

Procesamiento, uso y mercado de la *madera en* *Costa Rica*: aspectos históricos y análisis crítico

Rafael Serrano Montero¹
Roger Moya Roque²

Resumen

Costa Rica ha experimentado en los últimos 20 años un periodo de adaptación y apropiación de tecnología para el procesamiento de la madera. El gran consumidor de madera aserrada ha sido tradicionalmente el sector de la construcción, no obstante esto empezó a cambiar al finalizar el siglo pasado. En las últimas décadas la madera ha sufrido un proceso acelerado de sustitución por materiales principalmente a base de hierro, aluminio y concreto con la consecuente pérdida de mercado de la madera y sobre todo ha adquirido una serie de nuevas formas de usarse.

Así mismo, el país ha realizado grandes inversiones y esfuerzos en reforestación. Sin embargo, aparentemente existe una disminución e incertidumbre en el abastecimiento de materia prima de buena calidad. Maderas de las especies principales como melina, teca y otras nativas reforestadas están siendo introducidas en el mercado nacional y también se hacen esfuerzos para su venta en el mercado de exportación. Sin embargo a pesar de esto, en la última década se ha dado una disminución paulatina de las exportaciones y un aumento de las importaciones de productos de madera.

Ante estos problemas e incertidumbres, este artículo ofrece una descripción de la evolución del proceso de transformación, uso y mercado de la madera en Costa Rica con sus dificultades y retos, dando un mayor énfasis a los procesos primarios y secundarios. También se hace un análisis crítico de aspectos históricos, usos tradicionales y actuales de la madera, sus tendencias y perspectivas hacia el futuro.

Palabras claves: Maquinaria de aserrío, Productos, Artesanía, Cadena de comercialización, Costa Rica.

Abstract

Timber processing, uses and marketing of wood in Costa Rica: historical aspects and analysis. Costa Rica has experienced an adaptation and appropriation development of technology for wood processing in the last 20 years. The major consumer of timber has traditionally been the construction sector; however, this condition started to change at the end of the last century. In recent decades wood has suffered an accelerated process of substitution for materials mainly based on iron, aluminum and concrete, with the consequent loss of wood market and it has taken new ways to use it.

Likewise, the country has made major investments and efforts in reforestation. However, there is a decline and uncertainty in the supply of raw material of good quality. Main species woods such as teak, melina and other reforested native species are being introduced in the domestic market, and efforts are also made for sale in the export market. However despite this work, in the last decade it has been a gradual decrease in exports and an increase in imports of wood products.

Because of these problems and uncertainties, this article provides an overview of the evolution of the wood transformation process, uses and market of wood in Costa Rica with its difficulties and challenges. Emphasis has been giving to primary and secondary wood processes. A critical analysis of historical aspects, traditional and current uses of wood, their trends and prospects for the future is also reviewed.

Key words: Sawmilling machinery, Products, Handicrafts, Marketing chain, Costa Rica.

¹Instituto Tecnológico de Costa Rica. rserrano2@gmail.com.

²Instituto Tecnológico de Costa Rica. rmoya@itcr.ac.cr.

Desarrollo de la industria

Industria primaria:

La industria forestal primaria costarricense hoy se compone de: i) aserraderos tradicionales que procesan trozas de diámetros mayores provenientes de árboles nativos, y de sistemas agrosilviculturales y, ii) de aserraderos de madera de diámetros menores provenientes primordialmente de árboles plantados ya sea en plantaciones puras, mixtas o rompevientos. La industria de transformación primaria de la madera está compuesta por 268 empresas (por encuestas), sin embargo se estima mediante fuentes alternas una totalidad de 769 industrias entre estacionarias, portátiles y fábricas de tarimas. El consumo y categorización de estos aserraderos se presentan de acuerdo a González y Watson (2008) de la siguiente manera (Figura 1).

Clasificación	Consumo madera en troza (m ³ /año)	Características
Pequeño	<1000	Generalmente de tipo portátil
Mediano	1000-10 000	Conforman el 40% de los aserraderos y su rendimiento es 2/3 de la madera en troza
Grande	>10 000 <20 000	-
Muy grande	>20 000	Junto con el anterior grupo representan solo el 3% del total de aserraderos, sin embargo consumen la cuarta parte del volumen total de trozas.

Figura 1. Clasificación de los aserraderos en Costa Rica por consumo de madera

Un aspecto interesante en la actualidad, es que han desaparecido las industrias de contrachapados (plywood) y aglomerados de Costa Rica que hasta el año de 2010 habían existido. No obstante, con el desarrollado de las plantaciones forestales ya ha surgido una industria de este tipo de productos por parte de la empresa Maderas Cultivadas de Costa Rica S.A.

Aserrío convencional:

El inicio del proceso de aserrío mecánico en Costa Rica se relaciona principalmente con el cambio del uso de la tierra que observó el país desde los años 1940s, debido a la expansión agrícola. La tasa de deforestación llegó a alcanzar entre los años de 1960 y 1980 unas 40 000 a 60 000 ha/año. De 1971 a 1980, el número de aserraderos aumentó en un 60%, llegando a alcanzar un máximo de 204 aserraderos en 1980 (Flores 1985). A partir de este momento y producto de las regulaciones impuestas en la utilización de los bosques naturales, especialmente en la década de los 1990s, su número ha disminuido significativamente y según estimaciones de la Oficina Nacional Forestal (ONF 2002) solo quedaban unos 118 aserraderos tradicionales. Actualmente no se dispone de datos, pero se estima una cantidad de unos 40 aserraderos de este tipo (Camacho 2011). Estos aserraderos han estado enfrentando un período de transición causado fundamentalmente por dos factores: uno la escasez

cada vez mayor de madera nativa, proveniente del bosque natural y de árboles en sitios abiertos; y el otro la inserción de materia prima proveniente de plantaciones forestales (Carrillo 2001). No obstante, los aserraderos que han sobrevivido han procurado adaptarse a esta condición (ONF 2011).

Estos aserraderos incluyen un patio de acopio de madera en troza y un edificio o galera rústica. En lo referente a la maquinaria, estos consisten de:

- Una alimentación de las trozas desde el patio a la rampa del carro principal por cargadores frontales u otros equipos (tractor agrícola, tractor “bulldozer”, cabrestante o “winch”, etc.).
- La maquinaria principal tiene una o dos sierras de banda (cinta sin fin) con volantes de un diámetro que varía entre 1,3 a 2 m y generalmente con un carro portatrozas manual. La máquina principal se utiliza para realizar cortes con el fin de obtener tablas o bloques.
- Sierras circulares múltiples como las tradicionales reaserradoras-recanteadoras, que se encargaban de reaserrar las tablas o bloques producidos en la máquina principal.
- Finalmente, el dimensionamiento del largo de la madera se realiza con sierras circulares despuntadoras, usualmente de tipo péndulo.
- En estos planteles, es también común encontrar máquinas complementarias de reproceso de la madera aserrada tal como cepilladoras y molduradoras/machihembradoras, que generalmente han procesado madera en estado verde o a lo sumo con un secado natural (Serrano R 2003).

Una característica muy importante de esta industria es el rendimiento que pueden lograr. En términos generales los aserraderos convencionales de bosque natural pueden tener rendimientos volumétricos promedios alrededor del 50%, mientras que los aserraderos de diámetros menores para madera de plantación suelen tener rendimientos promedios que se ubican alrededor del 40% (Carrillo, 2001; Ramírez y Serrano 2000). Este menor rendimiento se debe en principio por el uso de trozas más pequeñas y de menor calidad.

Aserrío de trozas de diámetros menores

Surge a principios de los 1990s y es llamado comúnmente de diámetros menores (diámetro 10 a 35 cm) y nace como respuesta a la incapacidad de los aserraderos convencionales de procesar la madera de las plantaciones forestales. Este tipo de industria fue desarrollada acorde a las maderas de rápido crecimiento de plantaciones tropicales, para tener una productividad y un rendimiento razonable, acorde con el tamaño y calidad de las trozas de las plantaciones existentes y de acuerdo a los recursos económicos disponibles así como al personal de países pequeños en desarrollo, como Costa Rica (Moosmayer 1993). En la implementación de esta tecnología se ha

utilizado una amplia diversidad de equipos y flujos de producción, mayormente de fabricación nacional y una minoría de equipos importados especialmente de Alemania, Canadá, Brasil y Estados Unidos. En general, estos procesos consideran velocidades nominales más altas, un flujo de producción preferente en línea, cortes múltiples, una mecanización y automatización racional, flexibilidad para variar los patrones de corte y sistemas apropiados de separación y reutilización de residuos (Serrano 1996).

Este esfuerzo por establecer la tecnología básica (semilla) de transformación de la madera plantada, contó con la colaboración y participación de muchos entes e instituciones; empresarios, universidades y organismos de investigación, organizaciones gubernamentales y agencias internacionales que financiaron la reconversión industrial mediante créditos bancarios u otros mecanismos (Moya 2007). Sin embargo, el mayor impulso de este desarrollo tecnológico se dio por medio del proyecto costarricense-alemán (años 1990s) conocido como COSEFORMA y en especial al trabajo eficaz del asesor técnico Karl Heinz Stoffler. La tecnología de procesamiento de diámetros menores desarrollada en Costa Rica, también se ha promovido a nivel centroamericano y de la región del Caribe (Stoffler 2000). Se puede afirmar que este ha sido un proceso de adaptación y apropiación de tecnología de indiscutible beneficio para el país y la región.

Los productos obtenidos y sus respectivos patrones de corte son diversos y se destacan por el corte múltiple (Serrano 1993, 1996). Estos esquemas de corte se orientan a producir un bloque o semi-bloque con 2 o 4 caras paralelas, además de 2 costillas (Figura 1). De los semi-bloques se obtienen tablas con ancho igual al espesor de éstos, y de las costillas se recuperan tablas o piezas para aumentar el rendimiento. Estos sistemas de producción como se indicó producen un bajo rendimiento (alrededor del 40%) lo que significa un gran volumen de residuos, reduciendo la efectividad del proceso. Al generarse una alta cantidad de residuos y desperdicios, es necesario contemplar sistemas prácticos y económicos de manejo, evacuación y disposición de estos materiales.

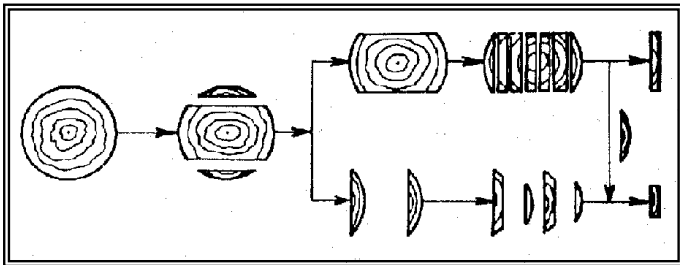


Figura 2. Patrón de corte típico para trozas de diámetros menores.

La necesidad de procesar madera de propietarios de plantaciones forestales, generó la proliferación de una cantidad significativa de pequeñas industrias dedicadas al aserrío de madera proveniente de plantaciones, principalmente para la fabricación de tarimas. Esta industria está conformada por unas 246 empresas la mayoría micro y pequeñas (ONF 2010a).

Procesos de secado y preservación de la madera

En el caso del secado de la madera, proceso fundamental para la elaboración de productos, se estima que en el país solamente el 5% de la madera producida en los aserraderos tradicionales es secada, con una capacidad instalada de apenas 2500 m³ en madera aserrada/año; siendo esta madera utilizada principalmente en la fabricación de muebles (para el mercado nacional e internacional) y pisos de madera. Por otro lado, con el establecimiento de la norma de tratamiento térmico de madera, luego del año 2000 en Costa Rica se han implementado una serie de hornos de tratamiento térmico, que no corresponden a un secado. El Servicio Fitosanitario del Estado del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) tiene registradas 102 empresas como autorizadas para la fabricación de tarimas, de las cuales 65 tienen permiso para aplicar el tratamiento térmico exigido (ONF 2010a).

Por su parte en el país han existido cuatro plantas de tratamiento de preservación con presión, no obstante en la actualidad solamente dos empresas están brindando este servicio, una en la región de Pérez Zeledón y la otra en la localidad del Alto de Ochomogo en Cartago. Así mismo la preservación utilizando el método de difusión (sin presión) está siendo utilizada en la madera de melina por una empresa, ya que esta especie no es susceptible de preservar con presión.

Industria secundaria convencional

La industria secundaria tradicional ha estado operando por mucho tiempo y durante esos años trabajaban pequeños talleres artesanales con muchas limitaciones tecnológicas, dedicados mayormente a la fabricación de muebles, esto porque surgieron como fábricas de muebles en patios traseros de casas de habitación y fueron desarrollándose con el tiempo. Por lo que hoy en día, la industria secundaria está conformada por talleres y fábricas de muy variada índole, que están representadas principalmente por las fábricas de tarimas (tarimeras) y por las mueblerías (habitación, cocina, oficina, etc.), así como fábricas de puertas y ventanas, fábricas de molduras, fábricas de productos especiales (pisos y machihembrados, enchapes, y otros), además de muchos talleres artesanales. La industria forestal secundaria ha utilizado tradicionalmente la madera sólida como materia prima básica, sin embargo actualmente usa una combinación de madera sólida y tableros de diferentes materiales compuestos (tableros aglomerados/melamina, mediana densidad -MDF-, tableros listonados

de madera sólida, etc.).

Industria secundaria con maderas de plantación

En el procesamiento industrial de la madera de plantación en Costa Rica, se han procurado técnicas y tratamientos que proporcionen un mejor comportamiento de la madera en uso, brindándole además un mayor valor agregado. Desde un inicio, se hizo especial énfasis en la necesidad de aplicar apropiados tratamientos de secado, que permitieran en primera instancia obtener madera y productos cepillados y moldurados de alta calidad, para competir con los productos tradicionales o similares artículos importados. Lo mismo se recomendó en cuanto a los tratamientos de preservación para alargar la vida útil de aquellos productos que los requiriesen. En general las empresas que han aplicado estas recomendaciones, han tenido buena aceptación de sus productos en el mercado.

Durante el procesamiento de madera de plantación es común encontrar muchos residuos y “cabería o piezas cortas”. Actualmente la utilización más importante es la generación de energía calórica para los procesos de secado. Las industrias con un mayor nivel de integración han combinado el uso de la madera aserrada, con la elaboración de productos laminados (vigas, tableros listonados de madera sólida, barras para puertas, etc.) aplicando el principio de hacer piezas de mayor tamaño usando piezas pequeñas (cabería). Para estos procesos se requieren sistemas adecuados de unión de las piezas pequeñas, por lo que se utilizan uniones tipo dedo (finger joint), además de sistemas adecuados de prensado y encolado. Estos desarrollos tecnológicos, también fueron promovidos inicialmente por el Proyecto COSEFORMA y el sector productivo. Sin embargo las empresas que producen tarimas, que son la mayoría, usan la madera en estado verde, por lo que no tienen mayores opciones para utilizar estos materiales residuales (aprox. 60% en aserrín y residuos sólidos), por lo que hay una gran urgencia de promover usos para estos materiales.

El desarrollo de industrias de plantación se ha dado principalmente en los últimos 15 años, para lo cual en Costa Rica se han implementado políticas de financiamiento a las empresas que se unen a la manufactura y comercialización de madera de plantaciones, a través de Fondo de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). Esto permite que mejoren tanto sus sistemas de secado, como el cepillado, el moldurado y los procesos de laminado para obtener madera de mayor calidad y mayor competitividad en el mercado (Moya 2007). Sin embargo aún no se han obtenido los resultados deseados.

Usos de las maderas

Los usos de la madera en Costa Rica han sido sumamente importantes en la industria primaria, en la construcción y en la manufactura secundaria. Sin embargo, debido a que en la actualidad se han establecido diferentes

fuentes de materia prima: bosques naturales, sistemas agroforestales y la importación de madera, los usos se han segmentado en usos de las especies nativas, usos de las maderas plantadas y usos de las maderas y tableros importados.

Usos de las maderas nativas:

En la perspectiva histórica, en la época precolombina, los indígenas utilizaban los árboles para leña, construcción de viviendas y puentes (Jiménez *et al.* 2002). Con el avance de la colonización, se buscó especies preciosas como la caoba (*Swietenia sp.*) y los cedros (*Cedrela sp.*). Posteriormente, con el conocimiento de nuevas especies se intensificó el uso de otras especies para la construcción de viviendas y muebles, entre las que destacan *Cedrela odorata*, *Bombacopsis quinata*, *Cordia alliodora*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Pithecolobium saman*, *Swietenia humilis* y *Terminalia oblonga* (Morales 2002). Después de 1980, la variedad de especies utilizadas para el aserrío se amplió considerablemente, tal es el caso de *Pentaclethra maculosa*, *Ceiba pentandra*, *Brosimum utile*, *Dussia cuscatlanica*, *Vochysia ferruginea*, entre otras y nuevamente en usos de casas de habitación, muebles y los primeros productos de exportación derivados de la madera.

Por otra parte la industria de contrachapados (plywood) existente en Costa Rica antes del año 2000, se había abastecido de especies como caobilla (*Carapa guianensis*), cativo (*Prioria copaifera*), ceiba (*Ceiba pentandra*) y fruta dorada (*Virola koschnyi*) y recientemente la melina. Para enchapados decorativos (veneer) se han utilizado cenizaro (*Pithecolobium saman*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) y surá (*Terminalia oblonga*). En la actualidad, debido a la escasez de muchas maderas valiosas, lo restringido que ha estado el aprovechamiento de árboles en los bosques naturales y el auge del turismo, el uso de la madera de los bosques naturales es muy limitado y se focaliza en productos de artesanía que dependen de maderas preciosas como cocobola (*Dalbergia retusa*), ron-ron (*Astronium graveolens*), guapinol (*Hymenaea courbaril*) y nazareno (*Peltogyne purpurea*). Un uso especial de poco consumo de madera es para producir palillos mondadientes, paletas para helados o uso médico, para lo que se utiliza jaúl (*Alnus acuminata*), papayillo (*Didymopanax pittieri* Marchal) y guácimo blanco (*Goethalsia meiantha*).

En zonas rurales, donde no existen aserraderos, la madera se usa para construcción de viviendas y puentes sobre ríos, o en obras comunales como iglesias, salones de asambleas y otras. También utilizan madera aserrada para fabricación de muebles rústicos, corrales para cuidado de ganado vacuno y postes para cercas (Morales 2002). Generalmente, el aserrío lo realizan con motosierra. Otro producto que los finqueros utilizan es el carbón, que se produce de residuos de árboles de roble (*Quercus costaricensis*), provenientes de los bosques de altura

de la cordillera de Talamanca. También un producto muy importante es la leña proveniente de árboles de especies forestales, según Ballestero (2000) para los años de 1998 y 1999 se consumió leña en residencias y en las industrias, que representó un 31% y un 32,6% de la energía primaria, respectivamente. Esto indica el gran valor que tiene la leña como fuente de energía.

Usos de las maderas plantadas:

Actualmente, las maderas de melina (*Gmelina arborea*) y teca (*Tectona grandis*) son las más utilizadas, por lo que seguidamente se indicarán sus principales usos. Es importante mencionar que estas especies han estado en el mercado en los últimos 15 años, no obstante son las maderas de las cuales se tiene mayor conocimiento, no solamente desde el punto de vista de procesamiento de la madera, sino desde el punto de vista de comercialización. Recientemente, Moya *et al.* (2010) publicó el libro denominado “Las maderas de plantaciones: fichas técnicas” la cual hace una descripción de todas las propiedades y aspectos de procesamiento de las maderas de plantación. En lo referente a la madera de melina y teca el cuadro 1 detalla los usos de estas maderas (Moya 2004; Moya y Pérez 2007). En el caso de la teca joven en Costa Rica se utiliza en forma rolliza para vigas y horcones de ranchos turísticos y similares. También se utiliza para la producción de pisos, en forma de parquet, aunque en los últimos años prácticamente no ha existido demanda. También a menudo las trozas de diámetros de 14 y 30 cm se exportan en forma rolliza o bloques.

Cuadro 1. Posibles usos de la madera de melina y teca de plantaciones de rápido crecimiento.

Construcción civil	Muebles	Otros usos
vigas laminadas	archivadores	componentes en botes
piezas molduradas	bancas	artesanías
vigas de madera sólida	camas	postes preservados
pisos	cómodas	postes con largos sobre 6m
forros para paredes	juegos de comedor y sala	urnas para cenizas
tablas con ancho superior a 15 cm	mesas	
peldaños para escalera	sillas y sillones	
puertas	trinchantes	
ventanas	escritorios	
pisos (decks) en sitios de recreo	estantes para oficinas	

Seguidamente se ilustran aspectos técnico-prácticos que se han utilizado para determinar el uso de la madera de teca y melina. Por ejemplo, el uso de las diferentes trozas provenientes de las plantaciones de teca está dado por el diámetro de la troza y la edad de la plantación (Figura 3). En el caso de la melina se da una situación similar a la teca, la madera proveniente de cada intervención tiene un uso potencial, relacionado con el diámetro, largo y calidad.

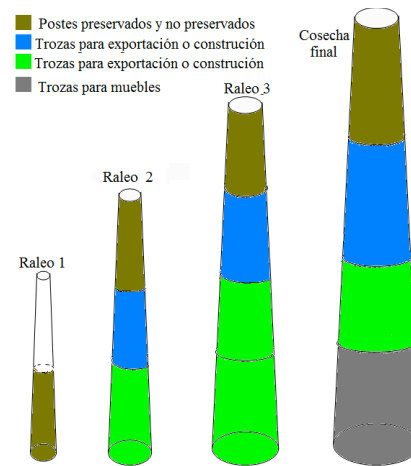


Figura 3. Uso de las plantaciones de teca y en las diferentes edades.

Comercialización de la madera

La comercialización de la madera en Costa Rica durante la mayor parte del siglo pasado era realizada sin mayor criterio técnico, la madera se vendía sin mucha dificultad en el mercado y no se necesitaron técnicas avanzadas de comercialización. La forma más común de comercializar la madera en Costa Rica, fue mediante un depósito de madera en los principales centros de consumo (Valle Central) o cerca de los aserraderos (Figura 4). A partir de la última década del siglo pasado, en el país se empezó a dar una escasez de maderas del bosque natural, disminuyendo la utilización de muchas de ellas y además surgieron nuevos productos para la construcción que competían directamente con la madera. Los industriales se preocuparon más por la falta de materia prima y no por mejorar los estándares de eficiencia y calidad. Con el surgimiento de los productos de madera importados de mejor calidad para la construcción (madera seca, medidas completas, menores distorsiones, etc.), se empezó a desplazar al sector industrial forestal de la comercialización de la madera. Aparecieron también los grandes depósitos de materiales para la construcción en donde la madera no ha ocupado un lugar significativo, sino que es un material más de los requeridos por el sector de la construcción

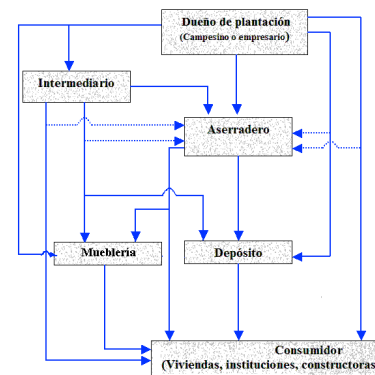


Figura 4. Sistema de comercialización de la madera de plantación en Costa Rica.

Mientras tanto el sector industrial basado en el bosque natural se encontraba en franca decadencia, un nuevo grupo de industriales estaba creando una nueva materia prima por medio de plantaciones forestales. La diferencia en el mercadeo de la madera de bosque natural y la madera de plantaciones ha sido marcada por la competencia con la madera importada, que generalmente es realizada por compañías económicamente fuertes. Estas cuentan con un departamento de comercialización muy desarrollado, en donde utilizan las técnicas más modernas de comercialización. En el pasado la madera era vendida como madera simplemente, hoy en día la madera es vendida como una marca registrada, así como lo hacen otros productos de consumo masivo. En la actualidad se encuentran algunas maderas con marca registrada tales como Amatek®, Mateco®, Vigamel®, Plymel®, Tablamel®, entre otras marcas.

El tema de comercialización es abordado tanto por los grandes industriales forestales como por los pequeños, por ejemplo la Junta Nacional Campesina (JUNAFORCA) desde hace varios años tiene un sitio para comercializar la madera, algunos centros agrícolas están preocupados por la comercialización de los productos de sus asociados, de hecho en la Cámara Costarricense Forestal, ente que reúne a las empresas de reforestación en Costa Rica, cuenta con una unidad de comercialización que vela por los asuntos del mercadeo de la madera. También, la red mundial de internet es utilizada ampliamente, por ejemplo el sitio Mundo Forestal.com. El tema de comercialización será aún más importante en los próximos años, sobre todo con los nuevos intercambios comerciales de productos en virtud de los tratados de libre comercio.

Breve referencia a las exportaciones e importaciones de madera

El comportamiento de este sector se puede analizar con la evolución observada en los últimos años. Por ejemplo, en Costa Rica, el déficit entre las exportaciones e importaciones de productos de madera y muebles fue de \$40 millones en 2008 y de solo \$10 millones en 2009, esto porque se incrementó en un 42% las exportaciones de madera en bruto y se contrajo en un 50% las importaciones de madera aserrada, de tableros de fibra y contrachapados de madera (ONF 2010a). En el caso de los productos de madera, carbón vegetal y manufactura, después de un saldo negativo de más de \$21 millones en 2008, pasó a solo un millón de dólares en 2009. Esto se debió a la disminución del 50% del déficit en la compra de muebles de madera respecto al 2008 ya que se tuvo 21% más exportaciones y 32% menos importaciones (ONF 2010a). Es transcendental que el sector haya tenido una disminución de la brecha entre exportaciones e importaciones, luego de tres años anteriores de un creciente déficit comercial. Los principales mercados de exportación de productos de madera en el 2009 fueron; India, Estados Unidos, El Salvador, Emiratos Árabes y Guatemala (75% del valor).

Por otro lado, las importaciones vinieron principalmente de Chile, Argentina, Estados Unidos, China, México y Nicaragua.

Análisis de resultados

Industria primaria:

La industria forestal tradicional del aserrío se desarrolló a partir de mediados del siglo pasado, a través del aprovechamiento de las maderas de alto valor comercial, consecuencia de las actividades agrícolas y ganaderas. Luego de 1980, este sector empezó un proceso decadente y de cierre de aserradores que todavía persiste. De acuerdo con una evaluación realizada por Ninín (1984), las instalaciones de aserrío convencional eran de nivel tecnológico claramente insuficiente, de inversiones relativamente bajas, insuficientemente integradas al bosque y a las necesidades de la población y a las posibilidades de mercadeo. A su vez, los aserraderos tradicionales trabajan con maquinaria vieja (de 40 a 50 años y más) que es poco eficaz y apta solo para diámetros mayores (Hernández *et al.* 2000). De acuerdo con González y Watson (2008), en los últimos años se está generando una profunda transformación de la industria forestal del país. Esencialmente esto ha provocado que las industrias tradicionales viejas estén cerrando, algunas convirtiéndose en locales para alistado (cepillados y moldurados) y venta de madera y están apareciendo industrias nuevas.

Por otro lado, el desarrollo y adaptación de tecnología apropiada para el aserrío de trozas de plantaciones fue un aspecto importante para iniciar el impulso del sector, sin embargo, dicho proceso requiere mejoras. En la coyuntura actual, se necesita mejorar la tecnología de aserrío, por lo tanto, se deben identificar equipos, procesos y técnicas que mejoren la eficiencia para aumentar la calidad y la competitividad (ONF 2011).

De acuerdo con González y Watson (2008), en la industria forestal nacional se tienen algunos aspectos positivos como el tamaño de los aserraderos (mayoría medianos), una buena infraestructura básica (edificio), excepto en los patios de trozas donde se presentan condiciones deficientes. Se determinó también, que poco más de la mitad de las industrias cuenta con re-aserradoras. La manipulación y evacuación de los desechos representa un problema bastante grave en la mayoría de las industrias valoradas. De acuerdo con un documento reciente (ONF 2011), la industria forestal primaria presenta deficiencias especialmente por falta de recurso humano capacitado y visión empresarial en los temas de mercadeo y comercialización, distribución del espacio y ordenamiento de las industrias, montaje, operación y mantenimiento de nuevas tecnologías. También presenta altos costos de operación, principalmente a causa de la electricidad y de la materia prima.

Existe un problema generalizado con el aprovechamiento y manejo de residuos, los cuales generan bajos rendimientos de la madera y no producen recursos económicos importantes. Adicionalmente, es necesario generar una política para la creación de demanda de energía a base de biomasa en el marco de la C-neutralidad, en donde se propicie que las empresas que usan “bunker o diesel” en sus calderas, sean incentivadas a cambiar de tecnología a “chips”, “pellets”, carbón vegetal u otros (ONF 2011). También se debe impulsar una estrategia para la reconversión de la industria maderera que incentive la utilización de residuos, por ejemplo en la producción de energía eléctrica y calórica, cogeneración, producción de carbón y leña para cocinar, producción de abono orgánico, mejoramiento de suelos, entre otros. Salvo algunas excepciones, son pocas las empresas que han desarrollado usos alternativos para los materiales residuales, por lo que se debe fomentar proyectos de desarrollo y cooperación en este campo. De acuerdo con Sotela y Ugalde (2008) la inseguridad jurídica, de la mano con una administración forestal del Estado disminuida, es el factor principal que frena la inversión y el impulso del sector empresarial forestal.

Industria secundaria:

El principal producto elaborado por esta industria es la tarima (47% del consumo total de madera), que es un producto estándar de fabricación masiva con bajo margen de utilidad por unidad producida, pero que es fundamental para el sector agroexportador. La madera utilizada en su fabricación es principalmente la melina, calculándose una producción de 4 912 223 tarimas en el 2009, un 8% menos que el 2008, debido a una reducción en las exportaciones de varios productos agrícolas (principalmente del banano) y debido también a la crisis reciente que se ha dado a nivel mundial (ONF 2010a). El posicionamiento de la melina en el mercado de las tarimas se debe fortalecer, ya que se conoce mucho sobre la especie, se aprovechan los raleos y existe una alta demanda.

A pesar de que hay sectores de la industria secundaria de la madera que han sido relativamente exitosos (ciertas artesanías, algunas líneas de muebles, madera ingenieril-vigas laminadas por ejemplo), el sector industrial se encuentra muy rezagado debido a la poca competitividad que se tiene frente a productos importados, alta fragmentación de la industria, poco conocimiento de las propiedades de las maderas, escaso apoyo del gobierno, y escasa inversión en tecnología.

En relación al procesamiento y transformación de la madera en la industria secundaria, se cuentan con pocas referencias escritas sobre las condiciones y características típicas del sector. De acuerdo con Sáenz (2011a), en el caso de la fabricación de muebles de madera en el país, se presentan deficiencias en el análisis estructural, y en su proceso de fabricación, en donde

gran cantidad de operaciones que se llevan a cabo no agregan valor al producto. Existe una falta de orden y limpieza en el lugar de trabajo, una secuencia poco lógica de los procesos, elevados tiempos muertos, transportes innecesarios tanto de materia prima como de producto terminado y problemas de calidad son solo algunos de las deficiencias más comunes encontradas en el proceso de manufactura de productos de madera.

De acuerdo con Hernández *et al.* (2000) los problemas de la industria secundaria son los siguientes: en primer lugar la disposición mínima de maquinaria y equipo auxiliar, que en su mayoría es de tipo artesanal y semi-industrial y se encuentra en mal estado y con un nivel de tecnología inapropiado. Por otro lado, la falta de equipos para el manejo de materiales y hornos para el secado de la madera, los cuales constituyen un requisito esencial en el proceso de la fabricación del producto, para una mejor calidad. Además es evidente la falta de capacitación para el manejo de este tipo de producción y se tienen altos costos en la obtención de la materia prima utilizada, principalmente la madera sólida debido a la escasez de la misma. Esto ha obligado a un uso cada vez más intensivo de los tableros y a disponer de máquinas escuadradoras o adquirir los componentes (por ejemplo para muebles de cocina) previamente escuadrados por las empresas proveedoras. Estas empresas cuentan con equipo básico de escuadrado o incluso equipo altamente sofisticado para optimizar el aprovechamiento de cada tablero mediante el uso de “software” especializados. A su vez, muy pocas fábricas cuentan con maquinaria moderna equipada con sistemas de control numérico, por ejemplo los “routers” de bancada. La inclusión de algunas de estas máquinas más sofisticadas se ha dado principalmente en las últimas dos décadas y esto debe ir de la mano con el uso de herramientas de corte con dientes y filos hechos de materiales especiales de mejor desempeño, tal como los carburos de tungsteno (widia) o incluso de diamante sintético.

Parece necesario que la industria secundaria busque nuevos desarrollos tecnológicos, y que cuente con las condiciones adecuadas para competir en el mercado local (un consumidor nacional más exigente) y de exportación. De acuerdo con Sáenz (2011b) una forma de impulsar la industria del mueble de madera en Costa Rica, sería fortaleciendo las tendencias actuales. En ese sentido los muebles simples y funcionales son muy apreciados y tienen una base de mercado más amplia, además la combinación de madera y otros materiales (aluminio, hierro, vidrio, etc.), así como el uso de herrajes y acabados especiales ha sido muy efectivo para capturar la preferencia de los consumidores. Otras tendencias importantes apuntan hacia un mueble mejor diseñado (estructuralmente resistente, lineal, cómodo, bonito, ergonómico, ajustable – extensible, etc.), lo que permite tener un consumidor satisfecho y mejor dispuesto a consumir estos productos. El uso de catálogos donde los

muebles se puedan apreciar en los mejores ambientes, así como la utilización de la “internet” para estar al día con las tendencias mundiales así como para la divulgación, son estrategias prácticas muy recomendables. Sin embargo, el menor consumo de madera y sus productos debido al colapso del mercado inmobiliario y la limitación del crédito, está teniendo un impacto negativo en las inversiones industriales y en la gestión forestal a nivel mundial (ONF 2010a).

Usos de las maderas:

La madera que procesan los aserraderos convencionales ha disminuido, debido en gran medida a la sustitución por productos elaborados con otros materiales (Hernandez, *et al.* 2000). Por ejemplo, antes la mayoría de vigas eran de madera y ahora son de “perling” y esto ha sucedido con muchos otros artículos. En países como Costa Rica, la madera ha sido desplazada por el acero y concreto y por otros materiales importados, que vienen respaldados por significativos avances tecnológicos, extensa información técnica y un mercadeo muy agresivo (Fournier 2008a). El sector de construcción tradicionalmente ha consumido más del 50% del volumen total de madera (Carrillo 2001), sin embargo cifras recientes indican una disminución a solo el 32% (ONF 2011). A pesar de las ventajas ecológicas científicamente atribuidas a la madera, es uno de los materiales menos utilizados en la construcción en Costa Rica, de ahí la importancia por incentivar su consumo a través de la producción sostenible y consumo de madera legal (ONF 2010a). En Costa Rica solo una 10% de las estructuras son de madera, en contraste con cerca del 90% en Estados Unidos y entre 40 y 45% en Japón e Inglaterra (ONF 2010b). En el 2009, la crisis financiera internacional afectó severamente la construcción y por ello decreció su consumo, esto debido a una caída del 38% en el área construida (ONF 2010b).

De acuerdo con Fournier (2008a), la madera es el material más noble, renovable, sano, sostenible, estético y confortable de la construcción. El conocimiento de la madera y el desarrollo de su tecnología en los aspectos de plantación, transformación, tratamientos de secado y preservación, encolados, acabados y otros, podrían garantizar su utilización en la construcción, convirtiendo la madera en el material del futuro. En resumen, la madera es de los materiales de construcción naturales óptimos desde el punto de vista eco-armónico.

Un problema en nuestro país, es el poco conocimiento que al respecto manejan los ingenieros y arquitectos, la escasa información técnica disponible de propiedades y procesamiento de la madera, la poca colaboración entre los actores del sector y la falta de agresividad comercial, son factores que han contribuido al debilitamiento del uso de la madera en la construcción: Este sector quizás representa el mayor potencial de mercado, sin embargo la madera se está limitando a obras rústicas o temporales, artesonados, acabados de piso y paredes

divisorias, puertas y marcos de ventanas, elementos decorativos y muebles (Fournier 2008b). De acuerdo con Serrano O (2003) una de las principales tendencias del sector forestal en América Latina es al estancamiento de los negocios en el sector de construcción civil.

En cuanto a las principales maderas plantadas (melina y teca) es necesario indicar que la madera de melina está cubriendo un creciente faltante de materia prima para la industria maderera en Costa Rica, en lo relacionado a una madera de color claro, liviana, fácil de trabajar, ideal para múltiples usos en las industrias de mueblería, construcción, embalajes, tableros contrachapados, lápices, etc. Además, posee un alto potencial para la elaboración de otros productos como tableros de fibras, tableros de partículas y pulpa para papel (Gonzalez y Serrano 2004).

En el caso de la teca, es una madera ideal cuando se requieren elementos estructurales que van a someterse a cargas pesadas y en condiciones adversas. También para la elaboración de, carrocerías, partes de embarcaciones, construcciones internas y externas, que requieran madera pesada, durable y decorativa (Berrocal *et al.* 2006). En el caso de la teca se propone también buscar otros mercados a nivel nacional que aumenten las utilidades al productor (ONF 2011).

Al tener que realizar raleos a las plantaciones forestales, mucho de este material de teca se le ha usado en postes curados (preservados) con productos químicos y existen varias industrias que construyen cabañas o cabinas con material rollizo curado. A su vez, muchos de los residuos del aprovechamiento de los árboles, se han utilizado como fuentes dendro-energéticas, en el beneficiado del café, panaderías tradicionales, pequeñas fábricas de productos de arcillas (ladrillos, losetas y otros).

Finalmente se puede decir que la madera es un material excelente para estructuras en general ya que es de amplia disponibilidad y belleza, es renovable, la madera requiere relativamente bajo consumo de energía en su procesamiento y transporte, tiene buenas propiedades físico-mecánicas, es liviana, de relativo bajo costo, fácil de trabajar y conectar mediante uniones simples, excelente aislante térmico, eléctrico y acústico cuando está seca, y sus elementos instalados son muy elásticos, dando estabilidad y resistencia contra vientos y sismos (Fournier 2008a).

Comercialización:

La comercialización de la madera en Costa Rica ha dado un giro completo debido a que, al existir mayor oferta originada por productos importados y productos sustitutos de la madera, las industrias han tenido que pasar de un mercadeo pasivo a uno activo, donde se invierte más en publicidad, en servicio al cliente y en mejoras al producto (Carrillo 2001). La utilización de la madera de plantación depende de consumidores

satisfechos. Esto quiere decir que poco se hace con mucha madera, si no hay un comprador o mercado dispuesto a consumirla. Este es un aspecto que el propietario del aserradero tiene que considerar antes de establecer una plantación o de comprar madera en troza. Es muy importante tener madera proveniente de plantaciones bien manejadas, para así obtener productos de buena calidad (buena forma, resistente, alta durabilidad y fácil de trabajar), para tener ventajas y poder competir ya sea en el ámbito nacional o internacional (Hernández *et al.* 2000). Un manejo inadecuado de las plantaciones no solo produce mala calidad de madera, sino que castiga a los industriales pues no pueden producir en forma competitiva para mercados de mayor valor agregado.

Desafortunadamente, el mercado de la madera en Costa Rica ofrece precios más altos que los del mercado internacional (Gardino 2001). Por ello, en los últimos años han aumentado las importaciones de madera con mejores condiciones de comercialización, más barata y de mejor presentación, por lo que el sector maderero nacional afronta problemas para colocar su producción (Sage y Quirós 2001). Los costos de madera de plantaciones pueden ser muy variados, sin embargo, hay un factor decisivo que es el precio de la madera en pie, o bien la madera puesta en el patio del aserradero, esto tiene un efecto determinante para poder competir con precios razonables. La situación se agrava, por la ausencia de apoyo efectivo a pequeños reforestadores, lo que ha propiciado un exceso de intermediación, donde los madereros, los transportistas y los encargados de la extracción forestal reciben ganancias importantes a costa del sacrificio de los productores de madera. Esto se ha convertido en la principal amenaza para aumentar la reforestación y asegurar el abastecimiento de madera. Es allí donde las organizaciones forestales pueden jugar un rol fundamental de apoyo a los reforestadores, no solo en el establecimiento y manejo de las plantaciones forestales, sino también en asegurar procesos de comercialización justos y equilibrados, que aseguren la sostenibilidad de la producción forestal (Barrantes y Salazar 2007). Sin embargo, persiste la falta de opciones organizativas de comercialización que apoyen a los pequeños productores pues están incomunicados, sin apoyo y sin información adecuada.

Por otro lado, no hay formación y capacitación de los profesionales civiles sobre el uso de la madera en la construcción. No hay estandarización para la madera usada en la construcción y normativas para el uso de la madera. La clasificación de la madera, es un aspecto que probablemente tenga un efecto muy positivo para facilitar la comercialización de la madera de plantaciones en Costa Rica. Países con amplia trayectoria en el sector forestal utilizan procesos de clasificación de la madera para determinar su uso estructural o estético en la fabricación de productos más elaborados. En esta clasificación se establecen las características de los

defectos así como su grado admisible. Los aserraderos que se dedican exclusivamente a procesar madera de plantación, deberían implementar normas de clasificación por calidades, con el fin de tener un consumidor seguro respecto de los productos de madera que recibe.

Necesidad de una mayor integración:

Con la integración se busca un uso más eficiente de la madera con el fin de aumentar el valor agregado y lograr una mayor rentabilidad. Para ello, es importante tener un abastecimiento sostenido de materias primas, conocer la composición y distribución y características de la materia prima en troza y las propiedades técnicas de las maderas. Además es preciso el análisis de los mercados por abastecer, diferenciando precios para las especies, productos y calidades. La existencia de una multitud de productos y procesos conlleva a esa diferenciación. Es conveniente que exista además de la planta de procesamiento primario, la elaboración secundaria y la utilización de los residuos (Serrano R 2003). Adicionalmente a la producción de madera aserrada seca, se debe procurar la manufactura de un “coctel” de productos complementarios que permite emplear las materias primas en forma integrada, que admita la utilización de una amplia variedad de dimensiones y calidades. Es importante mejorar la productividad y la calidad de los productos, para lo cual se requiere un mayor entrenamiento del personal de planta y mayor capacidad de organización y administración de los planteles industriales. Es preciso mejorar las condiciones de seguridad industrial y ocupacional. Se recomienda que el sector empresarial continúe invirtiendo en tecnología, en investigación y desarrollo a fin producir artículos novedosos de alta calidad tanto para el mercado nacional como para el internacional. Sin embargo, son pocas las empresas que hasta el momento han dado pasos importantes en esta línea de desarrollar productos con mayor valor agregado con nuevas características y propiedades.

Aplicando algunas transformaciones a la madera maciza y en combinación con otros materiales, se han generado productos con mayor valor agregado con características y propiedades diferentes a la madera simplemente aserrada, a esa transformación tecnológica de la materia prima se le denomina PIM (Producto de la Ingeniería en Maderas). En países como Alemania, Finlandia, Dinamarca, EEUU, Japón y Chile, entre otros, la tendencia PIM es muy común, lo que ha llevado a la construcción de variadas estructuras (puentes, auditorios, gimnasios, salas de eventos, iglesias, aeropuertos, casas, etc.), entre otras obras civiles a base de madera. En Costa Rica, actualmente, poco a poco arquitectos e ingenieros civiles adoptan en sus obras estas vigas que en el mercado nacional se encuentran bajo las marcas comerciales de XILOLAM® (Foto 1) y VIGAMEL®.

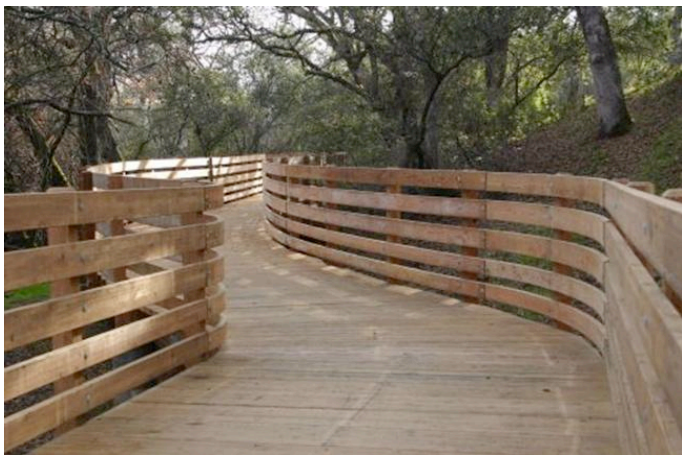


Foto 1. Senderos en madera para manglares y parques (GrupoXilo®).

La implementación de propuestas para la utilización y también de aprovechamiento de los residuos generados por los diferentes procesos de industrialización de la madera, se convierte en una gran urgencia para promover el uso y otorgarle a la cadena productiva forestal y maderera más sustentabilidad y valor agregado.

Conclusiones

- El inicio del proceso de aserrío mecánico en Costa Rica se relaciona principalmente con el cambio del uso de la tierra que observó el país desde los años 1940s, debido a la expansión agropecuaria. Dadas las actuales condiciones y regulaciones impuestas sobre de los bosques naturales, su número ha disminuido significativamente.
- En los años 1990s surge una nueva industria llamada frecuentemente de diámetros menores (diámetro 10 a 35 cm), como respuesta a la incapacidad de los aserraderos convencionales de procesar la madera de las plantaciones forestales.
- El proceso de adaptación y apropiación de tecnología para el aserrío de trozas de diámetros menores ha sido muy importante para el país y la región, sin embargo, hoy en día requiere mejorar su competitividad, la calidad de los productos y los procesos.
- En términos generales los aserraderos convencionales de bosque natural pueden tener rendimientos volumétricos alrededor del 50%, mientras que los aserraderos de diámetros menores para madera de plantación tienen rendimientos que se ubican alrededor del 40%. Este menor rendimiento se debe en principio por el uso de trozas más pequeñas de menor calidad.
- Al generarse una alta cantidad de residuos y desperdicios en la industria primaria, es importante contemplar sistemas prácticos y económicos de manejo, evacuación y disposición de los mismos. Salvo algunas excepciones,

son pocas las empresas que han desarrollado usos alternativos para los materiales residuales, por lo que se deben fomentar nuevas políticas así como proyectos de desarrollo y cooperación en este campo.

- Parece necesario una reconversión de la industria maderera que incentive la utilización de residuos, por ejemplo para la producción de energía eléctrica y calórica, cogeneración, producción de carbón y leña para cocinar, producción de abono orgánico, mejoramiento de suelos, entre otros. Sin embargo, la inseguridad jurídica, de la mano con una administración forestal del Estado disminuida, es el factor principal que frena la inversión y el impulso del sector empresarial forestal.
- La capacitación de técnicos y del personal de supervisión y gestión, pareciera ser un requisito previo necesario para aumentar la eficiencia. A su vez, las condiciones de seguridad industrial y ocupacional en los aserraderos deben mejorar.
- La industria secundaria está conformada por talleres y fábricas de muy variada índole y están representadas principalmente por las fábricas de tarimas (tarimeras) y por las mueblerías. Esta industria ha utilizado tradicionalmente la madera sólida como materia prima básica, sin embargo actualmente usa una combinación de madera sólida y tableros de diferentes materiales compuestos.
- El principal producto elaborado por esta industria es la tarima (47% del consumo total de madera), que es un producto estándar de fabricación masiva con bajo margen de utilidad por unidad producida, pero que es fundamental para el sector agroexportador. El posicionamiento de la melina en el mercado de las tarimas se debe fortalecer, ya que se tiene mucho conocimiento sobre la especie, se aprovechan los raleos y posee una alta demanda.
- Algunas industrias secundarias de la madera han sido relativamente exitosas, sin embargo este sector se encuentra muy rezagado debido a la poca competitividad que se tiene frente a productos importados, tiene una alta fragmentación de la industria, poco conocimiento de las propiedades de las maderas, escaso apoyo del gobierno y escasa inversión en tecnología.
- Se requiere mayores niveles de integración industrial con el fin de incrementar el rendimiento, el valor agregado y la rentabilidad. Es muy deseable que el mercado continúe diferenciando precios para diversas especies, diámetros y calidades. La existencia de una multitud de productos y procesos conlleva a esa diferenciación.
- Es recomendable que exista además de la planta de procesamiento primario, la elaboración secundaria y la utilización de los residuos. Adicional a la producción de madera aserrada seca, se debe procurar la manufactura

de un “coctel” de productos complementarios para emplear las materias primas en forma integrada, que admita la utilización de una amplia variedad de dimensiones y calidades.

- A pesar de que el país ha realizado grandes inversiones y esfuerzos en reforestación, aparentemente existe una disminución e incertidumbre en el abastecimiento de materia prima de buena calidad. Maderas de las especies principales como melina, teca y otras especies nativas plantadas están siendo introducidas en el mercado nacional e internacional. Sin embargo, en la última década se ha dado una disminución paulatina de las exportaciones y un aumento de las importaciones de productos de madera.

- La comercialización de la madera en Costa Rica en el pasado ha sido realizada sin mayor criterio técnico. La forma más común de mercadeo fue mediante un depósito de madera en los principales centros de consumo o cerca de los aserraderos. Actualmente este proceso se ha mejorado significativamente y se puede afirmar que la diferencia en el mercadeo de la madera de bosque natural y la madera de plantaciones ha sido marcada por la competencia con la madera importada. En el pasado la madera era vendida sencillamente, hoy en día mucha madera es vendida como marca registrada.

- La madera ha sido desplazada (por el acero, concreto, aluminio) y por otros materiales importados, que vienen respaldados por significativos avances tecnológicos, amplia información técnica y un mercadeo muy agresivo. El sector de construcción ha sido tradicionalmente el mayor consumidor de madera, sin embargo cifras recientes indican una disminución substancial, esto a pesar de las ventajas ecológicas de la madera que podrían convertirla en el material del futuro.

- El poco conocimiento que manejan los ingenieros y arquitectos, la escasa información técnica disponible de la madera y la falta de agresividad comercial, son factores que han contribuido a la disminución del uso de la madera en la construcción.

- La clasificación de la madera, es un aspecto que probablemente tenga un efecto muy positivo para facilitar la comercialización de la madera de plantaciones en Costa Rica. Los aserraderos que se dedican exclusivamente a procesar madera de plantación, deberían implementar normas de clasificación por calidades, con el fin de tener un consumidor seguro respecto de la madera que recibe.

- El mercado de la madera en Costa Rica ofrece precios más altos que los del mercado internacional. Por ello, en los últimos años han aumentado las importaciones de madera y la situación se agrava por la ausencia de apoyo a los pequeños reforestadores, lo que ha propiciado un exceso de intermediarios, que reciben ganancias a

costa del sacrificio de los productores de madera. Esto también ha tenido un efecto negativo para la reactivación de la reforestación.

Bibliografía.

- Ballester, L. 2000. Balance energético nacional 1998 – 1999. Revista Energía 31:17–30.
- Barrantes, A; Salazar, G. 2007. Principales barreras y propuesta de solución para la comercialización de la madera. (en línea). Taller de trabajo sobre comercialización de la madera con pequeños reforestadores. ONF (Oficina Nacional Forestal). Costa Rica Forestal, Boletín Informativo de la Oficina Nacional Forestal. Mayo-Junio 2010. Consultado 2 set. 2011. Disponible en <http://www.oficinaforestalcr.org/archivos/download/BoletinOficialONFCostaRicaForestal03-2007ww55118.pdf>
- Berrocal, A; González, G; Moya Roque, R; Serrano, R. 2006. Propiedades, características y utilidades de la madera de árboles jóvenes de teca (*Tectona grandis* L.f.) procedentes de plantaciones en Costa Rica. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ing. Forestal, Centro de Investigación en Integración Bosque-Industria. 266 p.
- Camacho, D. 2011. Estimación a grosso modo de la cantidad de aserraderos en Costa Rica. (entrevista). Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ing. Forestal (E-mail: dicamacho@itcr.ac.cr).
- Carrillo, O. 2001. Situación de la industria forestal costarricense. (en línea). Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), Proyecto TCP/COS/006(A). 23 p. Consultado 16 ago. 2011. Disponible en http://www.sirefor.go.cr/Documentos/Industria/2001_Carrillo_Sit_industria_forestal.pdf
- Flores, J. 1985. Diagnóstico del sector industrial forestal. San José, CR, Editorial UNED. 113 p
- Fournier, R. 2008a. Construcción sostenible y madera: realidades, mitos y oportunidades Tecnología en Marcha 21(4):92-101.
- Fournier, R. 2008b. La madera y la construcción. (en línea). Kurú: Revista Forestal 5(13):1-3. Consultado 8 ago. 2011. Disponible en http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/antiguos/antiguos13/pdf/solucion%201.pdf
- Gardino, P. 2001. Estudio de mercado de productos forestales: Posibilidades de exportación de melina y teca de Costa Rica. San José, CR, Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. 26 p. (Proyecto: TCP/COS/006(A): Mercado e industrialización de materia prima proveniente de plantaciones forestales).
- González, G; Serrano, R. 2004. Propiedades y utilidades de la madera de melina (*Gmelina arborea* Roxb) procedente de árboles plantados en Costa Rica. (en línea). Kurú: Revista Forestal 1(1):1-9. Consultado 17 ago. 2011. Disponible en http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/antiguos/antiguos1/pdf/GGONZALES25feb04.pdf
- González, G; Watson, V. 2008. Breve descripción del estado actual de la industria forestal en Costa Rica. San José, CR, Centro Científico Tropical (CCT)-Oficina Nacional Forestal (ONF). 37 p.

- Hernández, M; Piedra, C; Zúñiga, I. 2000. Industria forestal costarricense de cara al nuevo siglo: ¿Quiénes sobrevivirán al cambio?. (en línea). 13 p. Consultado el 31 ago. 2011. Disponible en <http://www.edeca.una.ac.cr/files/izuniga/Proyectos/ARTICULO%201.pdf>
- Jiménez, Q; Rojas, F; Rojas, V; Rodríguez, L. 2002. Árboles maderables de Costa Rica. Ecología y silvicultura = Timber trees of Costa Rica. Ecology and silviculture. Santo Domingo, Heredia, CR, Instituto Nacional de Biodiversidad. 361 p.
- Moosmayer, H. 1993. Recomendaciones para el aserrío de madera de pequeño diámetro. Ciudad Quesada, Alajuela, CR, COSEFORMA. 50 p. (Documento no. 29, Informe de consultoría. Proyecto Costarricense-Alemán en los sectores Forestal y Maderero).
- Morales, D. 2002. Estado actual de la información sobre productos forestales. In Estado de la información forestal en Costa Rica. Santiago, CL, Proyecto GCP/RLA/133/EC/FAO. Vol. 6. p. 167-186. (Monografía de países).
- Moya Roque, R. 2004. *Gmelina arborea* in Costa Rica. Bios et Forêts Des Tropiques 279(1):47-57.
- Moya Roque, R. 2007. Industrialización y comercialización de madera proveniente de plantaciones forestales en Costa Rica. Recursos Naturales y Ambiente no. 49-50:154-162.
- Moya Roque, R; Muñoz, F; Salas, C; Berrocal, A; Leandro, L; Esquivel, E. 2010. Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas. (en línea). Revista Forestal Mesoamericana Kurú 7(18-19):207 p. (Editorial Corporación Garro y Moya). Consultado 12 set. 2011. Disponible en www.tec.ac.cr/revistaforestal.
- Moya Roque, R; Pérez D. 2007. Processing and marketing of teakwood products from fast-grown teak plantations in Costa Rica. In Regional Workshop Products and Marketing of Teak Wood Products of Planted Forest, (Peechi, IN). Abstracts. Eds. Nair, K.V. Bhat & V. Anitha. Peechi, IN, KFRI. p. 24-32.
- Ninín, L. 1984. Informe con relación a visita de cooperación técnica a Costa Rica Cartago, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Dept. de Ing. en Maderas. 14 p.
- ONF (Oficina Nacional Forestal, CR). 2002. Impacto económico del uso de la madera en Costa Rica. Heredia, CR, ONF. 19 p.
- _____. 2010a. ¿En qué se usó la madera en el 2009 y cuántos empleos generó? (en línea). Costa Rica Forestal. Usos y aportes de la madera en Costa Rica, estadísticas 2009. p. 13-15. Consultado 12 ago. 2011. Disponible en <http://www.oficinaforestalcr.org/archivos/download/RevistaCostaRicaForestalsf57336.pdf>
- _____. 2010b. Construcción en madera se junta con tecnología de punta. Uso de la madera en la construcción. (en línea). Boletín Costa Rica Forestal No. 02-2010. Consultado 1 set. 2011. Disponible en http://www.youtube.com/watch?v=c9Gv5isWDig&feature=player_embedded
- _____. 2011. Diagnóstico de la situación actual de las industrias forestales y propuestas para su fortalecimiento. Heredia, CR, Comisión para el Fortalecimiento de la Industria Forestal. 14 p.
- Ramírez, A; Serrano, R. 2000. Alternativas de uso de los desechos en la industria de la madera. Cartago, CR, INA-FUNDATEC, ITCR Esc. de Ing. Forestal Centro de Investigación en Integración Bosque-Industria. 58 p.
- Sáenz, M. 2011a. Diseño y análisis estructural de marco de sofá tapizado y aplicación de Lean Manufacturing en su proceso de producción. In Congreso Ibero-Latinoamericano de la Madera en la Construcción CIMAD 11. (1ero., 2011, Coimbra, PO). Memoria. Coimbra, PO, CIMAD. 9 p.
- Sáenz, M. 2011b. Algunas tendencias actuales del mueble contemporáneo. (entrevista). Cartago, Instituto Tecnológico de Costa Rica. (E-mail: saenz.marta@gmail.com).
- Sage LF; Quirós, R. 2001. Proyección del volumen de madera para aserrío proveniente de las plantaciones de melina, teca y de otras fuentes. In Mercadeo e industrialización de madera proveniente de plantaciones forestales. Proyecto TCP/COS/006. San José, CR, FAO-MINAE-FONAFIFO. 25 p
- Serrano Montero, R. 1993. Tecnología para el aserrío de trozas de diámetros menores. Revista Tecnología en Marcha 12(1):89-98.
- Serrano Montero, R. 1996. Desarrollo experimental de una sierra circular doble para aserrío de trozas de diámetros menores. Revista Tecnología en Marcha 12(4):9-16.
- Serrano Montero, R. 2003. La industria forestal en Costa Rica y su desenvolvimiento. In La Industria y la comercialización de productos forestales en Latinoamérica. (1ero., 2001, Heredia, CR). Seminario. Heredia, CR, INISEFOR - UNA. p. 21-32.
- Serrano, O. 2003. Tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. In La Industria y la comercialización de productos forestales en Latinoamérica. (1ero., 2001, Heredia, CR). Seminario. Heredia, CR, INISEFOR - UNA. p. 1-20.
- Sotela, J; Ugalde, S. 2008. Desabastecimiento de madera en Costa Rica. In El abastecimiento de madera sostenible en Costa Rica. San José. CR, OET-CRUSA-CATIE. p. 41-52.
- Stoffler, CH. 2000. Curso internacional sobre industrialización de la madera con énfasis en diámetros menores. Cartago, CR, COSEFORMA. 90 p. (Proyecto Costarricense-Alemán en los sectores Forestal y Maderero).