



Universidad de Bogotá
JORGE TADEO LOZANO

REFORESTACIÓN

CONFERENCIAS DE WILLIAM E. LADRACH

Abril 6 y 7, 2005

UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ

JORGE TADEO LOZANO¹

CONTENIDO

	<u>Página</u>
Situación forestal mundial actual y sus perspectivas	1
Resumen.....	1
Los bosques del mundo	1
Los bosques de América Latina	2
El comercio internacional de maderas	6
Conclusiones.....	13
Referencias	14
Industrialización de la madera, estrategia, política e impactos en la economía de escala.....	16
Resumen.....	16
Recuento mundial	17
Productos forestales elaborados con madera proveniente de plantaciones	19
La economía de plantaciones de madera para aserrío	23
La importancia de los incentivos forestales.....	28
Referencias	31
Ecología forestal, mitos y realidades	32
Resumen.....	32
Introducción.....	33
La relación entre los suelos y las especies forestales.....	33
Los eucaliptos y el medio ambiente	35
La teca y el suelo	38
Plagas y enfermedades en plantaciones forestales	39
La tala rasa versus el corte selectivo	42
Alelopatía	43
Plantaciones forestales y la fauna silvestre.....	45
Referencias	47

^{1/} E-mail: direccion.investigaciones@utadeo.edu.co PBX 2427030 ext 3160/63,
Bogotá

SITUACIÓN FORESTAL MUNDIAL Y SUS PERSPECTIVAS

William E. Ladrach²

RESUMEN

Los bosques cubren el 30% de la superficie del mundo, ha habido una pérdida promedio de 0,2% de los bosques entre 1990 y 2000. En América Latina el 10,3% del área boscosa está dentro de las reservas forestales y los parques nacionales. La pérdida del bosque natural es síntoma de otros problemas sociales incluyendo la falta de estímulos económicos y la generación de puestos de trabajo en los municipios y zonas rurales.

Las maderas tradicionales, provenientes de los bosques naturales, que había en el comercio se están acabando. En el futuro, la producción de maderas para el comercio vendrá cada día más de las plantaciones forestales. En América Latina hay 12 millones de hectáreas de plantaciones forestales y se proyecta aumentarlas a 17 millones para el 2020. La reforestación ha sido más exitosa en los sitios en donde ha habido incentivos fiscales para su desarrollo, como en Brasil, Chile y Costa Rica. El nuevo producto de los bosques naturales es el turismo ecológico.

LOS BOSQUES DEL MUNDO

La FAO³ reporta que en el año 2000, los bosques cubrían el 30% de la superficie del mundo (Cuadro 1). Hubo una pérdida de 9,4 millones de has. entre 1990 y 2000, o sea una pérdida del 0,2% en el área forestal, una pérdida menor que en los diez años anteriores (FAO, 2001). Las pérdidas en el área forestal durante la última década fueron más grandes en África (0,8%), seguidas por Sur América (0,4%). En Europa hubo una ganancia neta en el área forestal de 0,1% durante este lapso. Europa también es la región con la mayor área en bosques del mundo, con más de mil millones de has. o sea, el 46% de su área total, seguida por Sur América con 875 millones de has., lo cual es el 51% de su área total.

^{2/} Presidente, Zobel Forestry Associates, Inc., zfa@att.net, y profesor adjunto, de la Universidad Estatal de Carolina del Norte, Raleigh, North Carolina, USA.

^{3/} La FAO es la Organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas con sede en Roma.

Cuadro 1. Las áreas forestales del mundo en 2000 (FAO, 2001)⁴

Región	Área Terrestre millones de has	Área Forestal millones de has	Relación Forestal/ Total %	Área	Cambio en el Área		Área	Área
				Forestal Región/ Mundo %	Forestal, 1990-2000 millones de has	%	en Bosque Natural millones de has	en Plantaciones Forestales millones de has
Africa	2,978	650	22	17	-5.3	-0.8	642	8
Asia	3,085	548	16	14	-0.4	-0.1	432	116
Europa	2,260	1,039	46	27	0.9	0.1	1,007	32
Norte y Centro América	2,137	549	26	14	-0.6	-0.1	532	18
Oceania	849	198	23	5	-0.4	-0.2	194	3
Sud América	1,755	886	51	23	-3.7	-0.4	875	10
Total Mundo	13,064	3,869	30	100	-9.4	-0.2	3,682	187

LOS BOSQUES DE AMÉRICA LATINA

Existencia Forestal

La FAO proyecta el área de bosque natural en la América Latina para el 2020 de 887 millones de has., una reducción del 8% en comparación con los 964 millones de has. existentes en el 2002. Es decir, en 2020, los bosques naturales ocuparán el 47% de la superficie de la América Latina. Esto es una tasa de pérdida del bosque natural de 0,4% por año durante ese lapso. En el Brasil, los bosques naturales cubren el 66% de la superficie del país, mientras que las plantaciones forestales cubren apenas el 0,5% de la superficie⁵.

En el año 2000, había 12 millones de has. de plantaciones forestales en la América Latina. Para el año 2020 la FAO proyecta un aumento a 17 millones de has. Brasil, que actualmente tiene 5 millones de ha en plantaciones forestales, está planeando una expansión agresiva durante los próximos años. Chile, que tiene 2 millones de has. en plantaciones está proyectando añadir otro millón de has. en plantaciones, éstas más que todo en el Sur en Chiloé y sus alrededores.

Las áreas en América Latina bajo protección ambiental en la forma de reservas forestales, parques, bosques nacionales y corredores biológicos, se aumentaron de 17 millones has. en 1950 a 970 millones de has. en 1996. Esta última cifra es un 10,3% del área forestal de la región. Durante los próximos 20 años, se proyecta la formación de mas áreas bajo protección ambiental.

^{4/} La FAO ubica las tierras de la Federación Rusa dentro de Europa, ya que no hubo separación de los datos rusos por las partes europeas y asiáticas.

^{5/} Fuente: SBS: Sociedad Brasileira de Silvicultura, www.sbs.org.br

La Destrucción de los Bosques Naturales

La población tiende a migrar a donde hay esperanza de empleo, situación crónica de la migración de campesinos a las ciudades, pero también existe la migración de personas de las ciudades y de las zonas rurales hacia las áreas forestales y las selvas con esperanza de abrir sus parcelas y ganar la vida con la agricultura de subsistencia. En una abrumadora mayoría de casos, esto no ha sido exitoso por la simple razón de que la gran mayoría de las áreas con suelos cultivables y productivos ya están descubiertos y las áreas no productivas para cultivos agrícolas son las que todavía están bajo cobertura forestal⁶.

La tala de los bosques para productos forestales no significa la destrucción del bosque, mas bien es la extracción de la madera que tiene valor comercial. Si se cosechan los bosques naturales y se dejan los árboles pequeños en pie, el bosque se recuperará en cuanto a su productividad y su diversidad. Este es el concepto de la utilización sostenible de los bosques y es ampliamente reconocido. No obstante, la construcción de caminos de acceso hechos por las empresas madereras permite la entrada a persona ajenas quienes aclaran el bosque, convirtiéndolo en áreas destinadas a otros usos, como la ganadería y la agricultura migratoria.

Es importante reconocer que este hecho es, mas bien, síntoma de otros problemas sociales. La conversión de tierras forestales a tierras no forestales se debe a varios factores, incluyendo la falta de suficiente empleo tradicional para la población rural, la falta de estímulos a las economías nacionales para el desarrollo de nuevos empleos para sus crecientes poblaciones y también por la creación de los incentivos fiscales mal concebidos que fomentan la conversión de áreas forestales en áreas no forestales.

En Panamá y en Costa Rica (entre otros), ha habido una situación que ha sido causa de la deforestación por una combinación de factores como la falta de empleo, la pobreza del suelo y los estímulos económicos mal dirigidos. Un ejemplo típico es: El campesino va al monte, tala el bosque y establece su parcela con cultivos. Al cabo de uno o dos años esto no resulta productivo pero, la tierra despejada tiene valor para los ganaderos que quieren expandir sus pastizales. Entonces, el ganadero adquiere la tierra del campesino y siembra pastos comerciales⁷, los cuales sostienen el ganado durante varios años, pero al mismo tiempo el sobrepastoreo empobrece la tierra aún mas y fomenta la erosión. Se encuentran casos clásicos de este fenómeno en los alrededores de los lagos de Alajuela y Gatún, los cuales abastecen las aguas para el funcionamiento del Canal de

^{6/} Hay que tomar en cuenta que, durante miles de años, nuestros antepasados viajaron por casi todas las tierras del mundo buscando un lugar en donde ubicar sus parcelas agrícolas. Las áreas más productivas son las que hoy día están en cultivos y las que no fueron productivas se abandonaron y quedaron en (o volvieron a) bosque.

^{7/} A menudo, los pastos sembrados para la ganadería son especies exóticas (introducidas) que son sumamente agresivos, reemplazando y eliminando la vegetación nativa. En muchos casos se siembran pastos del género *Brachiaria*, ampliamente reconocidos por su agresividad y alelopatía.

Panamá, el cual se encuentra en peligro de carecer del agua necesaria para su operación normal. Las cuencas de estos lagos están deforestadas en un 60%, resultando en una disminución en la producción continua de agua de las cuencas y, como resultado de la erosión subsiguiente y una reducción en la capacidad de los lagos debido a la acumulación de lodos en ellos (Gardner-Outlaw & Engleman, 1999).

En la década de 1950, muchos países adoptaron una política de producción doméstica según el modelo de la Comisión Económica para América Latina (Krueger y otros, 1990). La intención de dicha legislación fue crear una autosuficiencia de productos agrícolas y forestales en cada país al incentivar la agricultura y prohibir la exportación de trozas de madera no elaboradas. Aunque tal legislación tenía buenas intenciones, su efecto a largo plazo fue devaluar la madera en los bosques y estimular la conversión de los bosques a cultivos agrícolas, muchos de las cuales no fueron rentables. Según el economista Costarricense, Dr. Rigoberto Stewart, las políticas de prohibición de exportación de trozas de madera en Costa Rica, Ecuador y Bolivia resultó en la reducción del valor de la madera en pie de especies valiosas y por consiguiente, la pérdida de su valor inherente con su conversión a madera aserrada en aserraderos locales ineficientes y anticuados (Stewart, 1994, Howard, 1995). Stewart argumenta que si los gobiernos levantan las restricciones contra el mercadeo de la madera del bosque natural y se eliminan las trabas burocráticas contra su movimiento normal en los mercados nacionales e internacionales, el bosque se valorizará y se cuidará.

De hecho, Costa Rica ha recuperado grandes áreas forestales. En 1970 su área forestal fue 2,4 millones de has. el cual se disminuyó a 1,4 millones de has. por 1984. No obstante, con varias iniciativas e incentivos, el área forestal se había aumentado a 2,3 millones de has. en el 2000, área casi igual a lo que había en 1970. Este aumento del área forestal costarricense se debe a la protección de los bosques en pie, la recuperación de bosques degradados y a la reforestación. En 1996, Costa Rica inició el Fondo Nacional para el Financiamiento Forestal, el cual hace préstamos para la reforestación y el mercadeo de la madera y en el 2001 el país contaba con 110.000 has. en plantaciones industriales⁸.

La reforestación industrial ha sido más exitosa en los países en donde ha habido incentivos fiscales para su desarrollo. Brasil inició una serie de incentivos fiscales en 1967 para la reforestación, para la ganadería y para la pesca. Esa legislación resultó en un aumento muy marcado en la tasa de reforestación y en el lapso de diez años, Brasil se convirtió de un importador neto a un exportador importante de productos forestales (Víctor, 1977). En 1967, había 3 plantas de celulosa en el país, pero este número creció a 31 plantas en 1971. Aunque los incentivos para la reforestación se eliminaron en 1987, el país ya tiene una industria forestal fuerte que hace contribuciones significativas a la economía nacional. En 2004, Brasil exportó US\$ 2,4 mil millones en productos forestales y, para el 2020, se proyecta

⁸/ Fuente: FONAFIFO, Fondo Nacional para el Financiamiento Forestal, www.fonafifo.com

una exportación de US\$ 12 mil millones y se capturará el 6% del comercio internacional de productos forestales⁹.

En el Brasil, las universidades han trabajado en llave con la industria creando cooperativas de mejoramiento genético y cooperativas para mejorar las técnicas de silvicultura y cosecha. El uso de material genéticamente mejorado, la buena preparación del suelo, la plantación de material clonal, la fertilización y el control de la competencia de pastos y malezas ha resultado en aumentos importantes en la productividad forestal. Entre 1987 y 2004, la producción industrial forestal del Brasil se duplicó, mientras que la base forestal quedó casi constante con 5 millones de has. en plantaciones. Gracias a las muy significativas inversiones en los aspectos científicos y tecnológicos realizados por las universidades, la industria y otras instituciones de investigación¹⁰ se ha logrado este éxito. Además, la industria forestal ha logrado avances importantes en la protección ambiental y en el bienestar de las personas que trabajan en la industria y aquellos que viven cerca a ella.

De modo similar, los incentivos para la reforestación en Chile han dado como resultado una contribución importante del sector forestal a la economía chilena y a la exportación. Los incentivos se iniciaron en 1974 cuando Chile contaba con 70.000 has. en plantaciones, pero al lapso de diez años esa cifra subió a 400.000 has. Según encuestas iniciales hechas a los propietarios privados, uno de los aspectos mas importantes de los incentivos fiscales chilenos fue el derecho del propietario de manejar sus plantaciones y cortarlas a su discreción, sin restricciones del gobierno sobre el manejo o sobre la tala.

Los incentivos chilenos fueron eliminados totalmente en 1995, pero por el año 2000 había 2 millones de has. en plantaciones forestales. Además del establecimiento de una industria importante de celulosa, Chile ya tiene 2.447 fábricas grandes y pequeñas de muebles y componentes de muebles y muchas de ellas dependen de las plantaciones de pino para su materia prima¹¹. La industria de muebles emplea 25.000 personas en forma directa y exporta US\$ 52 millones anuales. Además, Chile es un exportador importante de molduras y marcos de ventanas y puertas producidas con el pino proveniente de sus plantaciones.

⁹/ Fuente: AMBICI, Asociación Brasileira de Industrias Procesadoras de Maderas

¹⁰/ Fuente: SBS: Sociedad Brasileira de Silvicultura, www.sbs.org.br

¹¹/ Fuente: Revista Chile Forestal

EL COMERCIO INTERNACIONAL DE MADERAS

La realidad es que las maderas tradicionales en el comercio, proveniente de los bosques naturales se están acabando.

Maderas Tropicales como Mercancía Internacional

Sin lugar a dudas, las maderas de la familia botánica *Dipterocarpaceae* han sido las más importantes en el comercio internacional de maderas para triplex y tablas durante más de 30 años, con una participación en el mercado de entre 50% y 70% del comercio internacional de productos sólidos. Son árboles grandes y majestuosos que crecen en bosques mixtos pero con un alto porcentaje de árboles de tamaño comercial. Todas son especies originarias de los bosques tropicales de las Filipinas, Malasia e Indonesia. Las maderas más importantes han sido las de “meranti” o “lauan”, que vienen de múltiples especies del género *Shorea*. Aunque hay muchas especies en este género, las maderas son uniformes, lo cual permite su comercialización bajo el nombre comercial meranti. Otras maderas importantes de la misma familia son las de kapur (*Dryobalanops*) y keruing (*Dipterocarpus*), pero son menos cotizadas en el comercio internacional. Los árboles grandes de meranti en los bosques naturales ya se acabaron en Las Filipinas y se están acabando rápidamente en Malaysia e Indonesia. Muchas de las grandes fábricas de triplex y los aserraderos de esos países están en proceso de quiebra o ya han cerrado sus puertas.

Una madera con características similares a las del meranti para triplex es el cativo (*Prioria copaifera*, familia *Leguminosae*), especie originaria del norte de Sur América y Centro América, pero esta madera también se está acabando. Una madera africana con características similares para la producción de triplex es el “okumé” (*Aucomea klaineana*, familia *Burseraceae*), sin embargo, aunque todavía existen bosques con maderas comerciales en el Congo, Gabón, Camerún y Guinea Ecuatorial, es una especie con distribución muy limitada y está en alta demanda, debido en gran parte a la escasez de meranti en el mercado. El okumé es la última fuente importante de maderas tropicales para la producción de triplex para la venta en el mercado internacional.

Las especies arriba mencionadas no se plantan a nivel comercial debido a su lento crecimiento. Estas especies no desaparecerán de sus respectivos ambientes ecológicos, siempre habrán árboles naciendo y brotando en los bosques, pero los grandes árboles que había antes, ya no estarán disponibles para el comercio.

En las décadas de 1940 a 1970, los pinos tropicales originarios de México, Honduras, Guatemala, Nicaragua y el Caribe tenían importancia en los mercados regionales del Caribe, Centro y Sur América, pero en la actualidad son de poca importancia económica. Aunque México es el país que más variedad de especies de pinos y coníferas tiene a nivel mundial (Martínez, 1948), desde hace muchos años es importador neto de productos de madera y celulosa. Hay plantaciones importantes de pinos tropicales en Brasil, Venezuela, Colombia, Kenia, Zimbabwe y

Fiji. Sin embargo, con la excepción del Brasil, la madera es utilizada principalmente para abastecer a los mercados locales y no es importante económicamente como mercancía internacional, aunque hay algunas pocas excepciones.

Por supuesto, hay otras especies mercadeables en los bosques naturales, pero no hay las altas concentraciones de ellas como para la producción de madera comercial para los mercados internacionales.

Maderas de Zonas Templadas como Mercancía Internacional

Las coníferas dominan en los mercados de productos forestales internacionales de los países en la zona templada. Hay grandes exportaciones de madera rolliza, madera aserrada, madera astillada y de celulosa de Norte América y de Escandinavia. Durante los años cincuenta a ochenta, los bosques de abetos y pinos de Alaska fueron explotados en su totalidad para abastecer los mercados de Japón.

Las maderas de pino oregón o abeto-Douglas (*Pseudotsuga menziesii* fam *Pinaceae*) se han utilizado para construcciones en Europa y Asia, además de Norte América. Aunque todavía existen bosques naturales de esta especie, las trozas grandes como las que existían hace 50 años se han agotado. Buena parte de la madera ya viene de bosques secundarios que se han levantado naturalmente después de grandes incendios y otros fenómenos naturales. El pino Oregon también se planta ampliamente en el Pacífico Noroeste de los Estados Unidos, en el Norte de Europa y en la Isla Chiloé en el Sur de Chile.

Durante muchos años, las maderas de pino ponderosa (*Pinus ponderosae* fam *Pinaceae*) fueron las más cotizadas para la producción de molduras, marcos de ventanas y puertas. Es una madera suave y estable para tales productos y, además, el árbol en pie tiene alta resistencia a los fuegos, comunes en el oeste de Norte América. Sin embargo, los árboles grandes de pino ponderosa se han acabado y en el presente es una madera escasa en los depósitos de materiales de construcción. El pino ponderosa no se está plantando ampliamente debido a su lento crecimiento y a los ataques de la planta parásita, muérdago enano, la cual es una plaga que mata tanto a los árboles grandes como a los pequeños.

Las especies de pino blanco de Norte América (*Pinus strobus*, *P. lambertiana*, *P. monticola*) fueron explotadas durante los siglos diecinueve y veinte. Durante la gran expansión norteamericana hacia el oeste, los grandes bosques de pino blanco en Minnesota y Michigan fueron explotados para suministrar material para la construcción de las ciudades del viejo oeste como Dodge City, Virginia City y Kansas City. La explotación de esta madera también le dio fama a la leyenda del gigante maderero "Paulo Buyan" y su buey azul "Niño". La madera del pino blanco también fue importante para la producción de molduras, marcos de ventanas y puertas durante el siglo veinte, pero ya no existe en el mercado. El pino blanco no se planta a escala comercial debido a su susceptibilidad al ataque de hongos e insectos que lo atacan tanto en bosques naturales como en plantaciones.

Maderas Finas en los Mercados Internacionales

Las maderas finas tropicales también se están acabando. Aunque la caoba (*Swietenia sp* fam. *Meliaceae*) y el cedro (*Cedrela sp* fam. *Meliaceae*) son especies originarias de casi toda la América Tropical, en la actualidad estas maderas son muy escasas. La última fuente importante de árboles grandes de caoba está en la región amazónica de Santa Cruz, Bolivia, y en estos momentos está bajo una intensa explotación. Hace muchos años en el mercado de Colombia se reemplazó el cedro por otras especies, notablemente la ceiba roja o ceiba tolúa (*Pachira o Bombacopsis quintana* fam *Bombacaceae*), la cual tiene un aspecto algo similar al cedro. Las especies de caoba de África (*Khaya sp* fam *Meliaceae*) y cedro de Asia (*Toona ciliata* fam *Meliaceae*) también se están acabando rápidamente en los bosques naturales. Aunque se han hecho muchos ensayos para establecer plantaciones, los cedros y los caobos no se están plantando a nivel comercial, aunque hay algunas pocas excepciones, debido a su susceptibilidad al ataque por los insectos barrenadores *Hypsipylla sp*, (fam *Pyralidae*, *Lepidoptera*) (Whitmore, 1976). El barrenador generalmente no mata el árbol, pero causa su bifurcación y la causa a crecer en forma torcida.

Las maderas de palo de rosa (*Dalbergia sp*, fam *Papilionoideae / Leguminosae*) se acabaron hace años y fueron reemplazadas en el comercio por maderas del género *Pterocarpus sp* (fam *Papilionoideae / Leguminosae*). El palo de rosa se planta en pequeña escala en el Sur de Asia, principalmente en Pakistán e India, pero con turnos muy largos, hasta 80 años. Debido a su lento crecimiento y su tendencia a bifurcarse, la producción de madera comercial de palo de rosa en plantaciones es, mas bien, baja.

El nogal negro (*Juglans nigra* y *J. neotropica* fam *Juglandaceae*), el nogal blanco (*Juglans cinerea*) y el nogal cafetero o laurel (*Cordia alliodora* fam *Boraginaceae*) son maderas finas muy escasas y muy cotizadas para muebles. En Norteamérica se ha tratado de plantar el nogal negro y el nogal blanco, pero sin éxito, debido a los problemas que ocurren por la pudrición de las raíces, su lento crecimiento y su exigencia en cuanto a calidad del sitio. El nogal cafetero se ha plantado en Colombia y Costa Rica como sombra para el café, pero no ha resultado promisorio en plantaciones para la producción de madera, debido a su tendencia a bifurcarse y a su crecimiento relativamente lento.

Durante el siglo veinte, se vio la caída de los mercados de muchas especies importantes en Norte América, incluyendo el castaño (*Castanea dentada* fam *Fagaceae*) y el olmo (*Ulmus americana* fam *Ulmaceae*) especies de mucha importancia en la industria de la construcción y de muebles. Estas especies fueron azotadas por enfermedades introducidas de Europa y Asia. El castaño y el olmo ya no tienen importancia en los mercados, aunque las especies todavía existen en los bosques naturales de Norte América.

Los robles de Norte América y Europa (*Quercus sp* fam *Fagaceae*) y los de Centro América y Sur América tropical (*Quercus sp.*, *Tabebuia sp.* fam *Bignoniaceae*) y los

de Chile y Argentina (*Nothofagus sp* fam *Fagaceae*), son importantes en los mercados internacionales para la producción de paneles decorativos, pisos y muebles. Aunque hay muchas especies de robles, sus maderas son similares en textura y calidad. No se plantan los robles a escala comercial debido a su lento crecimiento¹². No obstante, todavía hay disponibilidad de madera de roble en Norte América, Europa y en Chile, debido a la regeneración natural de estas especies en los bosques naturales¹³. Además, las ardillas entierran las nueces de los robles propiciando así su regeneración natural en bosques. Es decir, habrá madera de roble en los mercados por muchos años más, aunque la calidad de los árboles va disminuyendo a medida que se cortan los árboles a menores edades.

La teca (*Tectona grandis* fam *Verbenaceae*) es originaria del Sur de Asia. Es una madera muy fina utilizada en yates para navegación marítima, en paneles decorativos, en muebles y en artesanías trabajadas en madera. La última fuente importante de la teca natural está en Myanmar (Birmania) y ésta se está acabando rápidamente debido a la tala de aproximadamente 600 mil metros cúbicos por año.

De todas las especies en el mundo conocidas por sus maderas finas, la teca es la única que se maneja en plantaciones comerciales a gran escala. Según la información de la FAO, había 5,7 millones de has. de teca plantada en el mundo en el año 2000, la gran mayoría de ellas se efectuó en el Asia (Cuadro 2). A pesar de ser una especie de larga vida, su tasa de crecimiento (el incremento medio anual) se maximiza en plantaciones jóvenes, entre los 9 y 12 años de edad. Es decir, es una especie con una tasa de crecimiento similar a muchas especies de pinos tropicales. Además, es una especie que tiene una corteza gruesa que la protege contra los incendios al igual que ocurre con muchos pinos tropicales. Aunque la teca se maneja en la India con turnos de más de 100 años y en Indonesia con turnos de entre 40 y 80 años, el crecimiento de la teca permite la producción de trozas para aserrío con turnos de entre 20 y 25 años en los sitios adecuados para su desarrollo (Miller, 1969).

Plantaciones Forestales

Había plantaciones de teca establecidas hace tres siglos en la islas de Madura y Sulawesi, Indonesia (Keiding y otros, 1986). La teca también ha sido plantada en la India durante varios siglos debido a la alta calidad de su madera (White, 1991). Los primeros reportes sobre los ensayos con eucaliptos fueron hechos en 1843 en La India (FAO, 1981) y 1854 en España y Portugal (Pryor, 1976). En el Sur de África, se iniciaron plantaciones de pinos sub-tropicales a principios del siglo veinte. En el Brasil, se inició la plantación de eucaliptos en 1903 para la producción de combustible para el ferrocarril. En los Estados Unidos, se inició la plantación de

^{12/} Hay algunas plantaciones de robles en Alemania que se iniciaron hace más de un siglo y que se manejan en turnos a 200 años, pero éstas no se consideran rentables desde del punto de vista económico, ni tendrán mucho importancia para los mercados internacionales.

^{13/} Los bosques naturales de roble se manejan en los Cárpatos en Polonia, Hungría, Ucrania y Rumania.

pinos a nivel industrial durante la década de 1960, como fuente de materia prima para la elaboración de celulosa para papel. Al mismo tiempo se iniciaron plantaciones de pinos en Nueva Zelanda, Australia y Chile. La gran expansión de la plantación en el Brasil se inició en 1967 gracias a los incentivos fiscales. En las décadas de 1970 y 1980 otros países en Centro y Sur América siguieron el ejemplo y muchos países comenzaron a ofrecer incentivos para la reforestación

En las primeras plantaciones no hubo preocupación por la calidad de la semilla y poca sobre la calidad de la plantación. Prevalció la tendencia de plantar los árboles en forma muy densa, con 2.000 a 10.000 árboles/ha. Actualmente, las plantaciones se establecen con 1.100 a 900 árboles/ha. en la mayor parte de las plantaciones tropicales. Se utiliza semilla mejorada o material clonal proveniente de cepas mejoradas genéticamente y se manejan las plantaciones haciendo preparación del suelo, control de la competencia de malezas y pastos y con protección contra incendios y plagas. En el año 2000, había 187 millones de has. en plantaciones de árboles a nivel mundial (Cuadro 2).

Cuadro 2. Las áreas en plantaciones forestales por región del mundo¹⁴ (FAO, 2001)

Región	Area Total en Plantación 000 ha	Pinos 000 ha	Eucalyptus sp. 000 ha	Acacia sp 000 ha	Teca 000 ha	Otras especies* 000 ha
Africa	8.036	1.648	1.799	345	207	4.037
Asia	11.5847	15.532	10.994	7.964	5.409	75.975
Oceanía	2.848	73	33	8	7	2.726
Europa	32.014					32.015
Norte y Centro América	17.533	15.439	198		76	1.819
Sud América	10.455	4.699	4.836		17	904
Total Mundo	186.733	37.391	17.860	8.317	5.716	117.476

Las áreas en plantaciones forestales para algunos países se presentan en el Cuadro 3. Los Estados Unidos, Japón, Indonesia, Brasil y Chile son países que tienen industrias forestales muy conocidas, grandes y modernas. Sin embargo,

^{14/} Entre otras especies latifoliadas se incluyen: el caucho (*Hevea brasiliensis*), el coco (*Cocos nucifera*), la palma africana de aceite (*Elaeis guinensis*), el sauce (*Salix sp.*), el álamo (*Populus sp.*), la melina (*Gmelina arborea*), la caoba (*Swietenia sp.*, *Khaya sp.*) el roble (*Tabebuia sp.*, *Quercus sp.*, *Nothofagus sp.*), y el haya (*Fagus sp.*). Entre otras especies coníferas se incluyen: los abetos (*Picea sp.*, *Abies sp.*), los alerces (*Larix sp.*), *Araucaria sp.*, el sugi (*Cryptomeria sp.*), *Cunninghamia, sp.*, redwood (*Sequoia sp.*). En Europa se plantan principalmente abetos, pinos, alerces, álamos, sauces, robles y hayas. A nivel mundial hay 10 millones ha de caucho, 12 millones ha de coco y 6 millones has. de palma de aceite. La mayoría de ellas están en la Asia (92% del caucho, 86% del coco y 78% de palma de aceite).

existen algunas discrepancias entre la información reportada a la FAO por los gobiernos y las áreas que en realidad se encuentran en plantaciones. Por ejemplo, en un estudio independiente de la China hecho por Jaakko Poyry¹⁵, se calcula un área de apenas 5 millones de has. en plantaciones comerciales, de las cuales el 63% son de abetos y pinos que ocurren principalmente en las provincias del norte y centro del país¹⁶.

En la actualidad, la China es el país de mayor importación de productos forestales en el mundo, no un exportador importante de productos forestales, como los Estados Unidos, Brasil y Chile. Existe una discrepancia inmensa entre la información reportada por China a la FAO y el estudio de Jaakko Poyry.

Cuadro 3. Plantaciones forestales en algunos países.

<u>País</u>	<u>Millones de has. en plantaciones forestales</u>
China	45,1
India	32,6
Rusia	17,3
Estados Unidos	16,2
Japón	10,7
Indonesia	9,9
Brasil	5,0
Chile	2,0
Venezuela	0,9
Argentina	0,9
Uruguay	0,6
Colombia	0,1

La información sobre plantaciones proveniente de la India y de Rusia también parece exagerada, dado el hecho de que ni Rusia ni India tienen grandes fábricas modernas para la producción de madera para celulosa u otros productos forestales¹⁷. Las razones por las cuales hay semejantes discrepancias pueden ser múltiples:

^{15/} Jaakko Poyry Oy es una empresa finlandesa muy reconocida a nivel mundial por sus trabajos en el campo forestal y por sus estudios internacionales sobre el comercio de madera.

^{16/} El abeto Chino (*Abies chinensis*) y el pino Masson (*Pinus massoniana*) son especies originarias de la China.

^{17/} En la India se reporta un total de 225 molinos de papel, pero la gran mayoría de ellos son pequeños e ineficientes, utilizando materiales locales para la pasta, como papel de reciclaje, follaje de pasto seco, enea, fique, sogá de arroz, bambú, o trapos viejos.

- Áreas mal plantadas que no sobrevivieron,
- Plantaciones establecidas en sitios con climas severos o suelos malos y que tienen baja sobrevivencia y poco crecimiento,
- Plantaciones que fueron cortadas a edades tempranas por personal local para leña, postes, o varas,
- Plantaciones dañadas por animales o plagas,
- Áreas reportadas en forma incorrecta por las autoridades locales para alcanzar las metas requeridas por proyectos nacionales de reforestación¹⁸.

Las plantaciones forestales para la producción de madera (excluyendo las plantaciones para producir látex, aceite de palma, etc.) han sido establecidas y manejadas en gran parte por las industrias que producen celulosa y tableros aglomerados. Las razones para este hecho son múltiples:

- El consumo de madera en una industria de celulosa es grande y requiere una disponibilidad de madera continua que esté cerca a la planta.
- La elaboración de celulosa y papel requiere madera de una calidad uniforme, la cual se produce en plantaciones, más bien que en bosques naturales con especies mixtas.
- La elaboración de tableros aglomerados o de fibra también requiere madera de una calidad uniforme que se produce en plantaciones.
- La madera se astilla para la elaboración de celulosa y tableros y, por tanto, se pueden utilizar árboles de tamaños relativamente pequeños que crecen en plantaciones con turnos cortos,
- Toda la biomasa producida en plantaciones de rápido crecimiento se destina al producto final, para la elaboración de celulosa o tableros,
- La inversión de capital en plantaciones se recupera en pocos años, dando como resultado un negocio rentable,
- El riesgo de pérdidas por incendios, enfermedades y/o plagas se disminuye mediante el manejo de plantaciones en turnos cortos.

En el Brasil, el 70% de la madera utilizada por la industria forestal viene de plantaciones y el 30% viene de bosques naturales. La industria de celulosa y papel utiliza madera proveniente de plantaciones en su totalidad, mientras que los aserraderos y fábricas de tableros dependen en gran parte de la madera proveniente de los bosques naturales.

En Nueva Zelanda y en Chile se planta pino radiata (*Pinus radiata* fam *Pinaceae*) para aserrío y celulosa y se manejan las plantaciones con podas y entresacas para mejorar el valor de la madera para productos sólidos. La madera de pino radiata en plantaciones está entrando en el mercado internacional en forma de molduras, marcos de ventanas y puertas, reemplazando el pino ponderosa.

^{18/} Hay casos donde se plantaron hileras de álamos alrededor de los arrozales como barrera rompevientos y se contó todo el área de los arrozales como área en plantación de álamo.

También en Sur África y en el Brasil se hace un manejo intensivo con pinos para la producción de madera para aserrío y para celulosa. La celulosa de pino (celulosa de fibra larga) es un producto importante de exportación de los dos países. Además, la exportación de productos sólidos elaborados de pino proveniente de plantaciones está tomando importancia para la exportación.

En los Estados Unidos, una empresa, Weyerhaeuser, mantiene una política de manejar sus plantaciones principalmente para aserrío con raleos para mejorar la calidad del bosque residual. No obstante, la tendencia general de la industria forestal estadounidense es la de vender sus propiedades forestales a terceros, como fondos de jubilados, compañías de seguros, o bancos, y comprar la madera en el mercado. Esto está resultando en una disminución en el interés por el mejoramiento genético y el manejo tecnificado de las plantaciones.

En el Canadá, la mayoría de los bosques son propiedad del gobierno provincial quien otorga concesiones a las empresas forestales. La política del Servicio Forestal Canadiense es manejar los bosques en forma natural y no hacer plantaciones. La gran mayoría de las empresas forestales canadienses hacen una explotación del bosque natural con un mínimo de inversión en su recuperación y manejo. La empresa forestal J. D. Irving Ltda. en el oriente de Canadá se destaca por ser una de las pocas que maneja sus propias plantaciones de abetos en forma científica y con raleos para la elaboración de trozas para aserrío y celulosa.

CONCLUSIONES

Aunque continúa la deforestación, especialmente en África y en Sur América, la tasa de deforestación está disminuyendo y los bosques naturales no se acabarán pronto, al contrario de lo que dicen algunos alarmistas. El ejemplo de Costa Rica nos da esperanzas ya que han demostrado que se puede frenar la deforestación y que se puede volver bosque nuevamente a los sitios deforestados que no tienen vocación agrícola.

En cuanto a las áreas naturales bajo protección legal, hay que ser realista y entender que, a pesar de su estado legal, muchas áreas naturales designadas como parques y reservas naturales no tienen protección verdadera por falta de presupuestos y personal adecuados para esta función. En Indonesia, hay parques nacionales que yo vi con bosque hace quince años que ahora se han convertido a plantaciones de banano, con las mismas vallas del parque nacional todavía en pie entre las matas de banano! Mas de cerca no hace falta mas que mencionar el triste ejemplo de la Macarena. La verdad es que semejante abuso y violación de los parques y reservas naturales no se acabará hasta tanto que el público mismo muestre interés y voluntad de resolver el problema y hacer presión a los líderes políticos para que destinen fondos para su solución.

La deforestación también es síntoma de problemas de tipo social, que hace que la gente vaya a tumbar el bosque y a buscar la manera para sobrevivir con cultivos,

cuando ya no podía más en los sitios tradicionales de su vivienda. La solución a esto radica en mejorar la estabilidad social y desarrollar nuevas fuentes de trabajo. Conjuntamente, hay que revisar los incentivos agrícolas y modificar aquellos que son perjudiciales, en forma directa o indirecta, a los bosques naturales.

El concepto de los bosques naturales, como fuente barata de maderas de mercancía y maderas finas se acabó. Las concesiones forestales ya no van a producir regalías importantes para las tesorerías nacionales. Para mantener productivos y rentables los bosques públicos y privados, será necesario invertir en su protección y su manejo mucho más que se había invertido en el pasado. Se valoriza el bosque al crear en él productos de valor.

El “nuevo producto” de los bosques naturales es el turismo ecológico. En Costa Rica, los ingresos del turismo ecológico ya están entre los ingresos más importantes en el país. Este turismo crea muchos empleos en los sectores de transporte, hoteles, comida, publicaciones, educación pública, protección forestal, entre otros. Sugiero que Colombia mire lo que han hecho los “ticos”, como ejemplo para desarrollar modificaciones y mejoras en la administración del ambiente natural colombiano.

Con la disminución fuerte de fuentes naturales de maderas de mercancía y maderas finas, existe la oportunidad a aumentar la productividad maderera de las plantaciones forestales, para productos de consumo nacional y también para la exportación. Las maderas tradicionales colombianas, como la caoba, el cedro, el sajo y el guayacán proveniente del bosque natural, se reemplazarán con maderas de diferentes especies en plantaciones como la teca, la melina, el ciprés, los pinos, la ceiba tolúa, las acacias y los eucaliptos. No obstante, para tener éxito, la reforestación tiene que planearse conjuntamente con la industrialización de la madera de manera que la producción forestal genera materia prima a la cual la industria puede agregar valor. El apoyo técnico de las universidades es clave en todas las ramas, desde la planeación económica de los proyectos, la plantación, la cosecha de la madera y la elaboración de los productos finales. Hay que mirar a la modernización de los aserraderos y molinos, la creación de estándares nacionales de calidad para los productos forestales desde la troza hasta la pieza final y el entrenamiento de un cuerpo de obreros calificados para estas labores.

Los países que fomentan la plantación forestal y las industrias relacionadas tendrán maderas para abastecer la demanda de sus ciudadanos y la posibilidad adicional de generar ingresos por la exportación de productos forestales.

REFERENCIAS

Durning, A. T. 1993. Saving the forests, what will it take? WorldWatch Paper 177. Worldwatch Institute, Washington, D.C. 51 p.

- FAO. 1981. El eucalipto de la repoblación forestal. Colección FAO Montes 11. 723 p. Roma
- FAO Global Forest Resources Assessment 2000. 2001. Food and Agricultural Organization of the United Nations. FAO Forestry Paper 140. Rome. 511 p.
- Gardner-Outlaw, T, & R. Engleman. 1999. Forest futures, population, consumption and wood resources. Population Action International. Washington, D. C. 68 p.
- Howard, A. F. 1995. Price trends for stumpage and selected agricultural products in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 75(101-110).
- Keiding H, Wellendorf H and Lauridsen E B 1986. Evaluation of an International Series of Teak Provenance Trials. DANIDA Forest Seed Center, Humlebaek, Denmark. 81 pp.
- Krueger, A., M Schiff & A. Valdés. 1990. The political economy of agricultural price intervention in Latin America. International Center for Economic Development, San Francisco, California.
- Ladrach, W. E. 1987. Development of plantation forestry in the humid tropics for sustained use. In: A. Lugo, J. Clark, R. Chile, Editores, *Ecological Development in the Humid Tropics, Guidelines for Planners*, Winrock International, 237 – 270.
- Martínez, M. 1948. Los Pinos Mexicanos 2^a Edición. Ediciones Botas, México, D.F. 361 p.
- Miller, A. D. 1969. Provisional yield tables for teak in Trinidad. Government Printery, Trinidad/Tobago. 21 pp.
- Pryor. L. D. 1976. *Biology of Eucalyptus*. The Institute of Biology. Studies in Biology 61. Edward Arnold, London. 82 p.
- Stewart, R. 1994. Environmental and economic development consequences of forest and agricultural sector policies in Latin America. Steward Associates, Heredia, Costa Rica. 25 p.
- Victor, Mauro A. M. 1977. O reflorestamento incentivado, 10 anos depois. *Silvicultura (Brasil)* Maio/Junio.
- White K J 1991. Teak, some aspects of research and development. RAPA Publication 1991-17. FAO Regional Office for Asia and the Pacific (RAPA), Food and Agriculture Organization of the United Nations. Bangkok, Thailand. 69 p.
- Whitmore, J. L. editor. 1976. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, Miscellaneous Publication No. 1. 116 p.

INDUSTRIALIZACIÓN DE LA MADERA, ESTRATEGIAS, POLITICAS E IMPACTOS EN LA ECONOMIA A ESCALA

William E. Ladrach

RESUMEN

Entre los años 1990 y 2000 la capacidad mundial de producción de celulosa para papel se aumentó en un 25% a 82,5 millones de toneladas por año. La gran mayoría del papel se fabrica a partir de madera proveniente de plantaciones forestales con maderas de calidad uniforme. Brasil está entre los productores mas grandes de celulosa del mundo con una capacidad de 8 millones de toneladas por año y se proyecta una inversión de US\$ 5 mil millones para la expansión de su capacidad entre el 2003 y el 2007.

La manufactura de productos de madera se ha modificado durante los últimos veinte años con la adaptación de la maquinaria a las trozas provenientes de plantaciones. Entre los productos elaborados de madera de trozas pequeñas de plantaciones se incluyen los tableros de densidad media (MDF), tableros con tiras orientadas (OSB), chapas desenrolladas en tornos sin mordazas, chapas cortadas en forma longitudinal, maderas encoladas, maderas laminadas para elaborar tableros, vigas, molduras, marcos para ventanas, puertas y pisos.

Para ser rentables, las plantaciones manejadas para producir madera sólida, también requieren de un mercado para disponer de su madera de calidad inferior (madera para astillas). El manejo de las plantaciones y la época de las entresacas influye en el tamaño de las trozas producidas y la rentabilidad de las plantaciones. La reforestación es uno de las mejores métodos de crear empleo, pero se requieren incentivos fiscales para que tenga éxito. Este debe ser un proyecto nacional, apoyado tanto por el gobierno, como por la industria y el público en general. Hay que crear un ambiente de orgullo nacional con respecto a la creación de bosques, mejoramiento del medio ambiente y fortalecimiento de la mano de obra no calificada, pero que durante el proceso forestal se va a ir calificando y mejorando en cuanto a su posición dentro del esfuerzo nacional de progreso.

RECUESTO MUNDIAL

Los países industrializados son los mayores consumidores de productos forestales procesados y también son los mayores productores de ellos. En los países en desarrollo el 80% de la madera se consume en forma de leña para cocinar y para la calefacción (Gardner-Outlaw & Engleman, 1999).

Uno de los indicadores del nivel de desarrollo de un país es su consumo de papel. Se considera un consumo mínimo de 30 kg de papel por persona necesario para suplir las necesidades básicas para el alfabetismo y la comunicación (FAO, 1996). En 1990, el promedio de consumo de papel en los países en desarrollo fue de 14 kg. por persona, mientras el promedio para los países industrializados fue 150 kg. (FAO, 1996).

La gran mayoría de la manufactura del papel se basa en celulosa producida de la madera. Entre 1990 y 2000, la capacidad mundial de producción de celulosa se aumentó en un 25% de 61,0 a 82,5 millones de toneladas por año (FAO, 2001). Aunque los países industrializados tienen 5 veces más capacidad de producción de celulosa que los países en desarrollo, Indonesia aumentó su capacidad de producción de celulosa por casi 5 veces a 3,5 millones de toneladas y Chile aumentó su producción por más de 3 veces a 1,8 millones de toneladas durante esa década.

Para construir una planta de pulpa química (pulpa kraft) nueva, el tamaño mínimo a contemplar es de 400.000 toneladas por año, con un costo de construcción de más de US\$ mil millones. No obstante, las plantas ya están aún más grandes. En 1994, Chile inauguró otra planta de pulpa kraft de pino cerca a Valdivia con una capacidad de 700.000 toneladas por año. En 2005 se puso en marcha en la China el digestor continuo de pulpa química más grande del mundo con una capacidad de un millón de toneladas por año, esto en la Isla de Hainan en el sur del país.

Para producir un millón de toneladas de celulosa por año, se requiere una fuente de madera de una calidad uniforme y relativamente cerca a la planta para minimizar el costo de transporte. Si se asume una relación entre el volumen de madera y el peso de la pulpa de 4:1, se requiere la entrega de 4 millones de metros cúbicos de madera por año a semejante planta. Con especies tropicales de rápido crecimiento, como los eucaliptos o las acacias y con un crecimiento promedio de 25 m³/ha/año, se requieren 220.000 ha de plantaciones para abastecer esa planta¹⁹. Por otra parte, si la madera viniera del bosque natural con un crecimiento promedio de 4 m³/ha/año y se asume la cosecha a los 40 años, se requeriría un área productiva de más de un millón de has. y la tala rasa anual de 25.000 ha. Esto es una de las razones por las cuales se utilizan maderas provenientes de plantaciones como materia prima para la celulosa.

^{19/} En este ejemplo, se asume una pérdida normal del 20% de la capacidad potencial de las plantaciones durante su desarrollo debido a varias causas, el 5% de pérdidas normales durante la cosecha y el transporte y el 5% de pérdidas en los patios de madera.

Aunque la China está aumentando su capacidad de manufactura de productos forestales, todavía hace falta materia prima de sus bosques y, como resultado es el importador mas grande de madera rolliza en el mundo. Además, China es el segundo país importador de productos forestales con un total de 8,8 millones de metros cúbicos por año²⁰. Su consumo actual de madera rolliza es de 25 millones de m³/año y esta cifra está proyectada a alcanzar los 44 millones de m³/año para el 2012.

Los productos de madera ya son importantes en el comercio de Costa Rica. En 2001, Costa Rica contaba con 110.000 ha de plantaciones y los productos forestales aportaron US\$ 129 millones al PIB nacional y US\$ 25 millones a las exportaciones, incluyendo puertas y ventanas, muebles, tableros aglomerados y artesanías. La industria forestal generaba 15.385 empleos en el mismo año.

En Sur América, la reforestación ya está aumentando fuertemente. Uruguay ya cuenta con 600.000 has. en plantaciones en el 2000. El valor de productos de exportación de Uruguay se aumentó desde US\$ 13 millones en 1990 a US\$ 102 millones en el 2000, con 48% en productos de papel, 41% en madera rolliza y 11% en otros productos incluyendo la madera aserrada.

Caso de Brasil

Brasil es el séptimo productor más grande de celulosa blanqueada en el mundo y tiene una capacidad instalada de 8 millones de toneladas por año. También es el primer productor de celulosa blanqueada de eucalipto en el mundo. Como referencia, la empresa de mayor producción de celulosa en el Brasil es Aracruz Celulose, S.A. (www.aracruz.com.br), con una capacidad de 2 millones de toneladas. Se estima que la demanda mundial para celulosa de madera se aumentará en un millón de toneladas por año durante los próximos diez años y la industria brasilera está contemplando aumentar su capacidad de producción de celulosa a una tasa de medio millón de toneladas por año para abastecer una parte de esa demanda. Ya la industria brasilera ha puesto en marcha inversiones de US\$ 5 mil millones en la expansión de su capacidad de producción de celulosa entre 2003 y 2007.

En 2001, los productos de madera proveniente de plantaciones forestales generaron US\$ 16,1 mil millones de ingresos a Brasil, o sea, el 2,5 % de PIB. Los ingresos por sector fueron:

²⁰/ Fuente: "China's Forest Product Import Trends: 1997-2002", a report by Forest Trends (www.forest-trends.org). Rusia, Indonesia y Malasia abastecen más de la mitad la madera a la China.

Pulpa y papel:	USD 9.2 mil millones (57,1%)
Muebles:	USD 2,5 mil millones (15,5%)
Carbón vegetal:	USD 2,3 mil millones (14,3%)
Madera aserrada:	USD 2,1 mil millones (13,1%)

En el Brasil, el sector de los productos forestales es el segundo más grande de exportación con un total de US\$ 4,5 mil millones en 2002²¹. De esta cifra, se generaron US\$ 3,3 mil millones por productos forestales provenientes de plantaciones. La industria de manufactura de productos de madera ya emplea 2,5 millones de trabajadores en forma directa e indirecta²². Brasil ya cuenta con 13.500 fábricas pequeñas y medianas de muebles, las cuales generan 800.000 trabajos.

PRODUCTOS FORESTALES ELABORADOS CON MADERA PROVENIENTE DE PLANTACIONES

La manufactura de productos de madera se ha modificado durante los últimos veinte años. Con la escasez aguda de trozas grandes de maderas proveniente de los bosques naturales, la industria forestal está adaptando cada día más trozas pequeñas y madera proveniente de plantaciones. A continuación se presenta un recuento de algunos de los productos sólidos de madera elaboradas de esta materia prima.

Tableros de Densidad Medio (MDF)

Para la manufactura de los tableros MDF (*Medium Density Fiberboard*), se utiliza la pulpa mecánica TMP (pulpa termo-mecánica). La pulpa TMP se produce de astillas de trozas pequeñas, de tamaños similares a las trozas utilizadas para la producción de la pulpa para papel. Los tableros MDF están reemplazando a los tableros aglomerados de astillas, los cuales se han utilizado en gabinetes y muebles populares por muchos años. También están reemplazando a las láminas delgadas de triplex para paneles decorativos. Las ventajas de los tableros MDF son:

- Consistencia uniforme por todo el espesor del tablero,
- Superficie suave, no poroso como los tableros aglomerados,
- Se pueden moldear y tallar las piezas para muebles, de manera similar la madera sólida, algo que no se hace con tableros aglomerados,
- Cubrir piezas para muebles con papel vetado, mientras que los tableros se cubren con láminas de melamina,
- Hacer tableros muy delgados (de 3 mm de espesor) para paneles decorativos.

^{21/} Este sector incluye celulosa, papel, madera aserrada, triplex, tableros y carbón vegetal.

^{22/} Fuente: AMBICI, Asociación Brasileira de Industrias Procesadoras de Maderas

En la manufactura de muebles populares o institucionales ya es común encontrar una combinación de materiales, incluyendo piezas de MDF, piezas de madera sólida y piezas formadas de plástico.

La planta de pulpa TMP consume mucho más energía eléctrica que la planta de pulpa química, pero no requiere químicos como la soda cáustica en la manufactura de la celulosa. La economía de escala de una planta de pulpa TMP es menor que una planta de pulpa química. Una planta de pulpa TMP para la producción de pulpa para papel periódico o tableros de fibra puede ser rentable con una capacidad de 100.000 toneladas por año.

Tableros con Tiras Orientadas (OSB)

Los tableros OSB (*Oriented Strandboard*) se manufacturan utilizando madera rolliza de tamaños similares a las trozas utilizadas para la producción de la pulpa para papel. La madera no se astilla, más bien, se sacan tiras o virutas delgadas y largas a las cuales se aplican un pegante y que se acumulan sobre una plancha con una orientación general de las tiras hacia el largo del tablero. Luego, este material se cocina bajo presión para producir el tablero. El consumo de tableros OSB es para la construcción de casas de marcos de madera, donde los tableros OSB se clavan sobre el marco de piezas verticales de madera de las paredes exteriores para darles estabilidad estructural. También los utilizan como superficie base de techos para la aplicación de las tejas de breca (*shingles*). Es un sistema de construcción de casas utilizada principalmente en Norte América, en partes de Europa, en Nueva Zelanda y Australia. A excepción de los usos mencionados, el OSB no tiene mayor uso para otros tipos de construcción.

Por tanto, la manufactura de OSB casi no tiene potencial fuera de los países donde se utiliza. Aún, para la construcción de las viviendas múltiples y edificios con marco de acero, ya es común en Norte América construir los marcos de las paredes verticales de láminas delgadas de acero en vez de marcos de madera y cubrirlas con láminas de fibras sintéticas para aislantes, sobre las cuales se colocan las láminas exteriores decorativas o se construyen fachadas exteriores de ladrillo.

Tornos sin Mordazas que Desenrollan las Chapas

Con la desaparición de las trozas grandes y de alta calidad de los bosques naturales, las técnicas de producción de triplex está orientándose hacia madera de trozas de tamaños menores y de calidades inferiores. En vez de un torno grande con mordazas que pela una troza grande cada 5 minutos, los tornos nuevos para madera pequeña funcionan en forma automática y rápida y sin mordazas. Se llaman tornos de presión por rollos tracers (*back pressure roll lathes*) los cuales se conocen en la industria como tornos de “alimentación por escopeta” (*shotgun feed lathes*) porque funcionan en forma automática. Tales tornos trabajan

económicamente con madera de diámetros menores de 40 cm. En 1993, vi uno de estos tornos trabajando en una empresa en Carolina del Norte con madera de un diámetro promedio de 23 cm y que procesaba 2.000 trozas por turno de 8 horas (una troza cada 15 segundos). Aquella empresa estaba al punto a cambiarlo por un turno mas veloz que podría procesar 3.000 trozas por turno.

La selección de las chapas saliendo del torno sin mordazas, también está mecanizada, utilizando luces fotoeléctricas y computadores para detectar defectos en las chapas. Las guillotinas que cortan las chapas se activan automáticamente con base en la información recibida por las luces fotoeléctricas para eliminar las secciones defectuosas de las chapas. De esa madera la fábrica produce triplex de buena calidad para la construcción de casas y también para su uso en gabinetes y muebles.

Tranchas que Cortan las Chapas en Forma Longitudinal (*lengthwise veneer slicers*)

Para maderas finas, como la caoba y la teca, se utiliza la trancha para producir chapas decorativas para muebles y paneles. Las chapas cortadas tienen vetas más apreciadas para su uso en muebles que las chapas desenrolladas. Las tranchas tradicionales para trozas gruesas son aparatos grandes y pesadas. Primero se parte la troza en cuartos longitudinales con la sierra y, luego, se fija un cuarto de troza a la trancha que tiene una cuchilla más larga que la troza misma. La troza se mueve adelante y atrás en su marco, contra la cuchilla para producir las chapas.

Ya existen tranchas para piezas pequeñas de madera que utilizan cuchillas pequeñas, algunas de apenas 15 cm. de largo. En estos cortes, la troza puede ser cuarteada o puede ser en forma de canto cuadrado. Los cantos se fijan a un marco con tenazas y se mueven en forma longitudinal contra la cuchilla. Es un proceso más lento que lo de la trancha grande, tradicional, pero es una máquina que funciona con maderas de diámetros menores.

Maderas Encoladas (*Finger jointed woods*)

La producción de maderas encoladas puede iniciarse con una inversión capital relativamente pequeña, trabajando con mano de obra poco calificada y utilizando madera de pequeñas dimensiones para elaborar productos de buen valor. El proceso de encolar maderas se adapta bien a trozas de diámetros menores y a maderas con nudos. En este proceso, la madera seca se corta en tablas o piezas, se eliminan las secciones con nudos o defectos con sierras, y las piezas claras se vuelven a juntar por el proceso de encoladas. La unión encolada es tan fuerte como la madera misma. Las maderas encoladas se utilizan para aquellos productos que requieren madera sin nudos o defectos, como marcos de puertas y ventanas y molduras. La madera encolada se utiliza, más que todo, donde se pinta la madera.

Este proceso de encolada puede hacerse con piezas para molduras delgadas y también con tablones para vigas de construcción. La encolada requiere mucha mano de obra para calificar las piezas y eliminar los defectos, y la inversión en capital es relativamente baja. Este proceso funciona con cualquier tipo de madera, pero se utiliza más con maderas blandas para la manufactura de molduras y marcos. También se utilizan maderas encoladas para producir piezas cuadradas para torneado para la producción de muebles.

Maderas Laminadas

Las maderas encoladas pueden pegarse en láminas para producir tableros o vigas, depende del tamaño.

Los tableros de tiras de madera delgada se fabrican al pegar muchas piezas juntas. Estos tableros de piezas de madera pegada se llama *blockboard* en inglés. Para las maderas con vetas deseables, como madera de pino, se utilizan los tableros tipo *blockboard* para mesas y piezas para muebles. En el caso de maderas blandas o maderas sin vetas especiales, se recubren los tableros con láminas de melamina para hacer muebles de cocina, muebles escolares y muebles institucionales.

En Java, Indonesia, hay más de 100 fábricas que producen tableros *blockboard* con maderas provenientes de plantaciones de pino y de *Albizia falcataria*. Cada fábrica emplea aproximadamente 300 personas en la selección, el corte de piezas, su formación en encoladas y la producción de tableros *blockboard*. La mayoría de los trabajos son manuales, incluyendo la formación de los tableros con cola fría y con prensas manuales. Las máquinas más grandes son las sierras para partir las trozas, las cámaras de secado de la madera y las máquinas con papel lija que hace el acabado final de los tableros. La producción entera de aquellas fábricas en Java se exporta al Japón.

Los tablones encolados también se forman en láminas para producir vigas para la construcción. El proceso de la encolada permite producir tablones de largos infinitos para cualquier tipo de viga deseada. Los tablones encolados se cortan al largo deseado, se pegan en tacos al grosor deseado y se prensan las vigas. En Zimbabwe, África, vi la producción de vigas laminadas de pino de plantaciones que tenían 15 cm de ancho por 40 cm. de espesor por 12 m de largo, todo hecho manualmente, utilizando tornillos para apretar los tablones en vigas, que luego, se metieron en una cámara caliente para curar el pegante. Una vez curado el pegante, se sacaron las vigas, las dejaron enfriar al clima y luego se pulieron, dejando un aspecto muy lindo para utilizar en la construcción del techo de una iglesia.

Molduras, marcos de ventanas y marcos de puertas

Las molduras y marcos requieren maderas estables. Las maderas de la teca, la melina y los pinos son estables y pueden servir para este tipo de producto. Los pinos con maderas suaves, como pino radiata son excelentes para molduras y esta

especie en Chile y Nueva Zelandia está muy cotizada para “maderas claras” para producir piezas sin defecto para la exportación.

La manufactura de piezas encoladas es importante para molduras y marcos. Una fábrica puede producir “blancos” para molduras, o puede producir las molduras mismas. Lo “blancos”, sin terminar, son más cotizados para la exportación, ya que en cada país hay diferentes diseños de molduras y marcos.

Maderas laminadas para pisos

Con la escasez de madera finas, se está entrando en los mercados de Norte América productos de madera laminada para pisos. En este proceso, se utiliza una chapa o lámina de madera fina en la superficie de la pieza y se utilizan maderas comunes para el resto de la lámina. Las láminas están machihembradas y acabadas con una capa de poliuretano. De esta manera el mismo dueño de la casa puede instalarlas en su piso y tener un trabajo terminado sin la necesidad de pulir o aplicar un barniz. Es un producto que ha tenido mucha aceptación, igualmente en casas elegantes como en casas populares.

LA ECONOMÍA DE PLANTACIONES DE MADERA PARA ASERRÍO

La plantación dedicada a la producción de trozas para aserrío produce productos múltiples

A menudo hay proponentes de la plantación de una especie u otra porque es nativa en el país, o porque su madera es valiosa para aserrío para muebles. Inclusive, han habido incentivos forestales en algunos países que se dirigen hacia la plantación exclusivamente para producir madera para aserrío o para artesanía. La verdad es de otra índole. De la biomasa total de una plantación, solamente una porción sirve para aserrío o productos sólidos. Siempre habrá madera excedente de calidad inferior que requiere de otros mercados.

- En las plantaciones, siempre habrá algunos árboles bifurcados y torcidos que no producirán trozas de calidad para aserrío y estos hay que eliminarlos en las entresacas.
- El valor de las trozas es proporcional a sus diámetros, es decir, más grande sea el árbol, mayor valor tendría sus trozas para aserrío. Muchos árboles delgados no valen tanto como un menor número de árboles pero con mayores diámetros. Entonces, hay que hacer raleos para bajar la densidad de la plantación y permitir que los árboles residuales crezcan a mayores diámetros y agreguen mayor valor.

- Cuando se desea hacer una cosecha final de la plantación, las trozas de la base de los árboles tendrán mayor valor que las trozas de la punta porque tendrán menos nudos y mayores diámetros. A menudo, las trozas de las puntas de los árboles no sirven para aserrío por sus diámetros menores y por la cantidad de nudos en ellas.

En resumen, hay mucha madera excedente que se produce en una plantación en la forma de árboles defectuosos y torcidos, trozas sin suficiente diámetro o trozas con muchos nudos y defectos que no se venden como trozas para aserrío.

¿Qué se hace con esa madera? Una parte puede servir como varas de construcción, postes para uso local o leña. La madera excedente puede servir para otros productos tales como madera para astillas para la elaboración de pulpa para papel o para tableros aglomerados, si existe un mercado para tales productos dentro de una distancia razonable de transporte. Si no hay un mercado previsto para la madera excedente, es mejor revisar los planes para la reforestación antes de invertir en las plantaciones forestales²³.

El Aserradero produce más que madera aserrada

Cuando un aserradero produce madera aserrada, queda un excedente de madera en la forma de puntas de trozas eliminadas durante la selección inicial, más costaneras y aserrín creados por la sierra misma. En un aserradero eficiente que utiliza madera de grandes diámetros proveniente del bosque nativo, *la tasa de recuperación* o sea, la relación entre el volumen de las trozas compradas y el volumen de las tablas aserradas normalmente está alrededor de 75% a 80%.

Por otra parte, con trozas provenientes de plantaciones con diámetros menores, la tasa normal de recuperación está alrededor del 50%. Esto se debe, en parte al menor diámetro de las trozas con una mayor proporción de costaneras y, también, al mayor número de defectos que se presentan en trozas más delgadas. Es decir, si un aserradero de tamaño pequeño a mediano consume 20.000 m³ de trozas por año de madera proveniente de plantaciones, generará 10.000 m³ de tablas aserradas y 10.000 m³ de desperdicios. Si no hay un mercado para tales desperdicios, el aserradero está perdiendo dinero al botar la mitad de la madera rolliza que se compra. Peor aún es el hecho de que esa madera se va acumulando en el patio del aserradero formando montañas de desperdicios que ocupan espacio y vuelvan un riesgo para incendios.

Más allá en el proceso, después de secar las tablas, esas pasan por una cepilladora que deja las tablas con una superficie suave, pero también produce virutas. Si la tabla tienen un espesor nominal de una pulgada, la tabla pulida tendrá un espesor final de $\frac{3}{4}$ de pulgada, es decir, se convierte otro 25% de la madera en desperdicios.

^{23/} El ganadero no puede vender la crema y botar la leche. De modo similar, el reforestador no puede vender la madera para aserrío y botar la madera para astillas.

Si no existe un mercado para astillas para todos estos excedentes, el aserradero está vendiendo menos de la mitad de la madera que se compra. Para poder competir en la venta de su madera en un mercado, el dueño del aserradero tiene que reducir los costos de producción. Uno de los costos es las trozas que se compran del propietario de la plantación. Es decir, un aserradero ineficiente, o que no tiene mercado para sus desperdicios, ofrece menos al propietario de las plantaciones, no importa si la madera es de una especie valiosa o no!

¿Cómo se afecta la productividad de plantaciones y su manejo silvicultural?

La madera en pie se mide en un inventario forestal. El técnico de campo mide una muestra de los árboles, tomando datos de sus alturas y diámetros en parcelas y luego se aplican fórmulas para calcular el volumen en metros cúbicos de madera por hectárea²⁴. Este inventario tradicional forestal nos da un estimado del volumen total en pie en el momento del inventario, pero no nos da información en cuanto al volumen de madera que habrá en la forma de trozas para aserrío o a los diámetros que tendrán cuando se hace la cosecha final.

Para determinar esto, elaboré un modelo para calcular la producción de madera aserrada con diferentes variables de manejo y crecimiento. El modelo es bastante realista cuando se hace una comparación de sus proyecciones con datos reales de plantaciones (Ladrach, 1998). El modelo permite al usuario seleccionar múltiples variables de manejo de sus plantaciones, incluyendo la densidad inicial de plantación, la sobrevivencia al final del primer año, las edades e intensidades de las entresacas, el crecimiento de la plantación durante el ciclo de crecimiento, y el diámetro mínimo de las trozas aceptables para aserrío, entre otros.

En el Cuadro 1, se presentan los resultados de un análisis por el modelo de una plantación hipotética de teca, utilizando los rendimientos verdaderos para la teca en plantaciones en Trinidad (Miller, 1969). En el modelo se calculan tres alternativas de manejo, pero utilizando los mismos valores de crecimiento para la teca en Trinidad:

Alternativa I: Se hacen entresacas a los 3 y 6 años y cosecha final a los 20 años.

Alternativa II: Se hacen entresacas a los 5 y 9 años y cosecha final a los 20 años.

Alternativa III: Se hacen entresacas a los 7 y 12 años y cosecha final a los 20 años.

Se puede observar que con la Alternativa I hay un mayor volumen de trozas para aserrío (164 m³/ha) que para las Alternativas II o III (139 y 115 m³/ha). Es decir, la Alternativa I genera el 67% de la biomasa en trozas para aserrío mientras que la

²⁴/ La altura se mide desde el suelo utilizando un hipsómetro o altímetro. El técnico se para a una distancia conocida desde el árbol y se apunta el aparato hacia la punta del árbol; utilizando la trigonometría, se calcula la altura vertical del triángulo formado por la distancia de la base y el largo de la hipotenusa. El diámetro se mide al DAP (*el diámetro a la altura del pecho*) lo cual es a 1,3 m sobre el suelo.

Alternativa III genera apenas el 47% de las trozas para aserrío. También, hay una mayor producción de tablas aserradas con la Alternativa I (70 m³/ha) que con las Alternativas II o III (60 y 50 m³/ha). Esto indica que las entresacas tempranas producen mayores réditos en la forma de madera de aserrío que las entresacas tardías.

En el Cuadro 2 se muestra el número de trozas que se cosechan por diámetro tope para cada alternativa. En este cuadro también se puede observar que para la Alternativa I hay un mayor número de trozas para aserrío y de mayores diámetros que para las Alternativas II o III.

Otro aspecto de la teca a tomar en cuenta es su tendencia a formar brotes (chupones) en el fuste después de una poda o una entresaca. Cuando le entra más luz a la plantación, se estimula la producción de los brotes en el fuste los cuales se vuelven ramas y causan defectos en la madera en la forma de “ojos de pájaro”. Cuando se hacen las entresacas tempranas, se pueden eliminar los chupones con una sierra de poda y mantener los defectos dentro de un cilindro central de la troza. Si se hacen las entresacas tardías, los defectos causados por los chupones aparecen en la madera exterior, causando mayores defectos y pérdidas de valor de la madera en pie.

Cuadro 1. Producción de Madera Aserrada en Plantaciones de Rápido Crecimiento,
Resumen para el manejo de la teca (*Tectona grandis*)

Resumen Silvicultural	Unidad	Alternativas de Manejo		
		I	II	III
Plantación inicial	árboles/ha	1,100	1,100	1,100
Edad de la primera entresaca	años	3	5	7
Densidad cuando se hace la 1 ^a entresaca	árboles/ha	990	990	990
IMA a la edad de la 1 ^a entresaca	m ³ ssc/ha/año	10	13	15
Volumen inicial, edad de la 1 ^a entresaca	m ³ ssc/ha	30.3	64.5	106.4
Arboles eliminados:	no./ha	440	440	440
Arboles residuales en pie	no./ha	550	550	550
Volumen cortado en la 1 ^a entresaca	m ³ ssc/ha	10.8	22.9	37.8
Volumen residual en pie	m ³ ssc/ha	19.5	41.6	68.6
Edad de la 2 ^a entresaca	años	6	9	12
Densidad cuando se hace la 2 ^a entresaca	árboles/ha	550	550	550
IMA a la edad de la 2 ^a entresaca	m ³ ssc/ha/año	14	17	16
Volumen inicial, edad de la 2 ^a entresaca	m ³ ssc/ha	73.2	131.0	148.2
Arboles eliminados:	no./ha	250	250	250
Arboles residuales en pie	no./ha	300	300	300
Volumen cortado en la 2 ^a entresaca	m ³ ssc/ha	30.0	53.6	60.6
Volumen residual en pie	m ³ ssc/ha	43.3	77.4	87.6
Edad de la cosecha final	años	20	20	20
Densidad cuando se hace la cosecha final	árboles/ha	300	300	300
IMA a la edad de la cosecha final	m ³ ssc/ha/año	12	12	12
Altura dominante, cosecha final	m	18	18	18
Diámetro mínimo para trozas de aserrío	cm ssc	17	17	17
Largo de las trozas de aserrío	m	4.0	4.0	4.0
Número máximo de trozas de aserrío/árbol		todos	todos	todos
Volumen Inicial, cosecha final	m ³ ssc/ha	205	169	148
DAP promedio, cosecha final	cm	35.8	32.5	30.3
Arboles no aptos para aserrío	%	5	5	5
Arboles útiles para aserrío	no./ha	285	285	285
Volumen aserrada, mil pies tablares	mbf ssc/ha	29.6	25.4	21.0
Volumen aserrada	m ³ ssc/ha	70	60	50
Volumen de costaneras	m ³ ssc/ha	77	65	53
Volumen de aserrín	m ³ ssc/ha	17	15	12
Subtotal, Trozas para aserrío	m ³ sub/ha	164	139	115
Madera rolliza para astillas.	m ³ ssc/ha	41	30	33
Volumen total acumulado para plantación	m ³ ssc/ha	246	246	246
Para tablas aserradas	%	28	24	20
Para madera para astillas	%	65	70	75
Para aserrín	%	7	6	5

* / ssc = sólido sin corteza

madera rolliza = toda la madera para astillas que no fue utilizada para aserrío

mbf = mil pies tablares (*thousand board feet*).

Cuadro 2. Resumen de la producción de trozas de aserrío para la teca

Diámetro tope por clase, cm sin corteza	Alternativas de Manejo		
	I	II	III
	número de trozas/ha		
Menor de 20 cm	63	97	140
20 - 25 cm	180	205	194
25 - 30 cm	217	188	160
30 - 35 cm	88	57	20
35 - 40 cm	23	3	-
40 - 45 cm	-	-	-
Mas de 45 cm	-	-	-
Producción total de trozas para aserrío/ha	571	550	514

LA IMPORTANCIA DE LOS INCENTIVOS FORESTALES

A diferencia con la creencia popular, hay muy pocos casos en el mundo donde se elimina el bosque natural y lo reemplaza con plantaciones por la simple razón de que no es rentable hacerlo. La gran mayoría de la reforestación en el mundo se hace en tierras ya despejadas y marginadas por la agricultura o la ganadería.

La reforestación es, en realidad, una extensión de la agricultura, con los mismos procesos de preparación del suelo, la siembra, la fertilización, el control de las malezas y la cosecha. La diferencia principal es que se miden los turnos para cultivos agrícolas en meses pero se miden los turnos para cultivos forestales en años. Tampoco son las plantaciones forestales una competencia con la agricultura, mas bien se complementan, utilizando tierras que ya son poco rentables y marginales para la agricultura o la ganadería.

La reforestación es uno de los mejores métodos para crear empleo, especialmente de mano de obra no calificada y en los mismos sitios donde existen las poblaciones rurales. En la década de 1980, las plantaciones forestales en el Cauca emplearon 74 obreros por 1.000 ha, mientras que la ganadería extensiva típica, empleaba 17 obreros por 1.000 ha (Ladrach, 1987). Además del empleo directo en el campo, la madera genera más empleo secundario por el valor agregado a los productos elaborados. Por ejemplo, en los Estados Unidos la tala mecanizada de un millón de pies tablares de madera rolliza (220.000 m³) genera 3 jornales, su conversión a tablas en el aserradero requiere otros 20 jornales y su conversión posterior a muebles genera otros 80 jornales (Durning, 1993). A cada nivel, se requiere personal con mayores calificaciones quienes reciben mayores ingresos.

La diferencia más grande entre los cultivos agrícolas y las plantaciones forestales está en el mercadeo de los productos. El granjero vende sus productos en los

mercados de los pueblos o a un intermediario que los lleve a los mercados en las ciudades grandes. El sabe cuántos bultos de naranjas, cuántas toneladas de maíz o cuántas cabezas de ganado se venden y tiene un buen idea de su precio en el mercado. El mercadeo de los productos forestales no es tan fácil cuantificar.

No existe en Colombia un “mercado de madera de plantaciones” donde hay precios publicados en forma rutinaria de madera de diferentes especies, tamaños o calidades. Todavía no existe en Colombia un estándar de calificación de trozas pequeñas para aserrío proveniente de plantaciones. No existe un mercado de madera rolliza en Colombia con precios publicados para diferentes tamaños o calidades de productos, donde un terrateniente puede averiguar los precios en forma independiente. Además, los compradores son mas bien escasos. ¿Quién le compra sus trozas para aserrío? ¿Quién le compra su madera para astillas? Si el mercado no está cerca, el costo del transporte absorbe todo el valor de la madera, dejando el propietario sin nada²⁵.

El terrateniente no tiene manera independiente para cuantificar el volumen de madera que se vende o el precio de tal madera en sus predios. El volumen en pie se estima por un inventario que requiere un técnico forestal entrenado a medir los árboles en un muestreo. Es decir, el terrateniente tiene que aceptar la palabra del contratista quien corta la madera o de la compañía que compra su madera con respecto a su valor o, tiene que contratar un técnico forestal independiente para asesorarle.

El valor de cualquier cultivo agrícola, bien sea naranjas, ganado, o árboles es un valor residual. Después de restar del precio de venta en el mercado, el costo de la cosecha y de su transporte al mercado, lo que queda es el valor del producto en pie. De este valor del producto en pie, el granjero tiene que restar sus costos de producción para determinar su ganancia (o pérdida).

Hay otra realidad que es importante entender: La reforestación en si misma no es tanto un negocio redondo, mas bien es un método a producir materia prima a la cual la industria maderera agrega valor en la forma de productos elaborados. La gran mayoría de los proyectos forestales en el mundo tienen el fin de producir madera para la elaboración de celulosa para papel. Hay muy pocos que están dirigidos a la producción de madera aserrada o madera enchapada, aún para aquellos, también existe una industria integrada de consumo de las astillas para celulosa o para tableros aglomerados o de fibra.

Si existieran mercados para la madera, la reforestación por particulares puede ser una alternativa cuando:

²⁵/ Hace algunos años, hice un estudio de factibilidad en el Brasil para la cosecha y venta de maderas valiosas de caoba, cedro y cerezo en bosques en el estado de Mato Grosso. Para vender las trozas, tenía que transportarse mas de 1000 kms. hacia el sur a Paraná porque no hay caminos o ríos secundarios transitables hacia el norte al Río Amazonas. El valor calculado para la madera rolliza puesta en el puerto en Paraná resultó negativo, es decir, el transporte costó mas que lo que valía la madera en el puerto y no fue rentable cortarla y venderla.

- Hay tierras ociosas que no tienen otro oficio y el propietario no quiere venderlas,
- Un granjero quiere utilizar algunos predios no rentables para la agricultura para otros oficios,
- Hay incentivos forestales que rebajan la inversión en la reforestación.

Sin lugar a dudas, la clave del éxito de la reforestación radica en el desarrollo y la puesta en marcha de los incentivos fiscales para la reforestación y para la conversión de la madera en productos elaborados. Los incentivos no solo se requieren para establecer plantaciones, sino también para su manejo y para disminuir los impuestos prediales durante el turno de crecimiento.

El apoyo técnico también es una especie de incentivo importante y necesario para el desarrollo forestal. El reforestador requiere apoyo para calcular la rentabilidad de sus inversiones y planear el manejo, la cosecha y venta de su madera. También requiere asesoría y apoyo logístico para la protección de las plantaciones contra incendios y contra plagas o enfermedades.

Los pequeños empresarios requieren ayuda técnica. Como se describió arriba, hay alternativas para el uso de madera de plantaciones para la manufactura de múltiples productos que pueden servir para el mercado nacional y, también, para la exportación. La clave es tener apoyo calificado, especialmente en el diseño de los aserraderos y fábricas de productos para que sean adecuados y tamaños apropiados para la oferta existente o prevista de madera de las plantaciones y para la venta de productos en los mercados anticipados. También el pequeño empresario requiere apoyo en la obtención de préstamos de los bancos para la construcción de sus plantas.

Colombia había creado incentivos a la reforestación, como fue la ley 5a de 1973 y la ley 20 de 1979, pero el área en plantaciones forestales ha disminuido notablemente de lo que había en 1980. La reforestación y la industria maderera con base en plantaciones está aumentando en Brasil, Chile, Uruguay, Argentina y Costa Rica, países que tienen o que han tenido incentivos forestales efectivos, mientras que en Colombia se ha decaído durante los últimos veinte años. Si hay interés verdadero en estimular la reforestación nacional, hay que investigar por que los incentivos anteriores no han tenido éxito y qué es lo que se requiere hacer en el futuro. Existen ejemplos exitosos de la reforestación con incentivos en los países mencionados. Vale la pena estudiarlos.

Colombia tiene un buen potencial forestal. La realización de este potencial depende de la voluntad de los colombianos para ponerlo en marcha.

REFERENCIAS

- Durning, A. T. 1993. Saving the forests, what will it take? WorldWatch Paper 177. Worldwatch Institute, Washington, D.C. 51 p.
- FAO. 1996. Report on the subregional training courses on women in wood development. Regional wood energy development program of the FAO., Bangkok. 24 p.
- FAO Global Forest Resources Assessment 2000. 2001. Food and Agricultural Organization of the United Nations. FAO Forestry Paper 140. Rome. 511 p.
- Gardner-Outlaw, T, & R. Engleman. 1999. Forest futures, population, consumption and wood resources. Population Action International. Washington, D. C. 68 p.
- Ladrach, W. E. 1998. Modelos para calcular la producción de madera aserrada y madera para enchapes en plantaciones forestales de rápido crecimiento. Actas: I° Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI. Tema 5: Productos Forestales. Valdivia, Chile. En disco CD. 10 p.
- Miller, A. D. 1969. Provisional yield tables for teak in Trinidad. Government Printery, Trinidad/Tobago. 21 pp.

ECOLOGÍA DE PLANTACIONES FORESTALES

William E. Ladrach

RESUMEN

No existe evidencia que apoye a aquellos que aseguran que las plantaciones forestales están causando daños en el medio ambiente o que la flora y fauna autóctona desaparecen por esta causa. Los árboles se adaptan a las condiciones del suelo existente, bien sean suelos alcalinos o suelos ácidos. El hecho es que los pinos, eucaliptos, teca y otras especies forestales en plantaciones no causan la erosión, más bien, recuperan los sitios dañados debido al mal uso que se les dio anteriormente. Las especies forestales en plantación pueden crecer en suelos desgastados y producir madera de valor comercial.

En la cuenca hidrográfica de la ciudad de Melbourne, Australia, donde hay bosques naturales de eucaliptos se ha comprobado que la pureza del agua es tal que está lista para el consumo humano sin tratamiento. El consumo de agua de los eucaliptos no es diferente al consumo de otras especies forestales con crecimientos similares, tampoco es diferente el nivel freático que está debajo de los eucaliptos al que se encuentra debajo de los pastizales o las malezas que crecen en los mismos sitios. En sus libros e informes técnicos, el Profesor Walter de Paula Lima, ha logrado eliminar la mayor parte de los mitos relacionados con los eucaliptos gracias a los estudios realizados en el Brasil y al cuidadoso examen y revisión de la literatura mundial sobre el tema.

La historia no muestra que las especies forestales comerciales en bosques de monocultivos sean más susceptibles a ataques de plagas o enfermedades que los bosques naturales mixtos. Por el contrario, en las plantaciones el control de su espaciamiento inicial y el control de la edad de cosecha permiten que los árboles estén libres para crecer sanos y fuertes hasta su madurez, en lugar de estar debilitados por ser sobremaduros, quedando por tanto, susceptibles a enfermedades o plagas debido a que han crecido hacinados compitiendo para sobrevivir, como sucede en los bosques naturales sin manejo silvicultural. En los casos en donde ha habido enfermedades y plagas en plantaciones, éstas se han podido controlar o eliminar a través de la aplicación de los resultados de las investigaciones pertinentes.

INTRODUCCIÓN

Cuando hay discusiones sobre plantaciones forestales, especialmente sobre las plantaciones para la industria forestal, surgen inquietudes con respecto a sus efectos sobre la ecología, éste es un fenómeno que se presenta en todo el mundo. Algunas de las preocupaciones tienen base científica y otras son puros mitos que se propagan entre la gente. En esta presentación estoy tratando de aclarar y de explicar científicamente, basándome en la literatura científica internacional y en mi experiencia personal, algunos de los temas que más se leen en la prensa y que se oyen en las conversaciones comúnmente entre la gente.

LA RELACION ENTRE LOS SUELOS Y LAS ESPECIES FORESTALES

La formación de los suelos es el resultado de cinco factores principales: el material parental, el clima, la topografía, la vegetación y el tiempo. La formación de suelos es más rápida en climas cálidos y en los sitios con mayor precipitación. La composición del material parental es el factor determinante en la ecuación de formación de suelos y ésta es modificada por otros factores, particularmente el clima y el tiempo. El factor vegetación puede tener efecto sobre la superficie del suelo, dentro del marco de los demás factores. No se puede decir de forma categórica que los pinos u otras especies acidifiquen el suelo. Más bien, las especies forestales, bien sea en plantaciones o en los bosques naturales, se adaptan a los suelos formados por el material parental.

Ejemplo 1: La Isla de Borneo queda sobre el ecuador, tiene material parental formado bajo el mar hace miles de años; después, durante el proceso geológico de formación de esa zona del Pacífico, ese material marítimo fue elevado para formar la isla. En Borneo hay suelos altamente ácidos, en algunos casos con valores de pH tan bajos como 3,5²⁶. Sobre estos suelos se observa que el bosque natural está conformado por muchas especies latifoliadas, incluyendo los majestuosos árboles de la familia *Dipterocarpaceae* (meranti, kapur, keruing) de 40 a 50 m de altura. Intercalado entre dichos suelos, muy ácidos, se encuentran en partes de la isla floramientos de material calcárico en donde el suelo es alcalino con un pH de entre 8,0 y 8,2, esto debido al alto contenido de carbonato de calcio que se originó en los arrecifes de coral en el mar. Sobre esos suelos alcalinos se encuentra bosque natural con los mismos árboles majestuosos de las mismas especies, con alturas similares a las anteriormente descritas en sitios con suelos muy ácidos. Es decir, que los árboles se han adaptado a vivir sobre los suelos existentes, por tanto, en lugar de que los árboles cambien la configuración química del suelo o sea sus características originales provenientes del material parental ácidos o alcalinos, ellos se adaptan a lo que hay.

^{26/} El autor ha medido el pH de los suelos en bosques en muchos sitios en Borneo: en Sarawak, Sabah y Kalimantan Oriental.

Ejemplo 2: Las coníferas de México y Centro América se encuentran, en su mayoría, sobre suelos ácidos (pH 5,0 a 6,0). No obstante, el altiplano de Chiapas, en el Sur de México, tiene suelos alcalinos con pH entre 8,0 y 8,2 debido a que el material parental tiene un alto contenido del carbonato de calcio. En el altiplano de Chiapas se encuentran bosques naturales con las mismas especies de coníferas que las que se encuentran en otras partes de México en donde hay suelos ácidos²⁷. En la Isla de Andros, Las Bahamas, los suelos también son alcalinos y el *Pinus caribaea* var *bahamensis* es originario de esos suelos. En los dos casos en México y en Las Bahamas, los pinos que se encuentran en los suelos alcalinos han crecido a tamaños similares a los pinos que están en suelos ácidos. Inclusive, los bosques naturales de pino en la Isla Andros fueron explotados por su madera hace muchos años y actualmente quedan pocos árboles remanentes en pie.

La creencia de que las coníferas acidifican los suelos parece estar basada en la historia de Europa Occidental, en donde durante los siglos 15, 16 y 17 los bosques naturales fueron eliminados casi en su totalidad para obtener leña, madera para la construcción o fueron talados para convertirlos en zonas agrícolas²⁸. Hubo otras razones para eliminar los bosques, un ejemplo son las leyendas que surgieron a raíz de las hambrunas, cuando los bandidos y malhechadores usaban los bosques para esconderse y robar a los viajeros o asaltar las fincas de aquellos que podían tener alimento y abrigo. Algunos de los cuentos para niños que fueron surgiendo son bien conocidos como el de Hanzel y Gretel y la Caperucita Roja, estos cuentos estaban dirigidos a crearle a los niños miedo de entrar en los bosques y como consecuencia hubo generaciones que odiaba y temía los bosques. Durante los siglos 17 y 18, viendo que los bosques desaparecían y junto con ellos sus beneficios como la caza, la madera para la construcción y para leña; los príncipes, la nobleza y los terratenientes fueron estableciendo plantaciones en sus terrenos. Plantaron coníferas (abetos, alerce y pinos) como fuente de madera para la construcción de sus mansiones y sus defensas, y los robles y las hayas se plantaron para fomentar el desarrollo del venado para la caza, ya que le sirve como albergue y su bellota le sirve como alimento. Los campesinos comúnmente iban a las plantaciones para recoger las ramas caídas para leña y la hojarasca de acículas de las coníferas como paja para los animales. Después de muchas décadas de esta práctica de eliminación de la hojarasca, que contenía los nutrientes bases como el calcio, magnesio y potasio, los investigadores del siglo veinte encontraron que los suelos debajo de las plantaciones estaban empobrecidos y que el pH del

^{27/} El autor ha medido el pH de los suelos en bosques en México en Chiapas, Oxaca, Tabasco, Campeche y Veracruz. Las especies de pinos que crecen en los suelos alcalinos en el altiplano de Chiapas incluyen *Pinus oocarpa*, *P. teocote*, *P. montezumae*, *P. maximinoi*, *P. tenuifolia* y *P. pseudostrobus*.

^{28/} En los Montes Cárpatos de Polonia, Slovakia, Hungría, Ucrania y Rumania hay bosques naturales en pie, pero mas hacia el oeste de Europa los bosques naturales fueron destruidos hace siglos. Los mayoría de los bosques que se encuentran hoy en día en los Países Bajos, Dinamarca, Gran Bretaña, Bélgica, Alemania, Suiza, Francia, y Austria son plantaciones de abetos, pinos, alerces, robles y hayas, exceptuando algunos bosques naturales de alerces en las alturas de los Alpes. Esto, a diferencia con los bosques de Norte América, los cuales son, en su gran parte, naturales.

suelo era inferior debajo de las coníferas que al de los suelos adyacentes sin bosque. Es decir, los cambios ocurridos en el suelo no fueron ocasionados por los árboles mismos, sino más bien por las prácticas constantes y repetidas de la gente.

Las especies seleccionadas para ser usadas en plantaciones normalmente son especies pioneras, las cuales, recuperan los suelos que han sido marginados para la agricultura y la ganadería. Las especies pioneras se conocen por su habilidad de producir hojarasca que al cubrir el suelo, lo protege contra la erosión y fomenta la formación de humus al descomponerse en el suelo. En Colombia, en plantaciones de 7 años, utilizadas como sombra para café, se encontró una producción de hojarasca de 8 ton/ha bajo *Eucalyptus grandis*, 7 ton/ha bajo *Pinus oocarpa* y 5 ton/ha bajo *Cordia alliodora* (nogal cafetero) (Urrego y Farfán, 2002). Esta hojarasca de especies coníferas como especies latifoliadas contiene nutrientes y bases que se reciclan gracias a que los hongos y las bacterias que se encuentran en el suelo los van descomponiendo dejándolos disponibles a asimilar nuevamente por las raíces de los árboles. Este reciclaje es fundamental para el desarrollo de los árboles y la recuperación del suelo debajo de las plantaciones. Si se rompe este ciclo, el crecimiento y la salud de los árboles se compromete.

LOS EUCALIPTOS Y EL MEDIO AMBIENTE

Hay mas de 600 especies del género *Eucalyptus* que se encuentran distribuidas en bosques naturales en el Pacífico Sur desde los 7°N del Ecuador en Papúa Nueva Guinea y en Indonesia, hasta los 43° S en Tasmania, Australia. De estas, apenas hay de treinta a cuarenta especies de eucaliptos que se utilizan en plantaciones (Lima, 1993).

Contrario a las críticas que aseveran que en 30 o 40 años habrá tierras infértiles bajo la plantaciones de eucaliptos, la experiencia nos muestra con hechos lo opuesto. En la industria forestal se ha observado que donde se han manejado los eucaliptos durante varias ciclos de siembra y cosecha, las plantaciones siguientes producen mas, no menos madera por hectárea, esto gracias al mejoramiento genético a través de la selección de los mejores árboles como productores de semillas, la preparación adecuada de los suelos para la plantación, el control de las malezas, la fertilización y otras prácticas silviculturales (Evans, 1982). En el Brasil, la industria forestal duplicó la manufactura de productos forestales entre 1987 y 2004, mientras que la base forestal quedó casi constante con 5 millones de has. en plantaciones²⁹.

Existen múltiples ejemplos del hecho de que los eucaliptos no causan infertilidad de los suelos, incluyendo a Chile, en donde se han plantado eucaliptos desde el siglo pasado; en muchas partes de África, en donde han existido plantaciones durante más de 100 años; y también en Portugal donde hay plantaciones de eucaliptos desde hace más de 150 años y donde la producción ha aumentado en un 50% en los últimos 30 años.

²⁹/ Fuente: SBS: Sociedad Brasileira de Silvicultura, www.sbs.org.br

En Australia, la cuenca hidrográfica que abastece la ciudad de Melbourne tiene 120.000 has., de las cuales la mayor parte está cubierta por bosques naturales de *Eucalyptus regnans*. La calidad del agua producida en la cuenca es tan alta que no es necesario tratarla antes de distribuirla a la ciudad (MMBW, 1980, citado por Lima, 1993).

En un estudio llevado a cabo en la India, no se encontró ninguna diferencia en el pH del agua ni en la calidad del agua subterránea comparando una plantación de *Eucalyptus globulus* de 14 años de edad y un bosque natural de *Shorea robusta* u otra área con pastizales (Mathur y otros, 1984). En otro estudio que compara una plantación de *Eucalyptus globulus* con un bosque natural de *Shorea robusta*, no hubo diferencias en la calidad del agua en cuanto a sus nutrientes o pH (Samraj y otros, 1988).

En un estudio llevado a cabo en el Brasil, se ha encontrado que los eucaliptos tienen una capacidad de absorción de agua del suelo similar a la que tiene una plantación de pinos y a la que tiene un bosque natural de especies latifoliadas (Lima y Freire, 1976). En otro estudio realizado en el Brasil, sobre especies nativas y eucaliptos en plantaciones, se concluyó que las especies nativas tuvieron su mayor consumo de agua en el período en el cual las reservas de humedad del suelo eran muy limitadas, pero, por el contrario, el eucalipto, consume la mayor parte del agua que necesita en el período de lluvias; por tanto, Mello (1961) concluyó que el eucalipto es más efectivo para la conservación del agua del suelo.

En la India, en un estudio comparativo sobre la extracción de agua de plantaciones jóvenes de *Leucaena leucocephala*, una especie utilizada frecuentemente en la agroforestería, y el *Eucalyptus tereticornis*, se concluyó que la extracción media anual de agua del suelo fue similar para las dos especies, pero que la *Leucaena* tenía una mayor capacidad para extraer el agua del suelo seco (Das y otros, 1990). Es decir, el eucalipto utilizó menos agua durante la época seca que *Leucaena*.

En el Brasil, en sitios en donde el nivel freático no está cerca de la superficie, el régimen de agua en el suelo no varía entre los eucaliptos, los pastizales y la maleza; tampoco varía entre las especies que tienen raíces profundas y las especies con raíces superficiales (Lima, 1984). El consumo de agua en plantaciones de pinos y en bosques de eucaliptos de edades y densidades similares tampoco varía (Lima, 1984).

Sin lugar a dudas, el Dr. Walter de Paula Lima, Profesor de la Universidad de São Paulo, Brasil, es la autoridad más destacada en cuanto a la relación entre los suelos y los eucaliptos. El Profesor Lima ha dirigido múltiples estudios de campo sobre este tema y ha escrito muchos informes técnicos y varios libros sobre el tema. Su libro, *Impacto Ambiental do Eucalipto* (1993) hace una revisión detallada de todos los aspectos de los eucaliptos y sus efectos sobre el suelo y las cuencas hidrográficas, e incluye 850 referencias a la literatura mundial relativa al tema. A continuación se hace un recuento breve de algunos de las conclusiones de su libro.

- La información disponible no da ningún soporte científico a la posibilidad de que los eucaliptos o ninguna otra especie forestal utilizada en reforestaciones grandes pueda alterar el régimen de lluvias,
- Las pérdidas de agua de lluvia por interceptación son menores para los eucaliptos que los valores medios para otras especies en plantación o en bosques naturales.
- Las plantaciones de eucaliptos pueden contribuir positivamente para el control de la erosión superficial y por tanto para la conservación del suelo y sus nutrientes.
- El agua que drena de las cuencas hidrográficas que contienen bosques naturales de eucaliptos es, por lo general, de alta calidad.
- El agua del suelo y del subsuelo que se encuentra debajo de las plantaciones de eucaliptos y debajo de los bosques naturales u otros tipos de vegetación no es marcadamente diferente.
- Aunque todavía no existen muchos datos, la información que hay indica que la eficiencia de producción de biomasa por unidad de agua consumida es relativamente alta para los eucaliptos en comparación con otras especies forestales.
- El balance hídrico de las cuencas hidrográficas reforestadas con eucaliptos no es diferente al que se observa en cuencas con otros tipos de cobertura forestal.
- A largo plazo, las plantaciones de eucaliptos en pie están mostrando efectos positivos sobre las propiedades químicas del suelo.
- La demanda o exigencia de nutrientes que tienen las plantaciones de eucaliptos de rápido crecimiento es relativamente alta en comparación con las especies de lento crecimiento, pero es del mismo orden de la demanda que tienen otras especies forestales de rápido crecimiento y es mucho menor que la demanda normal de nutrientes que requieren los cultivos agrícolas.
- La evidencia de que disponemos no apoya el argumento de que los eucaliptos son especies invasoras que acaban con la flora nativa, ni que tienen efectos alelopáticos que suprimen el crecimiento de otras especies de la flora. Con tiempo, las especies locales pueden desarrollarse en un soto-bosque rico debajo de los eucaliptos y lo que es más, una vez recuperados los suelos, las especies forestales originarias eventualmente pueden regresar y volver a crecer en esos sitios.

LA TECA Y EL SUELO

La teca (*Tectona grandis*) es una especie originaria al Sur de Asia, la cual se encuentra en bosques naturales en la India, en Bangladesh, en Myanmar (Birmania) y en Tailandia. Es una especie muy importante para la reforestación y es la especie que produce maderas finas que se planta a mayor escala en el mundo. En Tailandia, existen más de 800.000 has. en plantaciones de la teca (FAO, 2001). La Comisión Real Forestal de Tailandia planta la teca como especie principal para el control de erosión en lomas deforestadas. Es decir, se utiliza la teca como especie principal para el control de la erosión y la recuperación de áreas deforestadas.

Aunque la teca no es originaria de Indonesia, se inició su plantación en las islas de Madura y Java hace tres siglos y en la actualidad es considerada como una *especie naturalizada* (White, 1991). Hace 150 años, el gobierno colonial holandés inició la plantación de teca en Java y ésta continúa hasta el presente, bajo la responsabilidad de Perhutani, una corporación del gobierno de Indonesia que se encarga del manejo de las plantaciones forestales en la Java. Había un total de 2 millones de has. plantadas en Java con especies forestales y, de este total, había 1,2 millones de has. de teca. Los lugares en donde se planta la teca, en las provincias del centro y este de Java, existen muchos lomeríos pequeños, medianos y grandes, rodeados por llanuras fértiles en donde se plantan arroz, maíz y otros cultivos para sostener a los 100 millones de personas que habitan en la isla. Cuando se iniciaron las plantaciones de teca en Java a escala mayor en el siglo 19, no había escasez de madera de teca, aún había bosques extensos con teca en el Sur de Asia. La teca fue plantada, no solo por su fina madera, sino también para reforestar aquellos lomeríos, proteger los suelos contra la erosión y evitar daños por sedimentación en las planicies bajas de producción agrícola. Después de 150 años de experiencia en Java se puede concluir sin reserva alguna que la teca es una buena especie para proteger el suelo y que no es culpable de causar erosión³⁰.

La clave del éxito de una especie para la reforestación y la recuperación de tierras es su capacidad de formar hojarasca que al caer al suelo lo protege contra la erosión. (Kanowski y Savill, 1992). En Darjeeling, India, se hicieron comparaciones de las propiedades del suelo que estaba debajo de plantaciones de teca y hule (caucho) y las que estaban debajo del bosque natural; siendo la conclusión que no había diferencias significativas en los niveles de nutrientes que había en los suelos bajo los tres tipos de vegetación, excepto que hubo más calcio en la superficie que estaba debajo de la teca. Además, hubo una mayor acumulación de hojarasca debajo de la plantación de teca que debajo del hule o debajo del bosque natural (Krisnakumar y otros, 1991).

^{30/} Lo triste de esta historia es que, con una población humana tan grande como la que tiene Java, la teca está desapareciendo. De los 1,2 millones de has. originalmente plantadas con teca, se estima que apenas quedan 350.000 has. en pie y que esta cifra se reducirá aún más en el futuro, debido en gran parte a la presión demográfica que existe para usar las tierras para cultivos agrícolas. Además, la madera de teca tiene alto valor en mercados locales para la construcción y para la artesanía y es cortada por Perhutani mismo y también es fácilmente robable debido a la distribución muy dispersa de las plantaciones, intercaladas con muchas veredas rurales.

En Costa Rica, hay más de 30.000 has. plantadas con teca (FAO, 2001). Allá también existen personas que aseveran que la teca está causando la erosión del suelo en sus propias narices. La mejor forma de aclarar esta discrepancia de opinión entre los estudios y la larga historia de plantación de teca en Asia, y las críticas y las leyendas que la gente ha desarrollado a raíz de la reciente plantación de teca que se ha hecho en Costa Rica, es muy sencilla, simplemente hay que ir al campo y observar lo que en realidad sucede bajo las plantaciones. Personalmente he visto los sitios en la Península de Guanacaste en donde se inició la reforestación comercial con teca. Son lomeríos en donde la ganadería fue el principal uso que se dio a esos suelos durante muchos años y en donde había mucha erosión por el sobrepastoreo. He visto los sitios donde hubo plantaciones jóvenes de teca y pochote³¹ en viejos potreros con cárcavas, *pero con cárcavas formadas antes de la plantación causados por el uso anterior de la tierra*. Al otro lado del mismo camino vi potreros en el mismo estado de erosión y con las mismas cárcavas. (Nunca he oído críticas en Costa Rica que aseveran que el pochote cause la erosión sencillamente porque ésta es una especie nativa, se dirigen las críticas a la teca, la cual es una especie exótica.) La conclusión es que la reforestación con teca no causa la erosión, más bien es una manera de proteger el suelo y de recuperarlo de los daños causados por usos anteriores.

PLAGAS Y ENFERMEDADES EN PLANTACIONES FORESTALES

Una de las críticas dirigidas a las plantaciones forestales es que son más susceptibles a plagas y enfermedades que los bosques naturales. A pesar de la frecuencia de esta crítica, nunca he visto pruebas científicas que apoyen esta creencia.

En 1977, hice una revisión de la literatura sobre las trece enfermedades y plagas forestales más importantes en los Estados Unidos desde 1900 (Ladrach, 1977). Se incluyen entre aquellas especies el castaño (*Castanea dentata* fam *Fagaceae*), la más importante para la construcción y para muebles que había en los bosques de latifoliadas mixtas en el oriente de Norte América. El tizón de castaño fue detectado por primera vez en 1904 y para 1940 la enfermedad había devastado todos los bosques mixtos causando la desaparición total de esa especie en el comercio de maderas. Igualmente, la enfermedad holandesa del olmo, una especie que crece en bosques mixtos: En 1950 el 50% del mobiliario americano era de olmo y para el año 1970 la especie había desaparecido totalmente del mercado debido a esa enfermedad. Los escarabajos del pino atacan los bosques en el Sur del país, causando la muerte de miles de hectáreas de árboles en bosques naturales y mixtos cada vez que ocurre una sequía de varios años de duración. Los escarabajos nunca le hacen tanto daño a plantaciones como el que les hacen a los bosques naturales. También se dan ataques de la polilla gitana, que aún continúan atacando los bosques mixtos de especies latifoliadas en el Noreste. También, ha

^{31/} Pochote es el nombre costarricense para la *Pachira* o *Bombacopsis quinata*, llamada ceiba roja o ceiba tolúa en Colombia.

continuado el ataque del gusano de las yemas terminales de los abetos, que ataca los abetos en los bosques mixtos de coníferas y latifoliadas en el norte de los Estados Unidos y en el Canadá. Estas plagas nunca han sido un problema significativo en plantaciones establecidas en las mismas regiones del bosque natural que sí se ha visto muy afectado.

Entre todas las enfermedades y plagas registradas en Norte América durante el siglo veinte, la única que ha tenido un efecto importante y económico en plantaciones es la roya fusiforme (*Cronartium fusiforme* o *C. quercum*) que ataca a los pinos y los robles en el Sureste de los Estados Unidos, esta es una enfermedad que ataca a las plantaciones al igual que a los bosques naturales mixtos. No obstante, a través de la investigación y la selección genética de árboles resistentes, esta enfermedad ya no tiene un impacto importante en las plantaciones, mientras que continúa causando daños en los bosques naturales mixtos.

La razón por la cual las plantaciones son más sanas que los bosques naturales radica en varios hechos:

- En las plantaciones se controla la competencia entre los árboles plantándolos con un espaciamiento regular, permitiendo que cada uno pueda crecer saludablemente. El control de la densidad de plantación, o sea, el control silvicultural, ha sido entre los controles más efectivos contra los insectos defoliadores del orden *Lepidoptera*. Por otra parte, en los bosques naturales hay una competencia muy fuerte por espacio, nutrientes y luz durante toda la vida y esto resulta en la muerte de la gran mayoría de los árboles que nacen en el bosque.
- A menudo, los ataques por plagas y enfermedades en plantaciones están asociados con la plantación de especies mal adaptadas a su medio. En ese caso, el control radica en hacer estudios de adaptabilidad de especies, haciendo ensayos de investigación y selección de especies (o procedencias de la misma especie), que se adaptan mejor al medio particular³².
- Las plantaciones se cosechan a su madurez comercial cuando los árboles son saludables. En el bosque natural, los árboles que sobreviven la competencia interna del bosque se vuelven viejos y, eventualmente, decrepitos, volviéndose más susceptible al ataque de cualquier agente nocivo.
- Si sucede un ataque de un agente biológico nocivo en una plantación, se pueden eliminar los árboles atacados antes de que el problema se vuelva más severo. En un bosque mixto natural ésta, rara vez, es una alternativa viable.

^{32/} Viene al caso la cancrrosis de la melina (*Ceratocystis fimbriata*) ocurrida en el Brasil. Este hongo está presente en todo el mundo y nunca había sido un patógeno de melina (*Gmelina arborea*), excepto en las plantaciones de Jari Celulose en la región amazónica, donde se plantó en suelos arenosos a franco arenosos. La melina es una especie que se adapta bien a suelos de franco-arcillosos a limosos pero no a suelos arenosos. Jari cambió sus plantaciones a eucaliptos híbridos que se adaptan bien a suelos arenosos y se eliminó el problema.

- En el caso de las enfermedades que causan un impacto económicamente importante atacando las plantaciones forestales, como el caso de la cancrrosis del eucalipto (*Cryphonectria cubensis*) y la roya fusiforme de pinos en Norte América, se ha logrado, a través de la investigación forestal, identificar sepas resistentes que se utilizan para hacer plantaciones comerciales. En el Brasil, en la década de 1980-90, hubo plantaciones de eucaliptos que se vieron fuertemente atacadas por la cancrrosis, actualmente se plantan sepas que presentan una resistencia total a la enfermedad.

¿Porqué existe la creencia pública de que las plantaciones son más susceptibles a las plagas y enfermedades que los bosques naturales? Una razón es que las plantaciones, en su mayor parte, han sido establecidas cerca de las poblaciones rurales. Como es natural, tan pronto se observa algún problema en una plantación, éste se hace del dominio público por su cercanía y visibilidad, entonces, se vuelve tema de especulación general³³. Además, las empresas y la prensa generan reportes sobre la situación. Por lo contrario, los bosques naturales están siempre lejos de las poblaciones y no son tan observados por el público. En el bosque húmedo tropical del Pacífico de Colombia, un estudio registró 78.000 árboles/ha en la regeneración de un año de edad, pero a lo 8 años, el número de árboles había disminuido a 11.000/ha y en el bosque maduro la densidad promedio fue de 325 árboles/ha de tamaños comerciales (Ladrach, 1985a). Cuando los árboles en el bosque natural están debilitados por una competencia tan tenaz, son muy susceptibles a los ataques de insectos o patógenos. Además, como no hay interés económico en ellos, no se le da importancia a un árbol o a un grupo de árboles que mueren en pie o que se caen por pudrición, pues esto se percibe como parte de la naturaleza. Hay que recordar que el concepto del *equilibrio natural* es que en los bosques algunos árboles mueren y otros nacen en forma continua, resultando en *un crecimiento neto de cero*. Las plagas y enfermedades son vectores importantes en ese proceso.

El reforestador como el agricultor tiene que estar pendiente de cualquier problema o novedad que surge en su cultivo. Hay que hacer inspecciones periódicas y, si se encuentra alguna anomalía, hay que evaluar su importancia en cuanto al impacto para el cultivo. *La investigación forestal es una de las defensas más importantes para el reforestador* como método para evaluar problemas que se encuentran en sus cultivos arbóreos. La empresa forestal grande normalmente tiene su propio departamento de investigación forestal que aporta apoyo técnico a sus operaciones forestales. Para el reforestador pequeño, obviamente esta no es una opción. No obstante, los grandes logros de la investigación forestal en Los Estados Unidos, Brasil, Chile y otros países se han dado, más que todo, a través de la cooperación entre entidades públicas y privadas. El apoyo técnico y de alta calidad en cuestiones de investigación forestal es

³³/ En 1980, Pizano, S.A., inició la plantación de la ceiba roja en el Departamento de Bolívar. Es una especie autóctona de la zona, es común en los bosques naturales y la madera se utiliza en la construcción local y nacional. Todo el mundo observa que el árbol pierde su follaje al principio del verano y vuelva echar frondo cuando se inician las lluvias. No obstante, en 1982, cuando las primeras plantaciones de Pizano entraron en su primer verano y perdieron su follaje, corrió el chisme por los pueblos cercanos de que "los árboles de Pizano se habían muerto!" A los humanos nos gusta un buen chisme, no importa si es verdad o no!!!

uno de los incentivos más críticos y necesarias para el desarrollo de una cultura dirigida a establecer plantaciones forestales en un país.

LA TALA RASA VERSUS EL CORTE SELECTIVO

Una de las críticas dirigidas hacia los dueños de las plantaciones es que se hace la cosecha mediante la tala rasa. Ésta es una crítica curiosa porque en la gran mayoría de los cultivos agrícolas, cuando están maduros, se hace la cosecha total de una vez, o sea, una tala rasa. Como se ha mencionado anteriormente, la mayor parte de las plantaciones forestales del mundo han sido establecidas por empresas fabricantes de pulpa para celulosa o tableros de astillas de madera. Cuando los árboles llegan a su madurez económica, se hace la cosecha total de la madera y se replanta el sitio nuevamente. La experiencia de las operaciones forestales muestra que la cosecha de madera cuesta 50% más por metro cúbico haciendo raleos que haciendo una tala rasa³⁴.

No obstante, cuando se hace el manejo de una plantación para la producción de madera para aserrío, es necesario hacer entresacas o intervenciones para eliminar los árboles mal formados y también para reducir la densidad de la plantación para agregar mayor valor a los árboles residuales que quedan en pie. Es decir, el sistema de cosecha se define según el objetivo del manejo y los productos deseados. No es rentable para ninguna empresa contemplar siquiera la posibilidad de hacer múltiples intervenciones en sus plantaciones, sacando unos pocos árboles en cada una, en forma continua e indefinida, como proponen algunos de los ambientalistas.

Por otra parte, en el caso de las plantaciones establecidas para el control de la erosión, para el control del caudal en cuencas hidrográficas, o establecidas en áreas públicas para crear bosques de recreo, lo más apropiado es hacer raleos múltiples, para que queden árboles grandes con un dosel superior, permitiendo la entrada en el sotobosques de otras especies. Esto es lo que se debe hacer en sitios como la cuenca del Lago de Neusa que abastece el agua para Bogotá, la cuenca de Piedras Blancas que abastece agua a Medellín o en sitios similares. Si el plan es dejar que la plantación crezca durante muchos años como parque o como reserva, sin hacer una tala rasa, hay que hacer entresacas periódicas para abrir el dosel y dar más espacio para que los árboles crezcan. Si no se hacen entresacas en tales sitios, lo que sucederá es que aquellas plantaciones se estancarán y los árboles empezarán a secarse y caer, dejando un desastre con árboles muy tupidos, secos, feos, y muy susceptibles a ser atacados por plagas o enfermedades.

^{34/} El gerente forestal de una empresa grande en Argentina me dijo que el costo de la madera obtenida de raleos de sus plantaciones era 80% más por metro cúbico que la madera obtenida con la tala rasa.

En resumen, no hay un sistema de manejo apropiado para todos los usos de las plantaciones. El plan de cosecha depende del objetivo que tuvo el dueño para hacer la plantación y de los productos que se desean producir en ella.

ALELOPATÍA

La definición de alelopatía en el diccionario es: "El acto de suprimir el crecimiento de una especie de planta por otra al generar sustancias tóxicas". La alelopatía es un mecanismo natural el cual ayuda a algunas especies de plantas a competir en su medio ambiente.

Ha habido críticas y murmuraciones con respecto a que las especies forestales, como los eucaliptos, los pinos, el ciprés y la teca son alelopáticos y que después de estar establecidos en un sitio durante apenas un turno, ya no crece otra vegetación en ese sitio debido a los efectos alelopáticos causados por los árboles. Vale la pena observar que en Centro América y México, de donde se originan la mayoría de las especies de coníferas plantadas en Colombia, tales pinares son muy cotizados para convertirlos en maizales y otros cultivos o en potreros para el ganado. El comentario de que los pinos envenenan el suelo en un solo turno, no es lógico, cuando los pinos han estado creciendo en los suelos de México y Centro América durante miles de años y aún son los sitios deseados para convertirlos en cultivos agrícolas. En el Brasil, se han cortado plantaciones de eucalipto y se ha plantado café en seguida, con mucho éxito. También se han cortado plantaciones de ciprés, pino y eucalipto en Colombia y luego se ha plantado maíz, tomates y hortalizas con éxito.

Por otra parte, es sabido que los pastos y las malezas tienden a ser fuertemente alelopáticos (Zobel, Wyk & Stahl, 1987). En ensayos de investigación hechos en Colombia, se ha encontrado que los pastos exóticos yaraguá (*Melinis minutiflora*), kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) y *Brachiaria* sp. tienen efectos alelopáticos fuertes y dañinos para las plantaciones de árboles jóvenes de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus globulus* y ciprés (*Cupressus lusitanica*) (Cannon, 1981, Ladrach, 1982, 1983, 1985b, Lambeth, 1986). Se han encontrado efectos alelopáticos causados por el pasto alang-alang (*Imperata cylindrica*) que bajan el crecimiento de plantaciones de *Pinus merkusii* y *Acacia auriculiformia* en Indonesia (Santoso, 1987).

En Australia, se hizo una evaluación de las aguas de lluvia recogidas debajo de bosques de eucaliptos y se encontraron concentraciones naturales de extractos de follaje en el agua de lluvia de 10 partes por millón (10 ppm.) (May y Ash, 1990). Utilizando concentraciones similares de agua pasada por el follaje de los eucaliptos, los investigadores no encontraron efectos nocivos derivados de los eucaliptos sobre la germinación o el crecimiento de varias especies agrícolas y arbóreas.

En la India, se han hecho estudios de laboratorio, en donde se aplican extractos de sabia del follaje de eucaliptos y otras especies sobre las semillas o sobre plantas suculentas, recién germinadas y muestran que esas savias tienen efectos nocivos. En

un estudio en la India, se evaluó la fitotoxicidad de varios extractos a concentraciones de 1% (10,000 ppm) de hojas de *Leucaena leucocephala* (un árbol centroamericano utilizado en sistemas agroforestales), sobre arroz y especies leñosas agroforestales (Chaturvedi y Jha, 1992). Es decir, concentraciones *mil veces mayores que las que se ven naturalmente en el agua de lluvia que se encuentra debajo de los árboles!* Los investigadores encontraron fitotoxicidad con los extractos de la *Leucaena* sobre las semillas recién germinadas de arroz y del árbol *Casuarina*.

Por supuesto, es posible hacer extractos de las savias de las hojas o de las raíces de una planta o de un árbol y aplicar esos extractos en altas concentraciones sobre semillas o plantas pequeñas de especies sensibles y encontrar un efecto nocivo *en el laboratorio*. Esto no quiere decir que el árbol o la planta que está en el campo sea nociva en su medio ambiente, esto simplemente quiere decir que *es posible hacer concentraciones nocivas en el laboratorio*. Traer a colación esos experimentos de alelopatía es exagerar la definición de la palabra. Esos estudios no muestran alelopatía, mas bien muestran simplemente "una fitotoxicidad inducida en el laboratorio".

Aunque existen casos de alelopatía entre unas pocas especies arbóreas, como el nogal norteamericano (*Juglans nigra*) no es un mecanismo muy importante para los árboles para competir con otras plantas ni es tan común en los árboles como para las plantas suculentas y anuales. Como ya se ha citado, el Dr. Walter Lima concluye que la evidencia disponible no apoya el argumento de que los eucaliptos tienen efectos alelopáticos que supriman el crecimiento de otras especies florísticas (Lima, 1993). Según el Dr. Bruce Zobel, tampoco se ha encontrado evidencia en el mundo de que los pinos sean alelopáticos (comunicación personal).

PLANTACIONES FORESTALES Y LA FAUNA SILVESTRE

Como ya se explicó anteriormente, la gran mayor parte de la reforestación tropical está en áreas ya despejadas por la agricultura y la ganadería³⁵. En tales áreas, la existencia de la fauna silvestre está limitada por la ausencia de su hábitat natural, por el esfuerzo de los mismos agropecuarios de controlar los animales salvajes que pueden convertirse en amenaza para sus cultivos o competir para los recursos con sus propios animales domésticos. Otro factor es la cacería. El Dr. José Ignacio Borrero, biólogo colombiano, observó que en el altiplano de Popayán, había desaparecido el 97% de las especies de mamíferos y el 80% de las especies de aves que existían originalmente, debido más que todo al uso tradicional agrícola de las tierras (Borrero, 1980).

Según Lima (1993) un monocultivo extenso de eucaliptos, como el de cualquier otra especie de planta, puede resultar en una disminución de la disponibilidad de recursos para la existencia de una fauna variada, pero una plantación forestal, bien sea de eucaliptos, o de cualquier otra especie, nunca ha mostrado una falta total de fauna. Además, se pueden mejorar las condiciones generales para la fauna de un área con plantaciones forestales mediante prácticas adecuadas de manejo forestal.

Al establecer plantaciones forestales en sitios que antes estaban en cultivos o pastizales, no se puede esperar que aparezca una plenitud de fauna silvestre solo por el hecho de que se han plantado árboles. La práctica común y lógica en las propiedades con plantaciones forestales es conservar los bosques naturales remanentes que se encuentran en los predios, dejándolos recuperarse y de esta manera se protege tanto la fauna natural, como la flora nativa del sitio.

Pizano es un ejemplo excelente de como una empresa forestal colabora en la protección de la fauna silvestre. La empresa inició los inventarios de la fauna en sus plantaciones en la costa atlántica al iniciar las plantaciones en 1981. Se han identificado 170 especies de aves, 22 de mamíferos no voladores, 27 de quirópteros, 43 de reptiles y 35 de anfibios, así como innumerables insectos³⁶. En sus predios está prohibido la caza. También colabora con el gobierno colombiano y con investigadores en otros países en estudios de la fauna que hay en sus predios. Dentro de todas estos grupos zoológicos se destaca la población local de *Saguinus oedipus oedipus*, especie endémica de Colombia y considerada en peligro de extinción, la cual ha sido reconocida por primatólogos nacionales y extranjeros como una de las mejor conservadas dentro del área de distribución de la especie.

^{35/} Una excepción importante está en Indonesia, país con la cuarta población más alta del mundo con más de 200 millones de habitantes. Desde hace veinte años, Indonesia ha tenido una política de *transmigración* en donde se trasladan campesinos de las islas más pobladas a las menos pobladas y se les ayuda a aclarar el bosque y formar pueblos agrícolas. Entre 1988 y 2002, Indonesia fomentó la conversión de bosques naturales degradados a plantaciones forestales industriales para estimular la economía, especialmente en las islas de Sumatra y Kalimantan (Borneo); esos incentivos ya se acabaron.

^{36/} Fuente: www.pizano.com

En las plantaciones de Smurfit Cartón de Colombia, se ha encontrado la adaptación de la ardilla común, *Sciurus granatensis*, a las plantaciones de pino, comiendo casi la misma cantidad de semillas de conos de pino (*Pinus maximinoi*) que bellotas de roble (*Quercua humboldtii*) (Ruiz, 1994). En 1997, CONIF³⁷ fomentó un estudio de la flora y fauna en dos fincas de la empresa con plantaciones de pinos y eucaliptos, una en el Municipio de Riosucio, Caldas, otra en el Municipio de Restrepo, Valle (Agudelo y Castillo, 1998). Su conclusión fue que “la existencia de una plantación forestal adecuadamente manejada favorece la presencia y permanencia de la biota local, si se compara con el uso pecuario del mismo terreno.

Aracruz Celulose, S. A., Brasil, mantiene bosques naturales en sus predios de plantación de eucalipto y también produce millones de plantas de especies forestales indígenas a la Costa Atlántica para plantación en sus predios y para regalarlas a otros propietarios de la región. De sus más de 200.000 has. de tierras forestales, Aracruz mantiene una hectárea de bosque natural por cada dos hectáreas de plantación de eucaliptos. El Bosque Atlántico de Brasil, que contiene muchas especies de flora y fauna endémicas, ha sido talado y destruido en su mayor parte desde la llegada de los Europeos a las Américas, sin embargo, la empresa mantiene la reserva privada de Bosque Atlántico más grande de Brasil. Los estudios fomentados por Aracruz desde 1993 han identificado más de 450 especies diferentes de aves las cuales dependen de sus tierras forestales, incluyendo bosques nativos y plantaciones de eucaliptos³⁸. Se han identificados múltiples ejemplos de animales que se han adaptado a las plantaciones de eucalipto y viven en ellas. Entre los pájaros identificados se incluyen diez que están listados como en vía de extinción por IBAMA³⁹.

Aunque todavía se carece de mucha información técnica sobre la abundancia de la fauna en plantaciones tropicales, los indicios son positivos gracias a que se ha fomentado la protección de la fauna silvestre en conjunto con el manejo forestal en plantaciones ya que se ha conservado el bosque natural adyacente.

^{37/} CONIF es la Corporación Nacional de Investigación Forestal.

^{38/} Fuente: www.Aracruz.com. Ya está disponible el libro *Birds as Bioindicators of Environmental Quality*, 2005, por Paulo de Tarso Zuquim Antas, of Funatura (Fundação Pró-Natureza) and Auro Campi de Almeida, of Aracruz Celulose.

^{39/} Instituto Brasileiro del Medio Ambiente

REFERENCIAS

- Agudelo, G. P., A. S. Castillo. 1998. Efectos de plantaciones forestales sobre fauna y flora. Serie técnica 41. CONIF. Bogotá. 138 p.
- Borrero H. J. I. 1978. Estudio comparativo sobre la fauna en un área sin reforestar y otra reforestada con pinos en la Venta de Cajibío, Cauca. Informe de investigación 40. Cartón de Colombia, S. A. 42 p.
- Cannon, P. 1981. Efecto del control del pasto yaraguá en el crecimiento diamétrico de *Cupressus lusitanica*. Informe de investigación 65. Cartón de Colombia, S.A. 4 p.
- Chaturvedi, O.P.; Jha, A.N. 1992. Studies on allelopathic potential of an important agroforestry species. Department of Forestry, Rajendra Agricultural University, Pusa Samastipur 848125, Bihar, India. Forest Ecology and Management 53(1-4) 91-98.
- Das, K.K.; Ravender Singh; Singh, A. K. 1990. Root water extraction and evapotranspiration by young *Leucaena* and *Eucalyptus* plantations under semi-arid climate. Annals of Agricultural Research 11(1):1-13.
- Evans, J. 1982. Maintaining and improving the productivity of tropical and subtropical plantations. In: (Eds. R. Ballard & S. P. Gessel) IUFRO Symposium on Forest Site and Continuous Productivity, Seattle, Washington Aug. 22-28, 1982. U.S.D.A. Forest Service Gen. Tech. Rept. PNW-163:312-322.
- FAO Global Forest Resources Assessment 2000. 2001. Food and Agricultural Organization of the United Nations. FAO Forestry Paper 140. Rome, Italy. 511 p.
- Kanowski, P. J. y Savill, P. S. 1992. Plantation forestry. In: N. P. Sharma (Ed.), Managing the World's Forests. Kendall Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, U.S.A. p. 375-401.
- Krisnakumar, A.K.; C. Gupta; Sinha, R. R.; Sethuraj, M. R.; Potty, S. N.; T. Eappen; D. Das 1991. Ecological impact of rubber (*Hevea brasiliensis*) plantations in northeast India: Soil properties and biomass recycling. Indian Journal of Rubber Research 4(2)134-141.
- Ladrach, W. 1977. Plagas y enfermedades mas importantes de los bosques en los Estados Unidos. Cartón de Colombia, S. A. Reunión Annual de Investigación Forestal, Popayán, Colombia. 18 a 36.
- Ladrach, W. 1982. Preparación mecánica y química del sitio para la reforestación de pendientes en grama, resultados después de un año. Informe de investigación 78. Cartón de Colombia, S. A. 6 p.

- Ladrach, W. 1983. Preparación física y química de una pendiente en potrero para la reforestación con *Eucalyptus grandis*, *Cupressus lusitanica* y *Pinus oocarpa*, resultados después de dos años. Informe de investigación 87. Cartón de Colombia, S. A. 9 p
- Ladrach, W. 1985a. Crecimiento del arboretum de Bajo Calima al finalizar ocho años. Informe Annual de Investigación Forestal, Cartón de Colombia, S. A. 105-116.
- Ladrach, W. 1985b. Comparaciones entre procedencias y fuentes de semilla de catorce coníferas en la zona andina al finalizar cinco años. Informe de investigación 102. Cartón de Colombia, S. A. 13 p.
- Lambeth, C. 1986. Control de pastos con el herbicida Roundup aumenta el rendimiento de *Eucalyptus globulus* en la finca Salinas. Informe de investigación, 108. Cartón de Colombia, S. A. 5.
- Lima, W. de P. 1984. The hydrology of eucalypt forests in Australia. IPEF, Piracicaba, Brasil (28) 11:32.
- Lima, W. de P. 1993. Impacto Ambiental do Eucalipto, 2 ed. Editora da Universidade de São Paulo, Brasil. 301 p.
- Lima, W. de P. e O. Freire. 1976. Evapotranspiração em plantações de eucalipto e de pinheiro e em vegetação herbácea natural. IPEF, Piracicaba, Brasil 12:103-117.
- May, F.E.; Ash, J.E. 1990. An assessment of the allelopathic potential of *Eucalyptus*. Australian Journal of Botany 38(3)245-254.
- Mello, H. A. 1961. O consumo de agua pelas plantas. Anuario Brasileira de Economía Florestal no. 13. Rio de Janeiro.
- MMBW. 1980. Water supply catchment hydrology research: Summary of Technical Conclusions. Melbourne, Australia. Report MMBW – W – 0012. 41 p.
- Mathur, H. N., Raj, S. F. H. & Naihani S. 1984. Ground water quality (pH) under different vegetation covers at Osamund (Nilgiris Hills). Indian Forester, 110: 110-115.
- Ruiz P., H. J. 1004. Fuentes alimenticias de la ardila común, *Sciurus granatensis*, en la región de Cajibío, Cauca, Colombia. Informe de investigación 162. Smurfit Cartón de Colombia, S. A. 9p.
- Samraj, J. P.; Chinnamani, S.; Lakshmanan V. & Haldoral B. 1988. Hydrological behaviour of the Nilgiri Sub-Watersheds as affected by bluegum plantations. Part I The Annual Water Balance. Journal of Hydrology, 103: 335-345.

- Santoso, E. 1987. [Effect of alang-alang (*Imperata cylindrica*) extracts on the growth of *Pinus merkussii* and *Acacia auriculiformis* seedlings]. Buletin Penelitian Hutan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, Indonesia No. 490 1-12.
- Urrego, B., Farfán, F. 2002. Aportes de hojarasca en cafetales con sombrío de especies forestales. Informe de investigación 188. Smurfit Cartón de Colombia, S.A. 16 p.
- White K.J. 1991. Teak, some aspects of research and development. RAPA Publication 1991-17. FAO Regional Office for Asia and the Pacific (RAPA), Food and Agriculture Organization of the United Nations. Bangkok, Thailand. 69 pp
- Zobel, B. J., G. Van Wyk & P. Stahl. 1987. Growing Exotic Forests. John Wiley & Sons. New York. 508 p