1 a 3, árboles con fuste sano, con potencial para usos industriales
(2) QC 4 a 6, árboles sin uso industrial, árboles dañados y árboles muertos.
(3) Para un total de 82 especies comerciales halladas en la RFEA.

Obs: Región 1 = Bosque cerrado
Región 2 = Bosque cerrado de llanura aluvial
Region 3 = Bosque abierto con bambú

Anexo 2: Caracterización del grupo de especies a ser aprovechadas en la RFEA.

Grupo de especies	Precio de mercado (US$/m3)	Volumen potencial (m3/ha)	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0
A	79.39	2.50	1.03	1.29	1.54	1.80	2.06
B	39.08	4.25	1.74	2.18	2.62	3.05	3.49
C	33.62	5.66	2.33	2.91	3.49	4.07	4.65
D	28.74	7.15	2.94	3.67	4.41	5.14	5.88
E	22.99	29.11	11.96	14.95	17.94	20.93	23.92
Total		48.07	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00

Fuente: (FUNTAC, 1991)

Anexo 3. Cronograma de actividades para el manejo forestal (Ciclo de corta de 20-años)

US$/m³

Año	Actividad	Volumen explotable (m³/ha)				
		20.0	25.0	30.0	35.0	40.0
0	Planificación/implementación caminos principales	3.75	3.00			
	Planificación/implementación caminos 2darios	3.05	2.44			
	División administrativa	0.88	0.70			
	Inventario dinámico	0.12	0.10			
	Inventario al 100% / árboles marcados	1.09	0.87			
	Tratamientos silviculturales	1.47	1.18			
	Adquisición de tierras	1.13	0.90			
	Administración + contingencia	1.95	1.56			
	Total	13.44	10.75			
1-21	Construcción de rodeos	0.94	0.80			
	Construcción de pistas de arrastre	0.66	0.60			
	Aprovechamiento	9.36	8.63			
	Transporte	14.06	14.06			
	Administración + contingencia	4.25	4.10			
	Total	29.27	28.19			
2	Adquisición de tierras	1.13	0.90			
	Administración + contingencia	0.19	0.15			
	Total	1.32	1.05			
3-4-5-7-8-9-10-12	Administración (US$/ha)	0.25	0.25			
13-14-15-17-18-19	contingencia (7%) (US$/ha)	0.02	0.02			
	Total	0.27	0.27			
6-11	Inventario dinámico	0.12	0.10			
	Tratamientos silviculturales	1.47	1.18			
	Mantenimiento de caminos	1.36	1.09			
	Administración + contingencia	0.50	0.40			
	Total	3.45	2.77			
16	Inventario dinámico	0.12	0.10			
	Tratamientos silviculturales	0.74	0.59			
	Mantenimiento de caminos	1.36	1.09			
	Administración + contingencia	0.38	0.30			
	Total	2.60	2.08			
20	Inventario dinámico	0.12	0.10			
	Inventario al 100% inventory/árboles marcados	1.09	0.80			
	Tratamientos silviculturales	0.74	0.59			
	Mantenimiento de caminos	1.36	1.09			
	Administración + contingencia	0.56	0.44			
	Total	3.87	3.02			

Fuente: (FUNTAC, 1991) y (Gama e Silva, 1994)

Anexo 4: Cronograma de actividades para el manejo forestal (Ciclo de corta de 25-añose)

US$/m³

Año	Actividad	Volumen explotable (m³/ha)				
		20.0	25.0	30.0	35.0	40.0
0	Planificación/implementación de caminos principales			2.50		
	Planificación/implementación caminos 2darios			2.04		
	División administrativa			0.58		
	Inventario dinámico			0.08		
	Inventario al 100%/árboles marcados			0.73		
	Tratamientos silviculturales			0.98		
	Adquisición de tierras			0.75		
	Administración + contingencia			1.30		
	Total			8.96		
1-26	Construcción de rodeos			0.72		
	Construcción de pistas de arrastre			0.54		
	Aprovechamiento			7.91		
	Transporte			14.06		
	Administración + contingencia			3.95		
	Total			27.18		
2	Adquisición de tierras			0.75		
	Administración + contingencia			0.13		
	Total			0.88		
3-4-5-6-8-9-10-11	Administración (US$/ha)			0.25		
12-14-15-16-17-18	contingencia (7%) (US$/ha)			0.02		
20-21-22-23-24	Total			0.27		
7-13	Inventario dinámico			0.08		
	Tratamientos silviculturales			0.98		
	Mantenimiento de caminos			0.91		
	Administración + contingencia			0.33		
	Total			2.30		
19	Inventario dinámico			0.08		
	Tratamiento silviculturales			0.49		
	Mantenimiento de caminos			0.91		
	Administración + contingencia			0.25		
	Total			1.73		
25	Inventario dinámico			0.08		
	Inventario al 100%/árboles marcados			0.73		
	Tratamientos silviculturales			0.49		
	Mantenimiento de caminos			0.91		
	Administración + contingencia			0.38		
	Total			2.59		

Fuente: (FUNTAC, 1991) y (Gama e Silva, 1994)

Anexo 5. Cronograma de actividades para el manejo forestal
(ciclo de corta de 30-años)

Año	Actividad	Volumen explotable (m³/ha)				
		20.0	25.0	30.0	35.0	40.0
0	Planificación/implementación de caminos principales				2.14	1.88
	Planificación/implementación de caminos 2darios				1.75	1.53
	División administrativa				0.50	0.44
	Inventario dinámico				0.07	0.06
	Inventario al 100% / árboles marcados				0.62	0.54
	Tratamientos silviculturales				0.84	0.74
	Adquisición de tierras				0.50	0.44
	Administración + contingencia				1.09	0.96
	Total				7.51	5.65
1-31	Construcción de rodeos				0.65	0.65
	Construcción de pistas de arrastre				0.50	0.45
	Aprovechamiento				7.33	6.83
	Transporte				14.06	14.06
	Administración + contingencia				3.83	3.74
	Total				26.37	25.75
2	Adquisición de tierras				0.50	0.44
	Administración + contingencia				0.09	0.07
	Total				0.58	0.51
3-4-6-5-7-9-11-12	Administración (US$/ha)				0.25	0.25
13-15-16-17-18-19	contingencia (7%) (US$/ha)				0.02	0.02
20-21-23-24-25-26-27-28-29	Total				0.27	0.27
8-14	Inventario dinámico				0.07	0.06
	Tratamientos silviculturales				0.84	0.74
	Mantenimiento de caminos				0.78	0.68
	Administración + contingencia				0.29	0.25
	Total				1.98	1.73
22	Inventario dinámico				0.07	0.06
	Tratamiento silviculturales				0.42	0.37
	Mantenimiento de caminos				0.78	0.68
	Administración + contingencia				0.22	0.19
	Total				1.49	1.30
30	Inventario dinámico				0.07	0.06
	Inventario al 100%/árboles marcados				0.62	0.54
	Tratamientos silviculturales				0.42	0.37
	Mantenimiento de caminos				0.78	0.68
	Administración + contingencia				0.32	0.28
	Total				2.21	1.93

Fuente: (FUNTAC, 1991) y (Gama e Silva, 1994)

Cuadro 1. Costo promedio de la producción de madera en la RFEA

US$/m³

Ciclo de corta	Grupo de especies	Volumen explotado (m³/ha)				
		20.0	25.0	30.0	35.0	40.0
20	A	126.07	113.73	-	-	-
	B	62.02	55.95	-	-	-
	C	53.36	48.14	-	-	-
	D	45.61	41.15	-	-	-
	E	36.49	32.92	-	-	-
25	A	-	-	104.89	-	-
	B	-	-	51.63	-	-
	C	-	-	44.42	-	-
	D	-	-	37.97	-	-
	E	-	-	30.37	-	-
30	A	-	-	-	98.29	93.14
	B	-	-	-	48.46	45.85
	C	-	-	-	41.69	39.44
	D	-	-	-	35.64	33.72
	E	-	-	-	28.47	26.97

Cuadro 2. Costo del manejo forestal por actividad

Actividad/Ciclo de corta	Volumen explotado (m³/ha)				
	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0
Planificación/implementación					
- Caminos principales	7.04	6.64	6.08	5.84	5.39
- Caminos secundarios	5.73	5.08	4.95	4.75	4.38
División administrativa	1.65	1.46	1.43	1.37	1.27
Inventario dinámico	0.64	0.57	0.47	0.41	0.38
Inventario al 100% /árboles marcados	2.55	2.26	2.04	1.87	1.72
Tratamientos silviculturales	7.05	6.25	5.34	4.69	4.33
Tierra	1.95	1.73	1.69	1.62	1.49
Construcción de rodeos	2.02	1.89	1.86	1.79	1.89
Construcción de pista de arrastre	1.42	1.43	1.99	1.38	1.31
Aprovechamiento	20.07	20.51	20.38	20.16	19.81
Transporte	30.16	33.42	36.23	38.68	40.79
Mantenimiento de caminos	4.70	4.17	3.17	2.52	2.33
Administración	15.05	14.99	14.97	14.94	14.91
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Cuadro 3. Valores para la determinación del ciclo óptimo de corta a ser aplicado en la Reserva Forestal Estatal de Antimari

US$/ha

Edad de rotación de corta (año)	Volumen explotado (m³/ha)	Valor esperado de la tierra
20	20.0	- 370.78
	25.0	- 338.45
25	30.0	- 273.94
30	35.0	- 220.64
	40.0	- 178.77

Cuadro 4. Impactos del manejo forestal en el costo de producción de los aserraderos del Estado de Acree, 1994

Item	Volumen explotado (m³/ha)									
	20.0 US$/m³	%	25.0 US$/m³	%	30.0 US$/m³	35.0 %	40.0 US$/m³	%	US$/m³	%
Eficiencia 50%										
* Costo de producción de madera	217.90	100	203.45	100	193.71	100	186.41	100	180.71	100
* Costo de troncas	139.47	64	125.83	62	116.09	60	108.79	58	103.09	57
Eficiencia 55%										
* Costo de producción de madera	204.41	100	192.01	100	183.15	100	176.52	100	171.34	100
* Costo de troncas	126.79	62	114:39	60	105.53	58	98.90	56	93.72	55
Eficiencia 60%										
* Costo de producción de madera	193.84	100	182.48	100	174.36	100	168.28	100	163.53	100
* Costo de troncas	116.22	60	104.86	57	96.74	55	90.66	54	85.91	53

El costo de producción en los aserraderos que no usan troncas provenientes de áreas manejadas fue estimado en US$ 191.61/m³ y se determinó, en promedio, el precio de mercado de la madera de estos aserraderos en US$ 275.86/m³.

Manejo Forestal: Planificación de Caminos Forestales, Disminución del Impacto Ambiental y Control de Costos Mediante el Manejo de Suelos y Sedimentos en Operaciones Forestales

Eric L. Kay

Resumen

Con el impacto causado por la creciente población mundial sobre los recursos de tierras y con el desplazamiento del aprovechamiento forestal hacia zonas de mayor pendiente, el control y el manejo de sedimentos asumen un mayor grado de importancia.

Los impactos negativos del aprovechamiento y los caminos forestales, así como de las pistas de arrastre se concentran:

- *Ecosistemas de bosque*
- *Otros recursos*
- *Valores que se encuentran corriente abajo.*

Actualmente éstos se reconocen como problemas referentes a la planificación y el manejo. La opinión mundial es hoy en día una fuerza directriz del mercado y está enfocada en la ecocertificación de productos. El costo económico de las prácticas ambientalmente benéficas se puede controlar a través del manejo efectivo en:

- *Etapas de planificación. Capacitación de ingenieros.*
- *Fase operativa. Capacitación de operadores y personal de supervisión.*
- *Post-aprovechamiento hasta el próximo ciclo de corta.*
- *Planes escritos de mantenimiento de caminos forestales.*

Estabilidad de suelos

Zonas áridas

En las zonas áridas la vegetación absorbe el agua desde las profundidades y modera las temperaturas de la superficie del suelo. Esta cobertura vegetal protege al suelo de la erosión eólica.

Zonas tropicales

En el trópico, donde la humedad es el factor principal, la protección y renovación de las delgadas capas de suelos son una preocupación para la planificación a largo plazo y el manejo.

Pérdida masiva de suelos

La pérdida masiva de suelos es posiblemente la principal causa de daños ambientales en la industria forestal. La generación de sedimentos causada por este tipo de eventos es generalmente uno de los mayores impactos. Mediante el control de la geometría de pendientes y la garantía del flujo natural de agua, se pueden evitar estos eventos y los consiguientes costos de rehabilitación.

Kay and associates
8712 Island highway, Black Creek, BC V9J 1 k5
250-337-5096
erickay@mars.ark.com
British Columbia V9J 1K5
Canada

General

La prevención del desplazamiento de sedimentos transportados por el viento y el agua hacia arroyos, ríos, lagos y océanos puede manejarse mejor a través de planificación efectiva y capacitación completa.

- Con planes previos al aprovechamiento y la construcción de caminos para garantizar la estabilidad de pendientes y asegurar el control hídrico.
- Mediante la capacitación total de TODO el personal - gerencia/personal de supervisión, forestales/ingenieros/trabajadores forestales (cortadores, operadores de maquinaria, personal de cuadrillas).
- Mediante la planificación cuidadosa y con los debidos cuidados y atención durante la fase de aprovechamiento se puede eliminar o reducir:
  - La pérdida de ingresos de terrenos no productivos.
  - Los costos de la rehabilitación de sitio.

Efectos Negativos de la Sedimentación

Fauna acuática:

Los sedimentos pueden:

- Alterar el equilibrio natural de la cadena alimenticia acuática, privando a una o más especies de su fuente alimenticia.
- Reducir la visibilidad de las especies acuáticas que usan la vista para encontrar su alimento.
- Dañar las agallas de los peces. Si bien esto no tendrá impacto inmediato en los peces, conllevará a animales inmaduros o enfermos debido a la pérdida de capacidad de extracción de oxígeno.
- Aumento de la temperatura en el agua. (El sedimento se calienta con la luz solar y transfiere esta energía calórica al agua).
- Destrucción de los hábitats de cría con la colmatación de pozas.
- Eliminación del oxígeno debido a las capas de sedimento que cubrirán las zonas pedregosas de desove.

Pérdida del substrato (suelo)

Erosión de suelos:

- La erosión excesiva debida al viento y/o al agua puede significar la pérdida del substrato fértil para el cultivo de especies cultivables. El costo económico no será inmediato pero se mostrará en los efectos a largo plazo de la pérdida del crecimiento y los ingresos respectivos.

Aumento de la carga sedimentaria en los cauces de ríos y arroyos

Un curso de agua en equilibrio tiene la capacidad de limpiar los sedimentos naturales en el sistema hasta su deposición en los océanos. El impacto humano en un curso de agua mediante la sedimentación puede tener un efecto drástico en cuanto a costos directos e indirectos. El aumento de la carga sedimentaria en un curso de agua puede:

- Ser una amenaza para las estructuras de los puentes. El costo del reemplazo de puentes destruidos generalmente se incrementa debido a la necesidad de aumentar la altura de los caminos de entrada y salida de dichas estructuras. Generalmente la nueva estructura debe ser más larga debido a que el curso de agua aumenta de ancho debido a la colmatación del cauce.
- Causar inundaciones en terrenos adyacentes debido a obstrucciones o a la menor capacidad de transporte de agua del curso de agua. En muchos casos, los caminos paralelos a cursos de agua son inutilizados debido a inundaciones o erosión. El costo de diseño y construcción de caminos alternativos al área afectada puede ser prohibitivo.
- Alterar artificialmente la dirección de un curso de agua. La mayor carga sedimentaria sobre el cauce puede causar desbordamientos en áreas que previamente no fueron canales de flujo. Las inundaciones consiguientes pueden dañar: viviendas, caminos, servicios (tales como líneas de energía eléctrica, agua y alcantarillado).

Prevención y Manejo de Sedimentos

Caminos

Material para la construcción de caminos

Se ha reconocido que el uso de material de construcción de mala calidad, sin el debido control de manejo, puede causar la sedimentación excesiva. La respuesta más sencilla a estos problemas es cubrir los caminos con material que no genere sedimentos corriendo con los costos de:

- Preparar el material adecuado (generalmente mediante perforación, uso de explosivos, chancado).
- Transportar el material de cobertura desde la fuente hasta el lugar de construcción
- Uso de productos sintéticos tales como:
  - -Geotextiles (tejidos y no tejidos) como medio de soporte para distribuir el peso o como medio para prevenir la contaminación del material de cobertura.
  - -Geogrillas para brindar fuerza tensil, longitudinal y lateralmente, para distribuir el peso de la maquinaria y los vehículos que usarán el camino.
  - -Geomallas para brindar confinamiento celular de suelos arenosos y permitir el uso de materiales friables para la construcción de caminos.
- Sin embargo, los factores económicos y la disponibilidad de materiales adecuados podrán evitar el uso de materiales nuevos para la construcción. La planificación y el manejo efectivos pueden permitir reducir costos y evitar impactos negativos de la sedimentación mediante:
  - Planificación efectiva:
    - Tiempo de uso del camino para evitar la generación de sedimentos.
    - Planificación de uso de los caminos durante períodos en los que éstos no se vean afectados por saturación hídrica.
  - Manejo de escurrimiento de sedimentos mediante:
    - Pozos de sedimentación.
    - Filtración mediante dispositivos de captación tales como rejillas de sedimentación.
    - Control de sedimentos generados en la superficie de los caminos en zonas aledañas a cruces de cursos de agua, con sistemas de captación tales como alcantarillas portátiles. Estos sistemas de control de sedimentos interceptan el agua y la dirigen a pozos de sedimentación o dispositivos de filtración.

Cunetas

La erosión de cunetas a causa de velocidad o volúmenes excesivos de agua se puede controlar mediante:

- Drenajes frecuentes. Se debe tener precaución de no drenar aguas a pendientes erosionables o pendientes que podrían hacerse inestables por la introducción de aguas concentradas.
- Disminución de la gradiente de las cunetas durante la etapa de planificación.
- Instalación de pequeños embalses de control en las cunetas.
- Uso de roca para el forrado de cunetas.
- Uso de vegetación (pastos y arbustos) para reducir el impacto erosivo del agua.

Taludes

Es necesario controlar la generación de sedimentos desde los taludes descubiertos, ubicados a lo largo de los caminos. Se puede reducir el área de suelo expuesto mediante:

- Uso de muros bajos para reducir la pendiente expuesta.
- Pendientes verticales en los taludes para protección de los elementos.
- Siembra de vegetación usando técnicas de bioingeniería y terraceo.

Relleno

Se puede reducir el área expuesta de relleno que puede generar sedimentos mediante:

- Ubicación del camino de modo que se eviten zonas extensas de relleno.
- Uso de métodos de construcción de caminos que reduzcan la cantidad de material de relleno:
  - Transporte de material sobrante a lugares seguros de almacenamiento de desechos.

- Uso de estructuras diseñadas para el soporte de caminos tales como muros de retención, etc.

Areas de Aprovechamiento

El impacto de vehículos a rueda u oruga, así como el arrastre de troncas tiene el potencial de concentrar agua y generar sedimentos que a su vez pueden tener los siguientes impactos negativos:

- Huellas profundas en el suelo. Esto tiene el potencial de acumular y transportar agua a través de las huellas creadas. La generación de sedimentos resulta del volumen y la velocidad excesivos del agua concentrada.

- Destrucción del suelo del bosque. Los puntos en que el suelo removido y extraído tiene la capacidad de acumular agua. Esto a su vez puede evitar el crecimiento de especies maderables en los lugares afectados.

- La compactación del la superficie puede obstaculizar el desarrollo efectivo de las especies aprovechables y acelerar el escurrimiento de agua. Se pueden planificar métodos de aprovechamiento que causen compactación de suelos, siempre que exista el compromiso de descompactarlo una vez finalizada la extracción y antes de la siembra de la nueva cosecha.

Los métodos para reducir el impacto pueden ser:

- Caminos temporales diseñados para su rehabilitación.

- Ruedas u orugas que ejercen menor presión sobre el suelo.

- Uso de productos de dispersión de peso tales como "Terra mat" que consiste en caminos construidos con llantas recicladas.

La generación de sedimentos se puede controlar mediante:

- Reducción del tiempo de exposición de suelos.

- Uso de métodos no invasores de aprovechamiento.

- Replantado del suelo expuesto durante la siguiente época de crecimiento vegetal.

- Uso de técnicas y productos artificiales para el control de la erosión tales como:

  - Siembra de semillas con fluidos estabilizadores.

  - Capas de control de erosión.

  - Aplicación de "Soil Guard", que es una capa de control de la erosión que se aplica por fumigación.

Extracción de la vegetación de las orillas de cursos de agua

La destrucción de la vegetación de las orillas de los cursos de agua puede tener una serie de efectos negativos:

- Pérdida de la cobertura y la sombra, lo que causaría un aumento de la temperatura del agua.

- Pérdida de materia vegetal e insectos.

- Pérdida de sistemas radiculares de las orillas.

- Pérdida de futuros residuos leñosos grandes que:

  - Funcionan como diques preventivos.
  - Canalizan el flujo de agua.
  - Ayudan a crear pozas.
  - Proporcionan sombra y protección para los peces.

Responsabilidad a largo plazo
(rehabilitación/desactivación)

La responsabilidad del sitio de aprovechamiento no termina con la extracción de la madera. Debe existir un compromiso a largo plazo hasta el próximo aprovechamiento. Existe una necesidad económica demostrada de rehabilitación del lugar de aprovechamiento para garantizar el crecimiento vigoroso de especies maderables, seguida por manejo durante la etapa de crecimiento.

Estabilidad del suelo y manejo hídrico

La estabilidad del suelo y el manejo hídrico tienen la misma importancia:

- Erosión eólica e hídrica. Se podrán necesitar pastos y leguminosas para estabilizar el suelo hasta que las especies naturales se establezcan.

- Estabilización de pendientes creadas por el desperdicio masivo de suelos debido a prácticas de aprovechamiento.

- Estabilización de pendientes creadas por el desperdicio masivo de suelos debido a métodos de construcción de caminos.

- Estabilización de pendientes creadas por el desperdicio masivo de suelos debido a la falta de mantenimiento de caminos.

- Falta de manejo hídrico en caminos forestales y pistas de arrastre.

- Cruces de cursos de agua. Diseño de estructuras adecuadas con cimientos ubicados fuera del perímetro de humedad y con alteraciones mínimas a las orillas.

- Construcción con miras a la desactivación

Al construir con miras a la desactivación, se ha comprobado que los altos costos iniciales pueden ser menores que cuando se desactivan caminos no planificados, en los cuales el costo de desactivación duplica el costo inicial de construcción.

Planificación y Manejo

La verdadera integración y armonía de la planificación y el manejo, junto con un buen programa de capacitación a corto y largo plazo, garantizarán el rendimiento forestal sostenido. La extracción del recurso forestal mediante el aprovechamiento y el transporte del producto por caminos y pistas puede afectar negativamente la base ambiental de las tierras y sus recursos. La planificación y el manejo pueden evitar el movimiento de sedimentos y mitigar los efectos negativos de la sedimentación. Mediante la planificación y el manejo efectivos, se pueden controlar los costos del aprovechamiento forestal.

Consideraciones sobre el Uso de Imágenes de Satélite en Areas Tropicales

Limitaciones, beneficios y nuevas tendencias

Ignacio Martínez Tudela

Resumen

El procesamiento digital de imágenes de satélite actualmente es una herramienta muy generalizada en la mayoría de las disciplinas que se relacionan al uso y manejo de los recursos naturales. Específicamente en el área forestal, esta disciplina ha demostrado su aplicabilidad en vastos sectores del planeta, sin embargo en sectores de clima tropical presentan algunos problemas, tales como la obstrucción de nubes, en el caso de los sensores óptico-fotográficos, y disponibilidad de plataformas (hardware y software) adecuadas de tratamiento digital en el caso de las imágenes radar.

Por otra parte, en el caso de los sensores ópticos-fotográficos existe una gran cantidad de ratios o índices que han demostrado probada eficiencia en las diferentes clases o tipos de cobertura que se encuentran en la superficie terrestre, específicamente en las masas forestales de los sectores tropicales. Ejemplo de esto encontramos en la experiencia acumulada en el propio proyecto BOLFOR.

En el Proyecto BOLFOR se han usado para elaborar mapas tipológicos forestales con probado éxito, imágenes de satélite del tipo LANDSAT-TM en alrededor de 1 millón de ha.

Por último, dada la evolución que esta disciplina ha tenido en los pasadas décadas, estamos convencidos que el mapa del futuro será una imagen de satélite georeferenciada tal como lo enunciara Larry Jordan presidente de ERDAS INC hace ya bastantes años atrás.

Consideraciones

Actualmente existen alrededor de 30 satélites de observación terrena que están orbitando la tierra para una variada gama de aplicaciones, tales como: meteorología, hidrografía, observación geológica y medio ambiente, de ellos debemos separar los pasivos y los activos.

- PASIVOS: son aquellos que dependen de una fuente emisora de energía externa (sol), tipo: LANDSAT, SPOT.

- ACTIVOS: son aquellos que emiten y captan su propia energía, tipo: ERS-1, RADARSAT, JERS (SAR)

Además pueden ser divididos en lo que se refiere a su resolución :

- ESPACIAL: se refiere a la mínima separación a la cual los objetos aparecen distintos y separados en la imagen. La actual resolución espacial o tamaño del pixel (elemento geográfico mínimo en una imagen), de los diferentes satélites de observación terrestre varía entre los 1,1 km. X 1,1 km. Hasta los 5 mts. X 5 mts, actualmente.

- GEOGRAFICA: se refiere a la extensión geográfica cubierta por cada exposición del sensor puede variar entre extensiones globales a 60 x 60 kilómetros.

Proyecto BOLFOR
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
Email: bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

- ESPECTRAL: se refiere al número y ancho de las bandas espectrales que puede registrar un sensor, una banda en el sensor SPOT-P, tres en el sensor SPOT-M, siete bandas en el sensor LANDSAT-TM.

- RADIOMETRICA: se refiere a la capacidad del sensor, para detectar variaciones en la radiancia espectral. La mayoría de los sensores en operación poseen 256 niveles de codificación por pixel (0 a 255) .

- TEMPORAL: se refiere a la frecuencia de cobertura que proporciona el sensor. El ciclo de cobertura está en función de las características orbitales de la plataforma. Puede variar entre los 18 y 3 días actualmente.

Por lo anteriormente expuesto el satélite ideal sería aquel que posea :

riqueza espectral
amplia cobertura geográfica
mayor frecuencia temporal
buena resolución espacial y radiométrica

Además deberíamos considerar aspectos tales como :

costo de la imagen
grado de afectación de las nubes, para aquellos fotográficos, óptico-electrónicos.
fecha de captura
experiencia en la interpretación y el uso de la imagen por la comunidad científica y el usuario final de la misma.

Otro aspecto que debemos considerar corresponde:

tipo de plataforma de software, algunos no poseen un módulo específico para procesar imágenes radar.
capacidad de almacenamiento y procesamiento del hardware (velocidad, ram, capacidad del monitor)

Radar vs Optico-fotográficos

Haremos una rápida comparación entre ambos tipos de imágenes :

RADAR: Tipo RADARSAT, ERS-1, JERS: pixel variable 10x10 mts, 3x3 mts, 1 banda espectral.

- ***Ventajas :***
  - buena distribución comercial
  - amplia cobertura geográfica
  - disponible sin importar cobertura nubosa

- ***Desventajas :***
  - poca resolución espectral
  - escaso conocimiento de algoritmos de clasificación digital
  - gran tamaño de archivo (600 mgb por file) aprox. difícil aceptación en el medio

Opticos-fotográficos: Tipo LANDSAT-TM, SPOT-M y P: pixel variable entre 30x30 metros, 20x20,hasta 10x10 metros respectivamente. 7 bandas espectrales en caso de LANDSAT, 3 bandas en SPOT-M y solo 1 BANDA en SPOT-P.

- ***Ventajas :***
  - son de amplio y reconocido uso
  - existe una variedad de índices standard en la disciplina para el caso de multiespectrales.
  - son de regular tamaño no más de 280 mb en caso de 7 bandas en LANDSAT, y de 48 mb en caso de SPOT-M 3 bandas.

- ***Desventajas:***
  - son muy afectados por la presencia de nubes.
  - su comercialización para Sudamérica depende actualmente de dos estaciones (ECUADOR, BRASIL), debido a los problemas de cobertura se espera ampliar con una en ARGENTINA.
  - difícil adquisición de data para algunos sectores. Por ejemplo de 1996 sólo existen 21 imágenes LANDSAT de Bolivia. La situación para 1997 no es muy diferente.
  - el satélite SPOT-M está con serios problemas de comunicaciones con las estaciones terrenas.

Por las condiciones propias de cada tecnología , todo indica que la unión de ambos tipos de imágenes (radar y óptico-fotográfico) sería la solución para las áreas tropicales, a pesar del elevado costo tanto del procesamiento como el de la escena resultante.

La mayoría de las experiencias de BOLFOR se han realizado sobre imágenes LANDSAT. Sin embargo la fecha de las imágenes es bastante antigua, la mayoría poseen una fecha anterior a 1993. Lo que dificulta el trabajo de campo debido a la obsolescencia de la misma. Existen también 3 imágenes de 1996 que han demostrado la importancia de la fecha de captura de la imagen.

Por ser este un punto relevante en el monitoreo ambiental, aspecto de vital importancia en la promulgación de la ley forestal, es que esperamos el lanzamiento del satélite IKONOS I que será puesto en órbita antes de fin de 1998, que por sus características de 1 metro en pancromático y de 4 metros en multiespectral, además de revisitas diarias, lo convierten en una herramienta muy valiosa para todas aquellas zonas, que como las nuestras deben esperar mucho tiempo para ser capturadas.

Anexo

Anexo

Lista de Participantes
"Simposio Internacional sobre Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical"

Camacho, Marlen
Unidad de Manejo de Bosques Naturales del CATIE
CATIE 7170
556-6431/556-169
556-1533
Turrialba
Costa Rica

Camargo Peñaranda, Leonor
BOLFOR
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Carden, Christopher
Anglo-Bolivian Agro-Forestry Associates
Casilla 1341
538241
538241
Santa Cruz
Bolivia

Castro J., Miguel A.
Castro, Julio
Cormadera
238124
Quito
Ecuador

Catari Choquehuanca, Mario
Bosque y Comunidad
Sanchez Lima 2231
casilla 7538 La Paz
2-350972
2-350972
La Paz
Bolivia

Centeno Erguer, Roberto Librado
INIFAP
Apartado Postal 13 "B"
Mérida,YUC. 97000
991-3-01-12
991-3-01-12
zohe@cirse.inifap.conacyt.mx
Mérida-Yucatán
México

Cerrogrande T., Gregorio
CIMAR-UAGRM
Av. Irala 565 Edif UAGRM,
3er. Piso
321636
321636
Santa Cruz
Bolivia

Chavez Pizarro Freddy
PROMETA
Alejandro del Carpio 659/casilla 59
3-3873
4-5865
prometa@uajms.bol
Tarija
Bolivia

Claros Antezana, Alberto
BOLFOR
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Collao, Javier
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Cordero, William
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Cruz, Freddy
CERES
42-93150
Cochabamba
Bolivia

Dancé Caballero, José Javier
Univ. Nal. Agraria La Molina
Av. La Universidad s/n-
Apatado 14-0297
51- 434 2925
51-437 7912
jdance@redinf.edu.pe
Lima
Perú

Davalos Camargo, Guido
Universidad San Francisco Xavier
Regimiento Campos,
Fac. de Tecnología/casilla 259
60865
60865
Sucre
Bolivia

Del Valle Arango, Jorge Ignacio
Univ. Nal. de Colombia-Sede Medellin
cra.64 con calle 65 Autopista Norte
230 70 79 Ext.16 o 17
230 54 89
jidvalle@perseus.unalmed.edu.co
Medellin
Colombia

Dickinson, C. Joshua
Tropical Research and Development
7001 SW 24th Avenue, Gainesville
352-331-1886
352-331-3284
jd@trd.com
Florida 32607
USA

Dingler, Bernhard
ETSFOR
Av. Atahuallpa final (Temporal)
/casilla 447
42-46956

42-46956
Cochabamba
Bolivia

Duran Vargas, Octavio
CSUTCB
Pisagua 618/casilla 11589
364975
364975

La Paz
Bolivia
Durini, Juan Manuel
SETRAFOR
Av. Moran Valverde y Panam Sur,
Km. 9,5/casilla 17-01-150
593-2-676700/677376
593-2-674016

Quito
Ecuador
Dykstra, Dennis
CIFOR
Situ Gede,
indangbarang
62-251-622-622
62-251-622-100
d.dykstra@cgnet.com
Bogor Barat 16680
Indonesia

Escalier Hinojosa, Mario
Proy. Apoyo a la Coordinación e Implementación del Plan de Acción Forestal para Bolivia (GCP/BOL/028/NET)
c/Batallón Colorados, Ed. El Condor, piso 11/casilla 7485
2-355694/390216
2-352722/390222
pafbol@pafbol.rds.org.bo
Cochabamba
Bolivia

Fairlie. Tommy
Agencia For International Development, USAID/Lima
Larrabure y Unanue 110
511-433 3220
511-433 7034
tfairlie@usaid.gov
Lima 1
Perú

Fara, Nazareno Rodrigo
Facultad de Cs. Forestales
Bertoni 124, km3 El Dorado
54-751-31526/31729
54-751-31766
3382 Eldorado-Misiones
Argentina

Florencio Churqui
Veterinarios sin Fornteras
calle Domínicana 2109/Casilla
9354 La Paz
2-226640/832-9999
O2-226640
vsf@vsf.ros.org.bo
Rurrenabaque
Bolivia

Frere, Ludovic
Veterinarios sin Fornteras
calle Domínicana 2109/Casilla
9354 La Paz
2-226640/832-9999
O2-226640
vsf@vsf.ros.org.bo
Rurrenabaque
Bolivia

Frontanilla Camara, Fernando
FAO-Chapare
Av. Abecedario s/n/casilla 1216
O411-4306
O411-4306
chimore
Bolivia

Galvez, Juventino
Unidad de Manejo de Bosques Naturales -Plan de Accion Forestal
Avenida Las Americas
20-12, zona 13
00-502-3340546/47
331-8309
pafg@infovia.com.gt
Ciudad de Guatemala
Guatemala

Gibson, David
Chemonics International
1133, 20th. St. NW
802-9557457
802-9557550
dgibson@chemonics.com
Washington DC 20036
USA

Goitia Antezana Jorge
PERTT
Las Barrancas Km. 2½/casilla 1374
44997/44995
44998
pertt@uajms.bo
Tarija
Bolivia

Gonzales Paniagua, Víctor Hugo
La Chonta ltda
Carretera al Norte Km 8½
421213
421215
Santa Cruz
Bolivia

Gonzalez Chaverri, Pedro
Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcanica Central (FUNDECOR)
Costado Norte Iglesia Católica
Puerto Viejo de Sarapaqui/CP 54-3069
506-7666147/7666183
506-7666203
operac@fundecor.icr.co.cr
Heredia
Costa Rica

Guarderas, Andrés
SETRAFOR
Av. Moran Valverde y Panam Sur,
Km. 9,5/casilla 17-01-150
593-2-676700/677376
593-2-674016
Quito
Ecuador

Guariguata Manuel
CIFOR
CATIE
5560401
5561533
mguarigu@computo.catie.ac.cr
Turrialba
Costa Rica

Guillén, Abraham
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Guzman, Gustavo
Programa de Repoblamiento Forestal (PROFOR)
carretera al Chapare km 13/Chimboco
70141/70842
70714
profor@llajta.nrs.bolnet.bo
Cochabamba
Bolivia

Guzmán Gutiérrez, Rudy Alberto
BOLFOR
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Hanrahan, Michael
Grimes, Alicia
USAID
Room 240, Lynn Bldg, 1111 N° 19th Street, suite 240 Arlington, VA 22209
703-235 4913
703-2354966
mhanrahan@usaid.gov
Arlington
USA

Heinrich, Rudolf
FAO
Viale delle Terme di Caracalla-00100 Roma
52254727
52255618
rudolf.heinrich@fao.org

Henriquez Requena, Armando
Grupo de Consultores Asociados
Potosí 426
36-8284
36-8284
Santa Cruz
Bolivia

Hernandez Perez, Jesus Victoriano
UZACHI
Hidalgo No.1 Capulálpam de Méndez C.P. 68760
951-35671
951-35671
era@antequera.com
Mexico

Herrera, José Carlos
BOLFOR
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Howard, Andrew.
UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA
2357 Main Mall Vancouver,B.C.
Canadá V6T 1Z4
604-822-3794
604-822-8645
ahoward@unixg.ubc.ca
Canadá
EE.UU.

Imaña Encinas, José
Universidad de Brasilia, Dpto. Engenharia Florestal
Caixa Postal 04357, CEP 709-9700
55-61-2736026
55-61-3475458
imana@guarany.cpd.und.br
Brásilia DF
Brasil

Kay L., Eric
Kay and associates
8712 Island highway, Black Creek, BC V9J 1 k5
250-337-5096
250-337-5096
erickay@mars.ark.com
British Columbia V9J 1K5
Canada

Keim, Carlos
SETRAFOR
Av. Moran Valverde y Panam Sur, Km. 9,5/casilla 17-01-150
593-2-676700/677376
593-2-67401C

Quito
Ecuador
Lacayo Ortiz, Blanca Isabel
Programa de Transporte para las Regiones Autónomas Nicaragua, Embajada Danesa.DANIDA
Casa de Gobierno Regional, Programa de Transporte, DANIDA/casilla 31
00-505-8221204
00-505-8222578
dantrans@ibw.com.ni
Bluefields
Nicaragua

Langholtz, Matthew
Cuerpo de Paz (EEUU) Paraguay
Chaco boreal 162
595-21-600155
595-21-606650
Asunción 1586
Paraguay

Ledezma Vargas, José Freddy
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Licona, Juan Carlos
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Linares Prieto, Ricardo
CONIF
Cra. 50 # 27-70 Bloque C; Módulo 1 of 503/A.A. 095153
2218624/3150736
2213473
conif@trauco.colomsat.net.co
Santafé de Bogotá
Colombia

Lopez, Gustavo
Grupo CODESA
Ecuador

Lozano, David
USAID
Calle 9 Obrajes
786147
786654

La Paz
Bolivia
Mancilla Terrazas, Richard Fernando
Superintendencia Forestal
Av. San Martín esq. Calle 7 - Este/casilla 622
430060
430060
Santa Cruz
Bolivia

Marecos, Victor Armando
Facultad de Cs. Forestales
Aconcagua 31, km3 El dorado
54-751-31526/31729
54-751-31766
3382 Eldorado-Misiones
Argentina

Martinez, Ignacio
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Martinez, Ricardo
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Martínez Martínez, Leonardo
Emp. Maderera "Berna"Ltda
Km. 9½ al Norte/2480
421243-421245

421246-421017
maderas@mitai.nrs.bolnet.bo
Santa Cruz
Bolivia

Matkovic Vransican, Damir
PROMABOSQUE
Av. Roca y Coronado final-lado izquierdo
525168
525169
Santa Cruz
Bolivia

Melgarejo Rojas, Orlando
BOLFOR
Prolongación Beni 149
36-4696
364319
bolfor@mitai.nrs.
bolnet.bo
Santa Cruz
Bolivia

Merlo Mamani, Froilan
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Meza, Elsa
Shaman Pharmaceuticals Inc.
Jr. Ribeyro 234-Dpto. 402
4230115
4230115
elsameza@amaura. rcp.net.pe
Lima 11
Peru

Miranda, Fernando
BOLFOR
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo
Molina Cabrera, Viviana

CARE-BOLIVIA
Av. Velarde 53/casilla 6319
370607
431184
carescz@mitai.nrs.bolnet.bo
Santa Cruz
Bolivia

Montenegro, Fernando
Fundación Forestal Juan Manuel Durini
Av. Morán Valverde s/n y Panam Sur
670631/676700
593-2-674016
Quito
Ecuador

Morales Rios, Eddy Alberto
CATIE
Cattie 7170
556-6431/5560159
5561533
emorales@catie.ac.cr
Turrialba
Costa Rica

Moreno Hurtado, Flavio H.
Univ. Nacional de Colombia, Sede Medellin
carrera 65 x calle 64/A-A. 568
230709
2305489
fhmoreno@perseus.
unalmed.edu.co
Medellin
Colombia

Murillo S., Carlos
Secretaria Ejecutiva -Programa PL 480
Edificio Hansa casilla 7353
390015/371262
320809
sepl@utema.bolnet.bo
La Paz
Bolivia

Muñoz Braz, Evaldo
EMBRAPA-CPAF
P:O. Box 392
68-2243933/31
emb@mdnet.com.br
Rio Branco-Acre
Brasil

Muñoz Calvo, Ronny R.
Colegio de Agrónomos de Costa Rica
Residencial Los Colegios Morabia
235-6909
236-2841
240-2642
nazareno@sol.racsa.co.cr
San José
Costa Rica

Navia Marical, Hugo
CEDICA
Masicuri 131, esq. Moro Moro / casilla 3915
532003
539811
Santa Cruz, Bolivia

Navia Ribera, Carlos
CIDDEBENI
A. 6 de Agosto esq. 27 de Mayo/casilla 159
046-22824
046-21716
cnaviari@cidebeni.rds.org.bo
Beni
Bolivia

Nittler, John
BOLFOR
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Nuñez R., Roberto
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Paredes, Dardo Raul Ernesto
Facultad de Cs. Forestales/estudiante
Bertoni 124, km 3 Eldorado
3382 Eldorado-Misiones
Argentina

Pariona Arias, William Raúl
Proyecto Especial Pichis Palcazu
Pampa del Carmen s/n. La merced
064-531235
064-531235
Chanchamayo
Peru

Pariona Fonceca, Mario
OXFAM AMERICA-Lima
General Silva 151/casilla 18-0521
51-1-4465975
51-1-4446732
postmast@oxam.org.pe
Lima 18
Perú

Pattie, Preston S.
Chemonics
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
ppattie@tabausi.nur.edu
Santa Cruz
Bolivia

Perez Salicrup, Diego R.
University of Missouri-St. Louis
UM-St. Louis, 8001 Natural Bridge Rd.
(314)516-6256
(314) 516-6233
s955340@umslvma.umsl.edu
St. Louis, MO 63121-4499
USA

Peña Flores, Freddy
C.F.V.
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Peña Rios, Jaime
FUPAGEMA
España esq.Mayor Rocha
456
86117
86117
Cochabamba
Bolivia

Peña, Marielos
PROMAB
P.O. BOX 107
591-852-8243
591-852-8243
rboot@ruubool.rds.
org.bo
Riberalta-Beni
Bolivia

Pierront, María Katherine
CIMAR-UAGRM
Av. Irala 565, 3er. Piso/casilla 3184
36-2593
32-1636
gballiv@mitai.nrs.bolnet.bo
Santa Cruz
Bolivia

Pinard, Michelle
Departament or Forestry, Univ. of Aberdeen
MacRocert Building, Aberdeen
AB24 5UA
44-1224-274110
44-1224-272685
m.a.pinard@abdn.
ac.uk
Aberdeen
United Kingdon

Pineda, Pedro
Unidad de Manejo de Bosques Naturales del CATIE
1ra. Calle C 1-41-Prado Sonora-Villanueva
631-1092
Guatemala
Guatemala

Pinelo Morales, Gustavo Israel
PROYECTO CATIE-CONAP
Ciudad Flores, Peten, Frente al Hotel Sabana
502-9260-623
502-9260-623
pccatie%pccatie@mayafor.org.gt
Peten, Guatemala, C.A.
Guatemala

Porras, Carlos
Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcanica Central (FUNDECOR)
Costado Norte Iglesia Católica
Puerto Viejo de Sarapiquí
506-7666147/
766-6183
506-7666203
operac@fundecor.icr.co.cr
Heredia
Costa Rica

Prado Rodriguez, Segundo Lenin
Ecuador

Putz, Francis
Universidad de Florida
Gainesville,FL 326611
352-392-1175
352-392-3993
rclaudia@grove.ufl.
edu
Gainesville
EE.UU.

Rabaj, Said
Gobierno Departamental-Prefectural
52-3123
46-6213
46-6213
Santa Cruz
Bolivia

Ramírez Angulo Hirma
Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal Univ. de los Andes
Via Chorros de Milla-INDEFOR,Facultad de Cs. Forestales y Ambientales
5874-401598
401581
58-74-401519
401503
rhirma@ing.ula.ve
Mérida
Venezuela

Rautenberg, Alberto
Universidad Nacional de Asunción
595-21-585606
595-21-585610
Asunción
Paraguay

Ridder, Michel
Plan Acción Forestal
P.O. BOX 932
476266
466213
ridder@roble.scz.
entelnet.bo
Santa Cruz
Bolivia

Roca Lea Plaza, Roberto
Unidad de Forestación-HAM
Lucas Jaime 2073/casilla 819/Jardín Botánico
225274
La Paz
Bolivia

Rocha Antonio/Quintela Rafael
CADEX
Av. Velarde 150
362030
Santa Cruz
Bolivia

Rodriguez Juan, Steiner Winfried
Proyecto de Investigación Agricola Forestal
Sapecho-La Paz-Alto Beni/casilla 6546
2-421450
2-415918
La Paz
Bolivia

Rojas Espinoza, Edilberto
Red Nacional Semillas Forestales-BASFC
Km 13 carretera Chapare-Chimboco-Sacaba
71696
71696
renaser@llajta.nrc.
bolnet
Chimboco-Sacaba
Bolivia

Rojas Ruiz, Roberto
Universidad Nal. Amazonía Peruana
Pevas 541
239141
234141
Iquitos
Perú

Romero, Claudia
Universidad de Florida
Gainesville,FL 326611
352-392-1175
352-392-3993
rclaudia@grove.ufl.edu
Gainesville
EE.UU.

Rosholt Chavez, Steve
BOLFOR
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Rossell Guzmán, Irma Diana
Guzman Landivar y Asoc.
Av. Busch 183/casilla 1431
370303
342221
Santa Cruz
Bolivia

Rubey, Lawrence
Oficina de Desarrollo Agropecuario y Rural,
USAID/Bolivia
Calle 9 N°104, Obrajes/casilla 4530
786358
785712
rubey@usaid.gov
La Paz
Bolivia

Rumiz, Damian I.
BOLFOR
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Sabogal Cesar A.
CIFOR
JL. CIFOR, Stu Gede
62-251-622622
62-251-622100
c.sabogal@cgnet.com
Bogor
Indonesia

Saca Fernandez, Julio Fernando
UMSA-Facultad de Agronomia
Calle Heroes del Acre 1850, esq. Landaeta
La Paz
Bolivia

Sainz Villbrandt, Juan Roberto
Fundación BOLINVEST
calle Tamarindo 415, Barrio Los Tusequis/Casilla 3224
473754/473755
471808
bolinvsc@mitai.nrs.bolnet.bo
Santa Cruz
Bolivia

Sanchez Ruíz, Alberto
Aserradero Sutó Ltda
463050
Santa Cruz
Bolivia

Sanchez Sanchez, Mario Javier
Consultor Forestal
Nuñez del Prado #838-Casilla 1036
591-66-34824/341466
Tarija
Bolivia

Sanchez, Joaquin
COHDEFOR/CEMAPIF
Esnacifor/Apartado Postal 122
504-730525/730044
504-730525/730044
coordina%cemapif@sdnhon.org.hn
Siguatepeque
Honduras

Sandi Chinchilla, Carlos Luis
EARTH
4442-1000 San José
506-255-200
506-255-2726
olopez@ns.earth.ac.cr
San José
Costa Rica

Saravia Patón, Pedro
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Saravia, Raquel Rut
Proyecto Desarrollo Agroforestal en Comunidades Rurales del Noroeste Argentino-GTZ
España 2076
54-87-311354
54-87-311354
gtz@ciusa.edu.ar
Salta 4400
Argentina

Silva da Gama, Zenobio A.G.P.
FUNTAC-FUND.de Tec. Do Acre
Av. Das Acácias, lote 1 zona A
55-68-2292304
55-68-2291665
floresta@cce.uspr.br
Curitiba /Paraná
Brasil

Tanner, Hans
Costa Rica

Tejada, Alicia
Apoyo Municipal Guarayos
Santa Cruz
Bolivia

Terán, Mauricio
BOTROSA
Whimper 199 y Av. Orellana
593-2-223553/4/5
593-2-223455

Thews, Cristobal
Universidad de Misiones
Misiones
Argentina

Thompson, Ian
EMBRAPA-CPATU ODA
CP 48
55-91-2465268
55-91-2269845
ian@amazon.com.br

Torres Lezama, Armando
Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal/Universidad de Los Andes
Via Los Chorros de Milla.
INDEFOR. Facultad de Cs. Fores. y Ambien- tales ULA
58-74-401507/401581
58-74-401519
torres@ing.ula.ve
Merida
Venezuela

Townsend, Wendy R.
CIDOB
Villa 1ro. de Mayo
477050 -526919

477050
wendyt@wara.
bolnet.bo
Santa Cruz
Bolivia

Trocello, Fabian Javier
Argentina
Bertoni 124, km3 Eldorado
54-751-31526/31729
3382 Misiones El dorado-Misiones
Argentina

Ugarteche, Carlos E.
Alcaldia Municipal
Santa Cruz
Bolivia

Ulrike, Wagner
Universidad de Freiburg
Tennenbacher Str 4, 79085
Freiburg
49-761-2038623
49-761-2033781
uwagner@ruf.uni-freiburg.de
Freiburg
Alemania

Valenzuela Turdera, Lucía
Museo Noel Kenpff Mercado
Av. Irala
Santa Cruz, Bolivia

Valerio, Juvenal
Instituto Tecnológico de Costa
Rica
casilla 159 7050
506 55 253 33
506-591-33 15

Vallejos Barra, Oscar Santiago
universidad de Talca
2 norte 685/casilla 747
71-200432
71-200428
ovallejo@pehuenche.utalca.cl

Vallejos, Cristian
BOLFOR
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo
Vargas Muñoz, Julio O.

ETSFOR
Av. Atahuallpa final
casilla 812
92343/92501
46956
Cochabamba
Bolivia

Vasquez Merino, Edgar
Asociación Ecuatoriana de
Industriales Madereros AIMA
Av. Amazonas y República,
edif. Las Cámaras, piso 7
454386/45391
439560

Quito
Ecuador
Vásquez Rioja, Wilder
BOLFOR
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla 6204,
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Fax:591-3-480854
Tel: 591-3-480766-480767
bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Vega, Leonidas
Consultor Forestal
casilla 3310
042-82032
042-82032
Cochabamba Bolivia

Veloz, Lino
Fundación Juan Manuel Durini
Av. Moran Valverde y Panam Sur,
Km. 9,5/casilla 17-01-150
593-2-676700/677376
593-2-674016
593-2-674016
Quito
Ecuador

Vilchez Baldeon, Hector
Instituto de Recursos Naturales-
INRENA/Proyecto ITTO-PD9/95
Av. 28 de julio 482
51-84-572822
51-84-572822
minagmdd@correo.
net.com.pe/minagmd@amauta.rcp
.net.pe
Puerto Maldonado
Perú

Villagra A., Oscar
CIPCA-SC
Av 26 de Febrero 652/casilla 652
521884
532338
Santa Cruz
Bolivia

Villalobos, Roger
Unidad de Manejo de Bosques
Naturales del CATIE
CATIE 7170
556-6431/556-169
556-1533
Turrialba
Costa Rica

Villarroel, Luis
Programa de Repoblamiento
Forestal (PROFOR)
carretera al Chapare km
13/Chimboco
70141/70842
70714
profor@llajta.nrc,
bolnet.bo
Cochabamba
Bolivia

Whitmore,Jacob L.
USDA-Forest Service-Forest
Management
P.O. Box 96090, Washington. DC
20090-6090
1-202-205-1149
1-202-205-1551
whitmore@worldweb.net

Yegros, Juan Manuel
Facultad de Cs. Forestales
San Martín 2078
54-752-27574
54-751-31766
Posadas
Argentina

Yocum, Carleen
USDA Forest Service and USAID
International Institute of Tropical
Forestry/P.O. Box 25000
787-7665335
787-7666263
104750.2215@
compuserve.com
Rio Piedras
Puerto Rico

Zabala, Carlos
CEDICA
Masicuri 131-Esq. Moro Moro
532003
539811
Santa Cruz
Bolivia

Zalles Flossbach, Maria Teresa
Forestal Independiente
Casilla 3915
01397228
Santa Cruz, Bolivia

311