



Artículo / Article

Diagnóstico de la industria de transformación primaria de las maderas tropicales de México

A diagnosis of the primary transformation industry of the tropical woods of Mexico

Jose Antonio Silva Guzmán¹, Alejandra María Ramírez Arango², Francisco Javier Fuentes Talavera¹, Raul Rodríguez Anda¹, José Turrado Saucedo¹ y Hans Georg Richter¹

Resumen

Se presenta el diagnóstico de la industria de transformación primaria de maderas tropicales del Sureste Mexicano, elaborado con el propósito de generar información que contribuya a la implementación de estrategias que impulsen el desarrollo del sector. Los aspectos considerados incluyen las especies maderables utilizadas, estatus tecnológico de la industria de transformación primaria, y datos de comercialización. Se hicieron entrevistas a integrantes de la cadena productiva e industrias ubicadas en Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Yucatán, Jalisco y Distrito Federal. La población de empresas encuestadas se obtuvo del Programa de Cadenas Productivas de la Comisión Nacional Forestal, de los centros de almacenamiento y transformación de materias primas forestales de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y de la Cámara Nacional de la Industria Maderera. Los resultados evidenciaron que en la productividad de la industria inciden el flujo inestable de materia prima, falta de alianzas estratégicas en la cadena productiva y la antigüedad de la maquinaria. Respecto al mercado maderero, la mayor participación correspondió a *Eucalyptus* spp. y *Gmelina arborea* provenientes de plantaciones forestales comerciales; además de *Swietenia macrophylla* y *Lysiloma latissiliquum* procedentes de bosque natural. Las maderas con menor participación fueron *Metopium brownei*, *Swartzia cubensis*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Lonchocarpus castilloi* y *Cedrela odorata*. La mayoría de la maquinaria de aserrío tiene entre 11 y 30 años y recibe poco mantenimiento. Los residuos forestales del proceso de aserrío no se utilizan por desconocimiento de tecnologías y falta de incentivos para su aprovechamiento.

Palabras clave: Coeficiente de aserrío, comercialización, industria forestal, maderas tropicales, materia prima forestal, transformación primaria.

Abstract

This paper provides a diagnosis of the primary transformation industry of tropical woods of Southeast Mexico, with the purpose of generating information that may contribute to implement strategies to promote the development of the sector. The aspects considered include the utilized timber-yielding species, the technological status of the primary transformation industry and commercialization data. Members of the productive chain and industries in the states of *Campeche*, *Quintana Roo*, *Tabasco*, *Yucatán*, *Jalisco* and *Mexico City* were interviewed. The population of the businesses surveyed was obtained from the National Forest Commission's Program of Productive Chains, from the forest raw materials storage and transformation centers of the Department of the Environment and Natural Resources (Semarnat) and from the National Chamber of the Timber Industry. The results evidenced that the unstable flow of raw materials, the lack of strategic alliances in the productive chain and the use of old machinery all have an impact on the industry's productivity. As for the timber market, the largest participation was that of *Eucalyptus* spp. and *Gmelina arborea* from commercial forest plantations, as well as *Swietenia macrophylla* and *Lysiloma latissiliquum* from natural forests. The timbers with the lowest level of participation were *Metopium brownei*, *Swartzia cubensis*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Lonchocarpus castilloi* and *Cedrela odorata*. Most of the sawmill machinery is between 11 and 30 years old and receives little maintenance. The forest residues of the milling process are not used due to the lack of incentives for their exploitation, as well as of knowledge of the appropriate technologies for this purpose.

Key words: Sawmilling coefficient, commercialization, forest industry, tropical woods, forest raw materials, primary transformation.

Fecha de recepción/date of receipt: 3 de noviembre de 2014; Fecha de aceptación/date of acceptance: 15 de diciembre de 2014.

¹ Departamento de Madera, Celulosa y Papel. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad de Guadalajara. Correo-e: jasilva@dmcy.cucei.udg.mx.

² Maestría en Ciencia de Productos Forestales, Departamento de Madera, Celulosa y Papel. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad de Guadalajara.

Introducción

En México se requiere impulsar el uso de especies nativas con potencial industrial y comercial de la región tropical del Sureste Mexicano mediante un aprovechamiento sustentable.

Merino (2014) indica que los recursos forestales son un capital productivo importante que ha permitido a las comunidades forestales operar con márgenes de ganancia, desarrollar empresas, realizar inversiones productivas y generar fuentes de empleos.

Las maderas tropicales contribuyen con 4.4% de la producción maderable nacional, aunque han perdido su participación en varios segmentos del mercado debido a una oferta insuficiente, baja calidad y débil capacidad de comercialización (Semarnat, 2013). Los estados del Sureste Mexicano participan con 30 % de la producción nacional de maderas tropicales, destacan Campeche y Quintana Roo (Semarnat, 2013), y el aprovechamiento se lleva a cabo principalmente en áreas naturales, bajo el régimen de propiedad ejidal (89 %) y predios particulares (11 %).

De acuerdo con el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM, 2012) algunas de las principales causas del deterioro de los bosques mexicanos son la deforestación y degradación, las industrias poco competitivas y un entorno desfavorable para el desarrollo forestal. Lo anterior ha ocasionado que el sector mantenga una dinámica menor que la de otros ámbitos de la economía. En relación con el comercio internacional, el sector forestal ha mantenido un saldo deficitario.

Torres (2004) señala que el desconocimiento de las propiedades tecnológicas de las especies forestales, las imperfecciones en el mercado de insumos, la deficiente promoción de nuevas especies y productos, en conjunto, propician el uso selectivo de este recurso. Lo anterior origina un aumento en los costos de extracción y transporte debido a los volúmenes pequeños que se obtienen, así como a una limitada capacidad para competir en un mercado que exige volúmenes constantes y calidad homogénea. Asimismo, los costos de producción son altos como resultado del elevado precio de la materia prima y la gran demanda de mano de obra para la transformación primaria (ITTO, 2005).

El aprovechamiento, extracción e industrialización de las maderas tropicales es afectado por la diversidad de las selvas, caracterizadas por un bajo número de árboles de cada taxon, aunados a las dificultades del terreno y el clima, lo que incide en el incremento de los costos de aprovechamiento y extracción. Por otro lado, los diferentes tamaños de las trozas, la variación en densidad y propiedades de la madera ocasionan que el proceso sea más difícil, en comparación con el de las coníferas.

Introduction

The sustainable exploitation and use of those native species of the tropical region of Southeast Mexico with an industrial and commercial potential need to be promoted.

According to Merino (2014), forest resources are a major productive capital that has allowed forest communities to operate with profit margins, develop businesses, make productive investments and generate employment sources.

Tropical woods contribute 4.4 % of the national timber production, although they have lost their participation in various segments of the market due to an insufficient offer, low quality, and poor commercialization capacity (Semarnat, 2013). The states of Southeast Mexico -especially Campeche and Quintana Roo- participate with 30 % of the national tropical wood production (Semarnat, 2013); these woods are exploited mostly in natural areas, under the communal property regime (89 %) and on private lands (11 %).

According to the *Instituto Tecnológico Autónomo de México* (ITAM, 2012), some of the main causes of deterioration of the Mexican forests are deforestation and degradation, scarcely competitive industries and an unfavorable environment for forest development. All this has caused a lower dynamic in the sector than that observed in other spheres of economy. In the international trade, the forest sector has remained at a deficit.

Torres (2004) points out that the lack of knowledge of the technological properties of forest species, the imperfections in the market of consumable goods, the deficient promotion of new species and products propitiate the selective use of forest resources. This brings about an increase in the extraction and transportation costs due to the low volumes obtained, as well as to a limited capacity to compete within a market that demands constant volumes and a homogenous quality. Furthermore, the production costs are high as a result of the high prices of the raw materials and the large demand of labor for primary transformation (ITTO, 2005).

The exploitation, extraction and industrialization of tropical woods is affected by the diversity of rain forests, characterized by a low number of trees of each taxon, together with the difficulties of the terrain and the climate, which have an impact on the increase in the exploitation and extraction costs. On the other hand, the various sizes of the logs and the variation in the density and properties of the wood render the process more difficult, compared to that of conifers.



La *Food and Agriculture Organization* (FAO) (Torres, 2004) indica que la sobreexplotación de los bosques mexicanos se debe a diversas causas, entre las que sobresalen la tala clandestina y la extracción de leña.

En un estudio realizado por Ríos *et al.* (2012) en los ejidos de Noh Bec y Xhazil del estado de Quintana Roo registran que la actividad forestal generó importantes ingresos económicos, capital social y cultural en torno al manejo y aprovechamiento forestal, a partir del Plan Piloto Forestal implementado en los años ochenta.

De acuerdo con la Organización Internacional de Maderas Tropicales (ITTO por sus siglas en inglés), las industrias forestales del sureste mexicano, que trabajan con maderas preciosas y tropicales comunes, son pequeñas (5 100 m³r anuales), tienen tecnología rudimentaria y una tasa reducida de rendimiento de la materia prima (coeficiente de aserrío). La poca calidad de la madera aserrada se debe a: i) trocería no optimizada; ii) variación de espesor; e iii) inadecuado mantenimiento de la sierra (ITTO, 2005).

La capacidad de agregar valor a la madera aserrada producida está limitada por los siguientes factores: la baja calidad del producto final y las insuficientes estufas de secado. Uno de los problemas del estado tecnológico actual de las industrias forestales es su obsoleto equipamiento (Conafor, 2014). De acuerdo con Flores *et al.* (2007), la industria del aserrío, a pesar de aumentar su capacidad instalada, no fue capaz de incrementar su capacidad utilizada, ya que los requerimientos de materia prima también crecieron, lo cual generó una mayor capacidad ociosa en la industria, y con ello fue más grande el número de aserraderos sin abastecimiento continuo de trozas. Otra causa de este comportamiento fue el tiempo muerto, por falta de mantenimiento de los equipos y la escasa capacitación del personal.

El programa Nacional Forestal 2014 - 2018, incluido en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (Conafor, 2014) señala que algunos de los principales problemas del sector forestal mexicano son la baja capacidad para la transformación de madera en pie o en rollo; el rezago tecnológico en la industria de la madera; las dificultades para la comercialización de los productos forestales; así como la existencia de empresas forestales poco competitivas.

El Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM) (2010) indica que los principales problemas de la cadena forestal maderable se concentran en la producción de madera en rollo y aserrada, debido a la falta de infraestructura, baja calidad de la materia prima, precios poco competitivos y limitada seguridad, suficiencia y constancia en el suministro de la madera.

The Food and Agriculture Organization (Torres, 2004) states that the overexploitation of Mexican forests has several causes, the most prominent of which are the clandestine felling of trees and the extraction of timber.

According to a study by Ríos *et al.* (2012) at the Noh Bec and Xhazil ejidos of the state of Quintana Roo, forest activity has generated an important income and social and cultural capital around forest management and exploitation since the implementation of the Forest Pilot Plan in the 1980s.

According to the International Tropical Timber Organization (ITTO), the forest industries of Southeast Mexico, which work with precious and common tropical woods, are small (producing 5 100 m³r per year); they have a rudimentary technology and a low yield rate of raw materials (sawmill coefficient). The poor quality of the sawn wood is due to: i) unoptimized cutting; ii) variations in thickness, and iii) inadequate saw maintenance (ITTO, 2005).

The ability to add value to the produced sawn wood is limited by the following factors: the low quality of the final product and the insufficiency of drying ovens. One of the problems of the current technological status of forest industries is their obsolete equipment (Conafor, 2014). According to Flores *et al.* (2007), although the sawmill industry increased its installed capacity, it was unable to increase its utilized capacity, since the raw material requirements also increased, and thereby a larger idle capacity was generated in the industry, which caused the number of sawmills without a continuous log supply to increase. Another cause of this behavior was the dead time due to lack of maintenance of the equipments and poor training of the personnel.

According to the 2014-2018 Program (*Programa Nacional Forestal*) included in the 2013-2018 Plan (*Plan Nacional de Desarrollo*) (Conafor, 2014), some of the main problems of the Mexican forest sector are the low capacity to transform standing timber or roundwood; the technological backwardness in the timber industry; the difficulties to commercialize forest products, as well as the existence of scarcely competitive forest enterprises.

The *Instituto Tecnológico Autónomo de México* (ITAM, 2010) states that the main problems of the timber forest chain are concentrated in the production of roundwood and sawn wood, due to the lack of infrastructure, the low quality of the raw materials, the scarcely competitive prices and the limited certainty, sufficiency and constancy in timber supply.

The sawmill coefficient (SC) represents a percentage of the volume of the sawn wood, based on the amount of processed logs. Its value is an important indicator of the degree of efficiency of wood production. The SC registered for the tropical timber industry is below 50 % (Acosta *et al.*, 2012), depending, above all,

El coeficiente de aserrío (CA), representa un porcentaje del volumen de madera aserrada, calculado a partir de la cantidad de trozas procesadas. Su valor es un indicador importante del grado de eficiencia de la producción de madera. El CA registrado para la industria de las maderas tropicales es menor a 50 % (Acosta *et al.*, 2012), el cual depende, principalmente, del tipo y tamaño de las trozas, la maquinaria y del equipo disponible, así como de los tipos de productos de madera y de la capacitación de los operarios.

La baja participación en el mercado nacional de los productos elaborados con maderas tropicales se debe a su menor volumen con respecto al de las coníferas, lo que las convierte en especies poco atractivas desde el punto de vista económico (Flores *et al.*, 2007), aunque su demanda en el ámbito nacional siempre ha sido alta, y en consecuencia, se propicia su encarecimiento (ITTO, 2007a).

El costo de la madera en pie depende de factores como el grado de integración industrial y las características socioeconómicas en la zona, además de la accesibilidad a las áreas bajo aprovechamiento. Los precios se fijan con base en un tabulador de costos que incluye utilidades y derecho de monte (precio de la madera en pie), variables negociadas entre comunidades productoras, las cuales forman un cartel de productores que da como resultado una estrategia que aumenta el costo de la madera en pie (Torres, 2004).

El impacto de los apoyos económicos otorgados por la Conafor en los rubros de producción, productividad y competitividad han sido muy limitados (Salas, 2014). Las inversiones en activos productivos son reducidas por el alto costo del financiamiento y el limitado conocimiento de las actuales posibilidades tecnológicas de la madera, lo que afecta la calidad de los productos y su precio, con la consecuente baja en la eficiencia de la cadena productiva (Semarnat, 2009). Adicionalmente, la tradicional intervención de intermediarios tanto en la compra de materia prima, como en la venta del producto, incrementa los costos de producción.

A partir de lo antes expuesto, se requiere generar información sobre el estado actual que guarda la industria de transformación primaria de madera tropical en México; ante este panorama, el objetivo del presente estudio fue elaborar un diagnóstico sobre especies de madera utilizadas, el estado tecnológico de la industria de transformación primaria y de la comercialización de las maderas tropicales en México.

Materiales y Métodos

El área de trabajo

El estudio se realizó en cuatro estados del sureste mexicano: Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán, así como en la

on the type and size of the logs, the machinery and the available equipment, the types of timber products, and the training of the workers.

Because tropical woods are found in smaller volumes than conifers and therefore are not very attractive from the economic point of view, they have a low participation in the national market of timber products (Flores *et al.*, 2007). However, they have always been in high demand within the country, and consequently they are expensive (ITTO, 2007a).

The cost of the standing timber depends on such factors as the degree of industrial integration and the social-economic characteristics of the area, as well as the accessibility of the areas under exploitation. Prices are set based on a cost tabulation that includes profits and logging rights (standing timber price), variables negotiated among producing communities, which together form a cartel of producers –a strategy resulting in an increased cost of standing timber (Torres, 2004).

The impact of the financial support granted by the National Forest Commission (*Comisión Nacional Forestal, Conafor*) for production, productivity and competitiveness has been very limited (Salas, 2014). Investments in productive assets are low due to the high cost of financing and the limited knowledge of the current technological possibilities of the timber; this affects the quality and the price of the products, and therefore reduces the efficiency within the productive chain (Semarnat, 2009). In addition, the traditional intervention of middlemen both in the purchase of raw materials and in the sale of the product increases the production costs.

Based on the above, it is necessary to generate information on the current status of the primary tropical wood transformation industry in Mexico. In the face of this scenario, the objective of the present study was to elaborate a diagnosis of the utilized timber species, the technological status of the primary transformation industry and of the commercialization of tropical woods in Mexico.

Materials and Methods

Study area

The study was carried out in four states of Southeast Mexico: *Campeche, Quintana Roo, Tabasco* and *Yucatán*, as well as in *Mexico City* and in *Guadalajara, Jalisco*, two of the main urban transformation and consumption centers.



Ciudad de México, D. F. y en Guadalajara, Jalisco, por ser algunos de los principales centros urbanos de transformación y consumo.

Determinación del tamaño de la población y diseño de muestreo

La población de las empresas de transformación primaria se definió con base en las inscritas en el Programa de Cadenas Productivas de la Comisión Nacional Forestal y el listado de centros de almacenamiento y transformación de materias primas forestales de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el cual se obtuvo por medio del sistema Infomex del Gobierno Federal. Además, se contó con el apoyo de la Cámara Nacional de la Industria Maderera, a través de sus delegaciones regionales. Se realizó un proceso de verificación y depuración de la información para corroborar la existencia y disponibilidad de las compañías para participar en la encuesta. La información se recolectó principalmente mediante visitas y entrevistas telefónicas con industriales madereros, agencias gubernamentales, investigadores, personas relacionadas con el gremio maderero e industrias de transformación primaria.

Se aplicaron encuestas en 30 empresas forestales de maderas tropicales, que correspondieron a 20 aserraderos, tres madererías, tres aserraderos-madererías, dos aserraderos y fábricas de tablero contrachapado, un aserradero y fábrica de chapas, así como una comercializadora. En la mayoría de los casos se entrevistó al gerente de la empresa o al encargado del área de producción, en los aserraderos.

El cuestionario utilizado durante las entrevistas se elaboró en colaboración con profesores del Departamento de Madera, Celulosa y Papel de la Universidad de Guadalajara (DMCyP), del Centro Internacional de Excelencia Empresarial (CIEE) del Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad de Guadalajara y del Departamento de Ciencia e Ingeniería de la Madera del Colegio Forestal de la Universidad Estatal de Oregon (EUA). También se incluyeron comentarios y sugerencias de industriales de la madera y datos generales de la empresa, empleados, materia prima, proceso productivo, productos elaborados, comercialización, administración, impacto ambiental y social de la industria.

Determinación del coeficiente de aserrío (CA)

El CA se determinó de la relación del volumen de trozas aserradas (m^3) y el volumen de madera producida durante un turno de 8 horas (un día) en cada uno de los cinco aserraderos, elegidos al azar, para esta parte de la investigación.

Population size determination and simple design

The population of the primary transformation companies was determined based on those registered in the *Programa de Cadenas Productivas de la Comisión Nacional Forestal* (National Forest Commission's Productive Chain Program) and the list of forest raw material storage and transformation centers of the *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat)*, obtained through the Federal Government's Infomex system. Furthermore, support was provided by the *Cámara Nacional de la Industria Maderera* (National Chamber of the Timber Industry) through its regional delegations. The information was verified and filtered in order to corroborate the existence and availability of the companies to participate in the survey. The data were collected mainly through visits and telephone interviews with timber industrialists, government agents, researchers, and people related to the timber trade and with primary transformation industries.

Surveys were applied in 30 tropical wood forest companies corresponding to 20 sawmills, three lumberyards, three sawmills-lumberyards, two sawmills and plywood factories, a sawmill and veneer factory, as well as a commercialization company. In most cases, the interviews were carried out at the sawmills, with the manager of the company or of the production area.

The questionnaire used during the interviews was developed in collaboration with professors of the *Departamento de Madera, Celulosa y Papel de la Universidad de Guadalajara (DMCyP)* (Wood, Cellulose and Paper Department of the University of Guadalajara (DMCyP)), del *Centro Internacional de Excelencia Empresarial (CIEE)* del *Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad de Guadalajara* (the International Center for Business Excellence (CIEE) the University Center for Economic Administrative Sciences of the University of Guadalajara) and the Department of Timber Science and Engineering of Oregon State University's College of Forestry of the United States. Comments and suggestions by timber industrialists were also considered. The survey included general data of the company, the employees, raw materials, productive process, manufactured products, commercialization, administration, and environmental and social impact of the industry.

Sawmill coefficient (SC) determination

The SC was determined based on the relationship between the volume of sawn logs (m^3) and the volume of timber produced during an 8-hour shift (one day) in each of the five sawmills, selected at random, for this part of the research.



Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se muestra el número de empresas seleccionadas en cada estado, destacan Quintana Roo (33 %), Campeche (27 %) y Yucatán (13 %), los cuales en su conjunto representan 73 % de las industrias forestales de madera tropical encuestadas.

Cuadro 1. Número de empresas consideradas en el estudio.

	Número de empresas	Porcentaje
Quintana Roo	10	33
Campeche	8	27
Tabasco	5	17
Yucatán	4	13
Guadalajara	2	7
Ciudad de México	1	3
Total	30	100

En Campeche y Quintana Roo, las industrias forestales de transformación primaria se ubicaron cerca de las áreas forestales de aprovechamiento, mientras que en Yucatán en los centros industriales y de consumo. La Semarnat (2009) consigna alrededor de 200 industrias localizadas en la región de estudio; sin embargo, durante las visitas se corroboró la existencia de aproximadamente 70 empresas, ya que varias habían cambiado de nombre o razón social, algunas ya no existían y otras estaban cerradas. Debido a la falta de información confiable la cantidad de empresas existentes resultó difícil de establecer.

Materia prima - especies de madera

De acuerdo con el volumen de producción, las especies más procesadas fueron *Eucalyptus* spp. (eucalipto) y *Gmelina arborea* Roxb. (melina), provenientes de PFC (Figura 1a). Lo anterior muestra que las maderas provenientes de PFC pudieran ser una alternativa de abastecimiento de materia prima para la industria de transformación primaria de las maderas tropicales. En PFC de *G. arborea*, con 30 y 60 % de pendiente se obtuvieron diámetros a la altura del pecho de 31.23 cm y una altura de 14.9 m y solo 22 % como producto final aprovechable para su venta en el mercado (Espinoza, 2013).

Respecto a las maderas procedentes de bosques naturales, *Swietenia macrophylla* King (caoba) es la especie con mayor participación en el mercado (21 %) seguida de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth (tzalam) (9 %). La caoba tiene una alta demanda en los mercados internacionales y es procesada solamente en Quintana Roo. Los cuatro taxa antes mencionados participan con 73 % del volumen total de madera producida (Figura 1a). Y únicamente *L. latisiliquum* se produjo o comercializó en todos

Results and Discussion

Table 1 shows the number of businesses selected in each state. The most prominent of these are *Quintana Roo* (33 %), *Campeche* (27 %) and *Yucatán* (13 %), which together represent 73 % of the surveyed tropical forest industries.

Table 1. Number of companies included in the study.

	Number of companies	Percentage
<i>Quintana Roo</i>	10	33
<i>Campeche</i>	8	27
<i>Tabasco</i>	5	17
<i>Yucatán</i>	4	13
<i>Guadalajara</i>	2	7
<i>Mexico City</i>	1	3
Total	30	100

In *Campeche* and *Quintana Roo*, the primary wood-transforming forest industries were located close to the forest exploitation areas, while in *Yucatán*, they were at the industrial and consumption centers. Semarnat (2009) registers around 200 industries within the study region; however, during the visits, the existence of only 70 businesses approximately, since some had changed name or had melded with a corporation, some of them no longer existed and others were closed. It was difficult to establish the amount of existing companies due to the lack of reliable information.

Raw materials - timber species

According to the production volume, the most processed species were *Eucalyptus* spp. (eucalipto) and *Gmelina arborea* Roxb. (beechwood), from commercial forest plantations (CFPs) (Figure 1a). This proves that woods from CFPs may be an alternative source of raw materials for the primary transformation industry of tropical woods. Diameters at breast height of 31.23 cm, a height of 14.9 and a mere 22 % as end product for sale in the market were obtained from a *G. arborea* CFPs with 30 and 60 % slopes (Espinoza, 2013).

As for woods from natural forests, *Swietenia macrophylla* King (mahogany) is the species with the highest participation in the market (21 %), followed by *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth (false tamarind) (9 %). There is a high demand for mahogany in the international markets, and this species is processed only in *Quintana Roo*. The four taxa mentioned above participate with 73 % of the total volume of timber produced (Figure 1a). Only *L. latisiliquum* was produced or commercialized in all the southeastern states considered, which indicates its abundance and demand. According to López et al. (2005), *L. latisiliquum* is

los estados del sureste considerados, lo cual es un indicativo de su abundancia y demanda. De acuerdo con López *et al.* (2005) *L. latifolium* tiene reproducción, establecimiento y regeneración continuos, y requiere de 20 a 25 años para alcanzar la categoría diamétrica de 35 cm, requerida para su aprovechamiento comercial.

Referente a la producción y usos de las maderas aserradas existieron diferencias entre los estados, (Figura 1b). En Quintana Roo sobresale *S. macrophylla* en tablas (clasificadas como Mill run). La producción de Yucatán está enfocada a la industria de la construcción de muelles, por lo que presenta un producto más diferenciado, con una menor producción y generalmente utilizan maderas duras como *Bucida buceras* L. (pukté). Campeche es proveedor de madera en rollo procedente de bosques naturales para las industrias de otras entidades federativas y, a su vez, cuenta con una industria forestal diversa con productos como chapas y tableros contrachapados.

continually reproduced, established and regenerated and requires 20 to 25 years to reach a diameter of 35 cm, as required for its commercial exploitation.

There were differences among the states in the production and uses of the sawn woods (Figure 1b). *S. macrophylla* boards (classified as Mill-run) are prominent in *Quintana Roo*. The production of *Yucatán* focuses on the dock construction industry and therefore it presents a more differentiated product with a lower production and generally uses hard woods such as *Bucida buceras* L. (pukté or bullet tree). *Campeche* provides roundwood from natural forests for the industries of other states and has a diverse forest industry with such products as veneers and plywood.

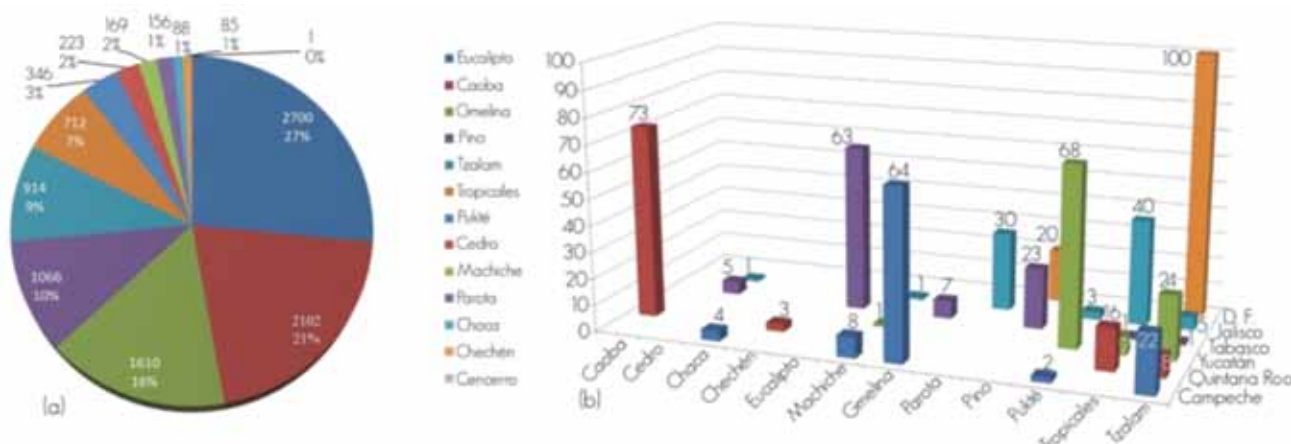


Figura 1. (a) Principales especies comercializadas en el sureste mexicano, m³ mes⁻¹ y porcentaje. (b) Proporción de la mezcla de especies de madera procesada por estado y en el Distrito Federal.

Figure 1. (a) Main commercialized species in Southeast Mexico, m³ month⁻¹ and percentage. (b) Proportion of the mixture of timber species processed by state and in the Distrito Federal.

Volumen de madera utilizada

Entre los aserraderos incluidos en las encuestas (23 empresas) se determinó una gran variabilidad, con respecto al volumen de madera en rollo procesada. En total utilizaron 15 044 m³ mes⁻¹, con un promedio de 654.11 m³ mes⁻¹, y un coeficiente de variación de 159 %; con un intervalo de 22 m³ mes⁻¹ a 5 010 m³ mes⁻¹. La mayoría de los aserraderos procesaron menos de 500 m³ mes⁻¹ (Figura 2). Una empresa localizada en Tabasco tuvo el mayor consumo de madera en rollo (5 010 m³ mes⁻¹ de eucalipto) y, finalmente, en Yucatán el menor (22 m³ mes⁻¹).

El análisis de varianza arrojó que existen diferencias significativas en el consumo de madera en rollo entre Tabasco y los otros estados, debido a la gran variedad entre empresas

Volume of utilized wood

A great variability was found between the sawmills included in the survey (23 companies) in relation to the volume of processed roundwood. A total of 15 044 m³ month⁻¹ were used, with an average of 654.11 m³ month⁻¹ and a variation coefficient of 159 %; an interval ranging between 22 m³ month⁻¹ and 5 010 m³ month⁻¹. Most sawmills processed less than 500 m³ month⁻¹ (Figure 2). A company located in *Tabasco* had the highest consumption of roundwood (5 010 m³ month⁻¹ of eucalyptus), while *Yucatán* had the lowest (22 m³ month⁻¹).

The variance analysis showed that there are significant differences in the consumption of roundwood between *Tabasco* and the other states due to the great variety in the production

en la producción de madera aserrada. Campeche, Quintana Roo, Jalisco (Guadalajara) y Distrito Federal estuvieron al mismo nivel que Yucatán, con un consumo de madera en rollo similar. La mitad (50 %) de los aserraderos utilizan entre 167 y 677 m³ mes⁻¹. Estos valores se relacionan con el diámetro y forma de las trozas por procesar; la clase de madera y su calidad; el patrón de corte y el tipo de sierra empleado para transformar la materia prima, ya que esos factores determinan el coeficiente de aserrío (Acosta, 2012).

Es factible que se use mucha madera en rollo, pero su eficiencia para producir tablas puede ser muy baja. La capacitación de los empleados también es importante, ya que es posible contar con la maquinaria adecuada y las mejores sierras, sin embargo los resultados son bajos por el mal manejo de la tecnología. El buen aprovechamiento de la materia prima es relevante para la industria forestal, dado que alrededor de 50 % de los costos corresponden a la madera en rollo. Por lo tanto, la eficiencia en su transformación es un tema fundamental en el manejo de una empresa. En países como Estados Unidos de América, los industriales madereros consideran como elemento básico invertir en tecnología y maquinaria que les permita obtener los mejores resultados en su proceso productivo (Perkins, 2009).

of sawn wood between companies. Campeche, Quintana Roo, Jalisco (Guadalajara) and the Distrito Federal were at the same level as Yucatán, with a similar roundwood consumption. Half (50 %) of the sawmills use between 167 and 677 m³ month⁻¹. These values are related to the diameter and shape of the logs to be processed; the type and quality of the wood; the cutting pattern and the type of saw utilized to transform the raw materials, all of which determine the sawmill coefficient (Acosta, 2012).

A company may use much roundwood and yet its efficiency to produce boards may be very low. The training of the employees is also important, since it is possible to have adequate machinery and the best saws and still have low results due to a poor handling of technology. Appropriate exploitation of the raw materials is relevant to the forest industry, since approximately 50 % of the costs correspond to roundwood. Efficiency in its transformation is therefore a basic theme in the management of a business. In countries like the United States of America, timber industrialists consider it basic to invest in technology and machinery that will allow them to obtain the best results in their productive process (Perkins, 2009).

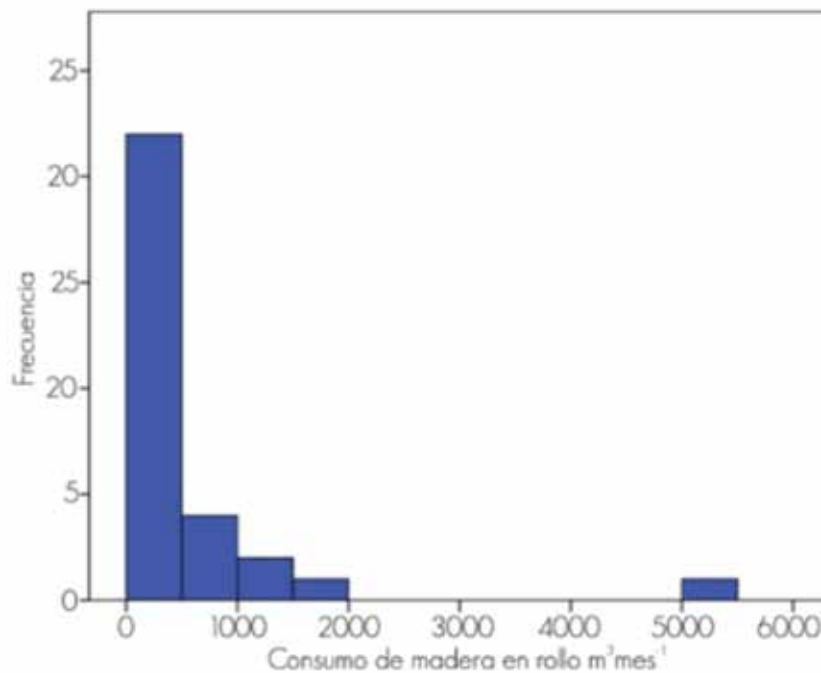


Figura 2. Consumo de madera en rollo en los aserraderos.
Figure 2. Histogram of roundwood consumption at the sawmills.



Proceso de producción - Capacidad instalada

La capacidad total instalada fue de 1 099.4 m³turno⁻¹, con un promedio de 37.9 m³ turno⁻¹ de 8 horas (Figura 3a). En cada aserradero resultó muy variable, ya que procesaron desde 1.9 hasta 350 m³ turno⁻¹ (coeficiente de variación de 204.5 %), Tabasco registró el valor más grande (350 m³ turno⁻¹), seguido de Campeche (61.92 m³ turno⁻¹) que, a su vez, cuenta con las empresas de mayor capacidad instalada, y contrastan con Yucatán (10.0 m³ turno⁻¹) y el Distrito Federal (3.5 m³ turno⁻¹). Esto obedece, principalmente, a la existencia de empresas que transforman madera proveniente de PFC y que están dedicadas a la elaboración de productos genéricos, básicos y sin mayor diferenciación entre sus variedades, mientras que en Yucatán 50 % de las industrias registraron una capacidad instalada de 9.4 a 16.5 m³ turno⁻¹, lo que indica que son pequeñas, se caracterizan por elaborar productos más diferenciados, pero con un volumen menor de comercialización.

La baja tasa de utilización de la capacidad instalada no es nueva, ya que de acuerdo con la ITTO (2005) en los estados de Campeche y Quintana Roo, la industria de aserrío trabaja con una tasa de utilización de 15 a 20 %, y muchas unidades productivas permanecen sin operar debido a la falta de incentivos económicos. En cuanto a Tabasco y Yucatán, la industria está casi parada o funciona con base en la materia prima procedente de otros estados.

El tamaño reducido de las industrias forestales no es un tema exclusivo de México, sino de todos los países de América Latina. De acuerdo con McKenzie (2004), Brasil es el país con mejor desarrollo de la región con una decena de empresas industriales, cuya capacidad de producción supera 100 000 m³ año⁻¹ de madera aserrada, pero la mayoría tienen una capacidad menor a 20 mil m³ año⁻¹ (Tomaselli, 2004).

Los aserraderos de maderas tropicales utilizan tecnología obsoleta, no obstante que en algunas ocasiones han invertido en su modernización, pero ante la falta de asistencia técnica han adquirido equipo inadecuado (ITAM, 2010). Además, la nula capacitación de los trabajadores genera resultados insatisfactorios en el dimensionado, cepillado y secado de la madera; factores importantes que restan competitividad a la madera mexicana.

Producción mensual

Las empresas tuvieron una producción de 339 m³ mes⁻¹, con un coeficiente de variación de 167 %. Los datos se ubican en un intervalo de 11.3 hasta 3 000 m³ mes⁻¹, lo que indica una gran variabilidad en la producción mensual. Adicionalmente, 50 % de las compañías registraron entre 100 y 353 m³ mes⁻¹ (Figura 3b). El Distrito Federal fue la zona con menor producción (79 m³ mes⁻¹), en contraste con el estado de Tabasco que presentó

Production process - Installed capacity

The total installed capacity was 1 099.4 m³shift⁻¹, with an average of 37.9 m³ per 8-hour shift (Figure 3a). The capacity in each sawmill was very variable, since between 1.9 and 350 m³ shift⁻¹ were processed (variation coefficient of 204.5 %). *Tabasco* had the highest value (350 m³ shift⁻¹), followed by *Campeche* (61.92 m³ shift⁻¹), where the companies with the largest installed capacity are located, and which contrast with *Yucatán* (10.0 m³ shift⁻¹) and the *Distrito Federal* (3.5 m³ shift⁻¹). This is mainly due to the existence of companies that transform wood from CFPs and which are dedicated to the manufacture of generic and basic products without differentiating between their varieties, while in *Yucatán* 50 % of the industries registered an installed capacity of 9.4 to 16.5 m³ shift⁻¹, which indicates that they are small and are characterized by manufacturing more differentiated products but have a smaller commercialization volume.

The low utilization rate of the installed capacity is not new, since according to ITTO (2005), the sawmill industry in the states of *Campeche* and *Quintana Roo* works with a utilization rate of 15 to 20 %, and many productive units remain without operating due to the lack of economic incentives. In *Tabasco* and *Yucatán* the industry is almost at a standstill or works with raw materials from other states.

The limited size of the forest industries is not a common topic exclusive of Mexico but it concerns all Latin American countries. According to McKenzie (2004), Brazil is the country with the best development in the region; it has approximately ten industrial companies with a capacity above 100 000 m³year⁻¹ of sawn wood; however, the capacity of most companies is under 20 thousand m³year⁻¹ (Tomaselli, 2004).

Tropical wood sawmills use obsolete technology, although on certain occasions they have invested in their modernization; however, due to the lack of technical assistance, they have acquired inadequate equipment (ITAM, 2010). Furthermore, the lack of training of the workers generates unsatisfactory results in the sizing, planning down and drying of the wood, all of which are important factors that render Mexican wood less competitive.

Monthly production

The companies had a production of 339 m³ month⁻¹, with a variation coefficient of 167 %. According to the data, the production ranges between 11.3 and 3 000 m³ month⁻¹; this indicates a great variability in the monthly production. Additionally 50 % of the companies registered a production of 100 to 353 m³ month⁻¹ (Figure 3b). *Distrito Federal* was the area with the smallest production (79 m³ month⁻¹), whereas the state of *Tabasco* had a production of 850 m³ month⁻¹. The total volume of sawn wood was 10 173 m³ month⁻¹, which is a low production considering the national volume of sawn wood.

850 m³ mes⁻¹. El volumen total de madera aserrada fue de 10 173 m³ mes⁻¹, cifra baja si se consideran los volúmenes nacionales de madera aserrada.

Secado de la madera

De las empresas bajo estudio 30 % tenían estufa de secado. Solamente las del Distrito Federal, Jalisco y una de Campeche venden madera estufada. Algunas usan las cámaras de las

Drying of the wood

30 % of the studied companies had a drying kiln. Only those of *Distrito Federal*, *Jalisco* and a company in *Campeche* sell oven-dried wood. Some use the oven chambers for storage or have them abandoned. The highest percentage of companies with drying chambers (10 %) was found in *Campeche*, while no such equipment was found in *Yucatán* (Figure 4); all the companies in *Guadalajara* and *Mexico City* had drying chambers.

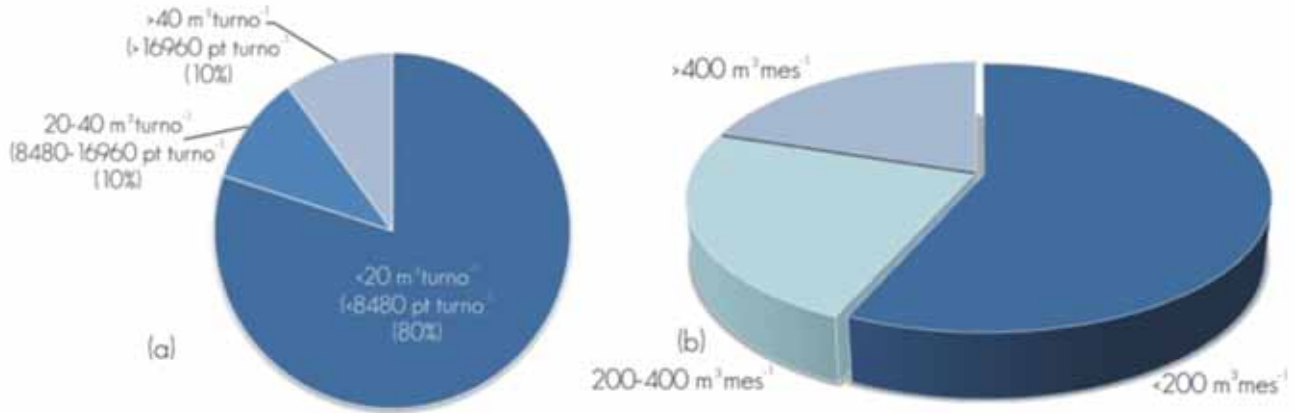


Figura 3. (a) Capacidad instalada de las industrias forestales. (b) Producción mensual de las industrias forestales.
Figure 3. (a) Installed capacity of forest industries. (b) Monthly production of the forest industries.

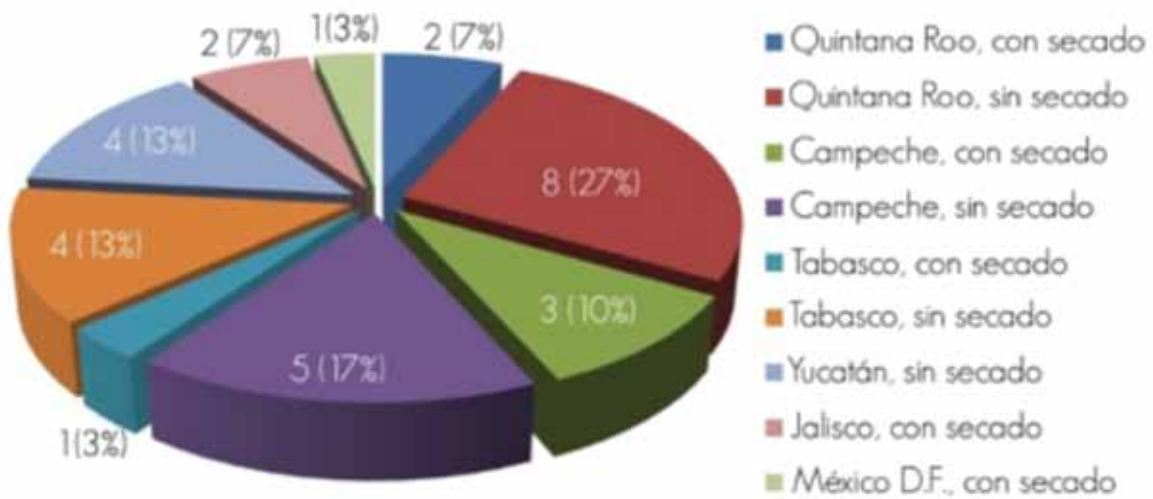


Figura 4. Distribución regional de las cámaras de secado en la industria de la madera tropical.
Figure 4. Regional distribution of the drying chambers in the tropical timber industry.

estufas como bodegas o las tienen abandonadas. En Campeche se consignó el mayor porcentaje de empresas con cámaras de secado (10 %), mientras que en Yucatán se carecía de dicho equipo (Figura 4), y en las ciudades de Guadalajara y México todas lo tenían.

Torres (2004) señala que en Brasil la industria de aserrio presenta una insuficiente capacidad de secado, indicativo de que la falta de secado es un problema presente en Latinoamérica.

Maquinaria y tecnología empleada

La maquinaria de los aserraderos tuvo una antigüedad promedio de 21.7 años, con un coeficiente de variación de 66.5 %, y un mínimo de 2 años y máximo de 55 años (Cuadro 2); es decir solo 20 % de las empresas contaba con una sierra principal con menos de 10 años de uso, mientras que 50 % tenía una sierra principal con un tiempo de uso entre 11 y 20 años. Lo anterior evidencia que los procesos se realizan con maquinaria vieja, y, en algunos casos, inadecuada para la madera que emplean.

Cuadro 2. Marca y antigüedad de la sierra principal empleada en los aserraderos del Sureste Mexicano.

Tipo	Marca		Antigüedad		
	Número de empresas	Porcentaje	Intervalo (años)	Número de empresas	Porcentaje
"Hechiza" Nacional Importada	14 6 6	54 23 23	1 - 5	3	12
			6 - 10	2	8
			11 - 20	13	50
			21 - 30	4	15
			> 30	4	15

Table 2. Brand and age of the main saw utilized in the sawmills of Southeast Mexico.

Type	Brand		Age		
	Number of companies	Percentage	Interval (years)	Number of companies	Percentage
"Makeshift" National Imported	14 6 6	54 23 23	1 - 5	3	12
			6 - 10	2	8
			11 - 20	13	50
			21 - 30	4	15
			> 30	4	15

En el sureste mexicano se determinó que 54 % de las empresas cuentan con maquinaria elaborada en talleres artesanales, "hechiza", la cual no tiene el respaldo tecnológico de una compañía experta en la elaboración de maquinaria. La sierra principal, en todos los aserraderos, carece de un aditamento

Torres (2004) points out that the sawmill industry in Brazil has an insufficient drying capacity; this shows that lack of drying is a problem that prevails in Latin America.

Utilized machinery and technology

The average age of the sawmill machinery was 21.7 years, with a variation coefficient of 66.5 % and a minimum of 2 years and a maximum of 55 years (Table 2); i. e., only 20 % of the companies had a main saw with less than 10 years of use, while 50 % had a main saw with 11 to 20 years of use. This proves that sawmills carry out their milling process with machinery that is old and in some cases inadequate for the wood that they utilize.

In Southeast Mexico, it was determined that 54 % of the companies have "makeshift" machinery made in artisanal workshops which do not have the technological support of a company with experience in the manufacture of machinery. The main saw in all the sawmills lacks an attachment with a scanner or a computerized system that may allow optimal use of raw materials. Only a sawmill that works with small sized wood has

a multiple circular saw. According to Perkins (2009), in the east of the United States of America, the use of an optimized vertical tape saw to increase the output is rated 4.3 in importance (based on a 1 to 5 scale), and an optimized blunting machine is assigned a rating of 4.11, which shows the importance of

con escáner o sistema computarizado que permita optimizar el uso de la materia prima. Solamente uno, que trabaja con madera de pequeñas dimensiones, posee una sierra circular múltiple. Perkins (2009) cita que en el este de los Estados Unidos de América le dan una importancia del 43 (en una escala de 1 a 5) al uso de sierra cinta vertical optimizada para incrementar sus rendimientos y a la despuntadora optimizada le asignan una calificación de 4.11, lo cual evidencia la importancia de realizar mejoras tecnológicas a la maquinaria utilizada en la transformación de la madera. No obstante, este fenómeno es un común denominador en las industrias forestales de Latinoamérica.

Las pocas posibilidades de obtener créditos y las condiciones macroeconómicas inestables aumentan el costo de financiamiento y restringen el acceso a nuevos recursos tecnológicos; por lo tanto, las inversiones en activos productivos son reducidas en México, en consecuencia se acota el desarrollo del sector forestal (Merino, 2014). Lo anterior coincide con lo señalado por el ITAM (2012) en el sentido de que los bajos niveles de inversión en la industria forestal mexicana se deben, fundamentalmente, al alto riesgo, las características del mercado y el histórico precio elevado del financiamiento que generan un ambiente desfavorable para las inversiones. El cambio tecnológico es un factor al cual se le presta poca atención, a pesar de que se ha demostrado que incrementa la eficiencia de las industrias forestales, ya que permite producir más, reducir costos y minimizar la generación de desperdicios (ITAM, 2012).

Coeficiente de aserrío (CA)

Los aserraderos evaluados tuvieron, en promedio, un CA cercano a 50 %, un coeficiente de variación de 11.9 %, con un mínimo de 39 % y un máximo de 60 %. En el diagrama de la Figura 5 se advierte que 50 % de las empresas tuvieron un CA entre 47 y 57 %. Jalisco (Guadalajara) y Tabasco presentaron los mayores CA (59 %), en contraste con Quintana Roo que tiene el menor con 48 %. Esas diferencias se deben al tipo de madera, en Tabasco procede de PFC, y está conformada por trozas más uniformes que permiten obtener mejores

carrying out technical improvements on the machinery used in wood transformation. Nevertheless, the lack of adequate machinery is a common denominator in the forest industries of Latin America.

The lack of sufficient opportunities to obtain credits and the unstable macro-economic conditions increase the financing costs and restrict access to new technological resources; therefore, investments in productive assets are limited in Mexico, and as a consequence, the development of the forest sector is curtailed (Merino, 2014). This coincides with the statement by ITAM (2012) in the sense that the low levels of investment in the Mexican forest industry are mainly due to the high risk, the characteristics of the market and the historical high financing cost, which generate an unfavorable environment for investments. Technological change is a factor to which insufficient attention is paid, although it has been proven that it enhances the efficiency of forest industries, since it allows a larger production, it reduces costs and minimizes the generation of waste (ITAM, 2012).

Sawmill coefficient (SC)

The evaluated sawmills had an average SC of approximately 50 %, a variation coefficient of 11.9 %, with a minimum of 39 % and a maximum of 60 %. The chart in Figure 5 shows that 50 % of the companies had an SC of 47 to 57 %. Jalisco (Guadalajara) and Tabasco had the highest SCs (59 %), unlike Quintana Roo, which had the lowest: 48 %. These differences are due to the type of wood utilized, which in Tabasco comes from CFPs and is constituted by more uniform logs, allowing better outputs. On the contrary, the wood of natural forests is much more diverse in sizes and log quality, which reduces their output (Torres, 2004).

The average SC for *S. macrophylla* was 48 %, while it was lower (an average of 41 %) for *L. latifolium* and *B. buceras*. The larger diameters of the *S. macrophylla* logs sawn in Quintana Roo (Acosta et al., 2012). The frequent presence of defects in hard woods -cracks, heartwood damage by rot fungi and spotting- may be responsible for the observed difference in SC. A value

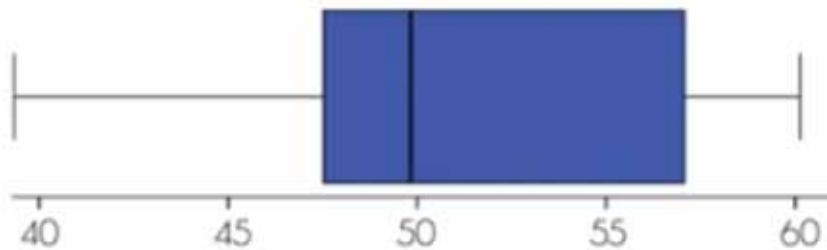


Figure 5. Box-plot diagram of the sawmill coefficient (%) of the studied sawmills.

rendimientos. Por el contrario, la madera de bosques naturales es mucho más diversa en tamaños y calidad de troza, lo que disminuye su rendimiento. Asimismo influye en el bajo rendimiento de las industrias de aserrío mexicanas el escaso grado de mecanización, de automatización, y la poca calificación de la mano de obra (Torres, 2004).

En el aprovechamiento de *S. macrophylla*, el CA fue superior, con un promedio de 48 %; mientras que en las maderas de *L. latifolium* y *B. buceras* fue menor (41 %, en promedio). Los diámetros más grandes de las trozas de *S. macrophylla* aserrada en Quintana Roo (Acosta *et al.* (2012). La alta frecuencia de defectos en las maderas duras (grietas, duramen dañado por hongos de pudrición y manchado) pueden ser responsables de la diferencia del CA observado. Un valor de 41.3 %, similar al obtenido en este estudio, se registró para madera de *Lonchocarpus castilloi* Standl. (machiche). El coeficiente de aserrío consignado para aserraderos en Nigeria es de 56 % (Olufemi, 2012). Por el contrario, para los países con economías industrializadas avanzadas, se documenta un CA de 60 %. En países con economías industrializadas emergentes, los cuales tienen una dependencia creciente de madera proveniente de PFC, el CA es de 50 % (FAO, 1998).

Comercialización

Tipo de clientes. En la Figura 6a se resumen los canales de distribución de la madera producida en el sureste mexicano, se observa que 66 % de la madera aserrada se vende a mayoristas y 16 % a consumidores finales (carpinteros, ebanistas). En Campeche se vende casi toda (97 %) a mayoristas, mientras que en Jalisco (Guadalajara) existen los dos canales de venta. Solo cinco empresas (17 %) tienen o han tenido un mercado de exportación. Se evidenció la importancia de los intermediarios en este tipo de mercado y la escasa capacidad administrativa de los aserraderos de madera tropical.

Chapela (2012) establece que la cantidad de operaciones con maderas tropicales es relativamente reducida, por lo que los canales de comercialización tienen limitaciones debidas a la elevada cuota de costos fijos, que conllevan a mantener campañas, representaciones y operaciones en escalas modestas.

Las empresas que comercializaron únicamente al mayoreo tuvieron un precio de venta muy por debajo de las que vendieron al menudeo, lo que les permitió tener precios más competitivos.

La alta participación de los mayoristas e intermediarios en el mercado de madera tropical en México es opuesta a la tendencia mundial en el mercado de los productos forestales. Juslin y Hansen (2003) anotan que los intermediarios están siendo eliminados de los canales de distribución con el fin de favorecer la distribución directa. En los años 70, los pequeños

de 41.3 %, which is similar to the value obtained in this study, was registered for *Lonchocarpus castilloi* Standl. The sawmill coefficient registered for sawmills in Nigeria is 56 % (Olufemi, 2012), while the SC in countries with advanced industrialized economies is 60 %. In countries with emerging industrialized economies, which have a growing dependence on wood from CFPs, the SC is 50 % (FAO, 1998).

Commercialization

Types of customers. Figure 6a summarizes the distribution channels of wood produced in Southeast Mexico; 66 % of the sawn wood is sold to wholesale vendors, and 16 %, to final consumers (carpenters, cabinetmakers). In Campeche almost all of it (97 %) is sold to wholesale vendors, while in Jalisco (Guadalajara) there are two sales channels. Only five businesses (17 %) have or have had an export market. The importance of the intermediaries in this type of market and the poor administrative capacity of the tropical wood sawmills were evidenced.

According to Chapela (2012), the amount of operations carried out with tropical woods is relatively limited, and therefore the commercialization channels have restrictions due to the high quota of fixed expenses of maintaining campaigns, representations and operations at a modest scale.

The sales price of those businesses that sold exclusively wholesale was far below that of retail sellers, and therefore they were able to have more competitive prices.

The high participation of wholesale vendors and intermediaries in the tropical wood market in Mexico is opposite to the worldwide tendency in the market of forest products. Juslin and Hansen (2003) write that the intermediaries are being eliminated from the distribution channels in order to favor direct distribution. In the 1970s, small sawmills could use a distribution channel that included export and import agents, an importer and a distributor. However, by the 1990s this had changed significantly, with large companies that used more vertical structures with more stages under their immediate control. Perkins (2009) records that 37 % of the broadleaf wood produced by US sawmills is sold to manufacturing companies (the final consumer), while wholesale vendors have a participation of 23 %; this percentage contrasts with the 66 % sold to wholesale vendors by Mexican sawmills.

Figure 6b shows that companies that commercialize their products directly to the final consumer have better sales per volume. This shows the importance of eliminating intermediaries and



aserraderos podían utilizar un canal de distribución que incluía agentes de exportación e importación, un importador y un distribuidor. Sin embargo, para los 90 esto había cambiado significativamente, con grandes compañías que usaban estructuras más verticales con más etapas bajo su control inmediato. Perkins (2009) registra que 37 % de la madera producida por los aserraderos estadounidenses de maderas de latifoliadas se vende a las empresas de manufactura (consumidor final), mientras que los mayoristas tienen una participación de 23 %; en contraste con el dato de 66 % de las ventas a mayoristas de los aserraderos mexicanos.

En la Figura 6b se observa que las empresas que comercializan sus productos directamente al consumidor final presentan mejores ventas por volumen. Esto muestra la

seeking more effective options to commercialize the products. According to Juslin and Hansen (2003), today there are less intermediaries in the market of forest products than in the past; this is partially a result of large consumers, producing companies, and the power offered to these by the market.

Target markets. Most companies sell their products in the regional market (50 %), at a national level (17 %), and at regional and national (13 %), regional, national and export (13 %), and regional and export levels (7 %).

The type of market has an impact on the sales by volume; the companies that export their products obtain better sales prices than those that sell exclusively to the national market.

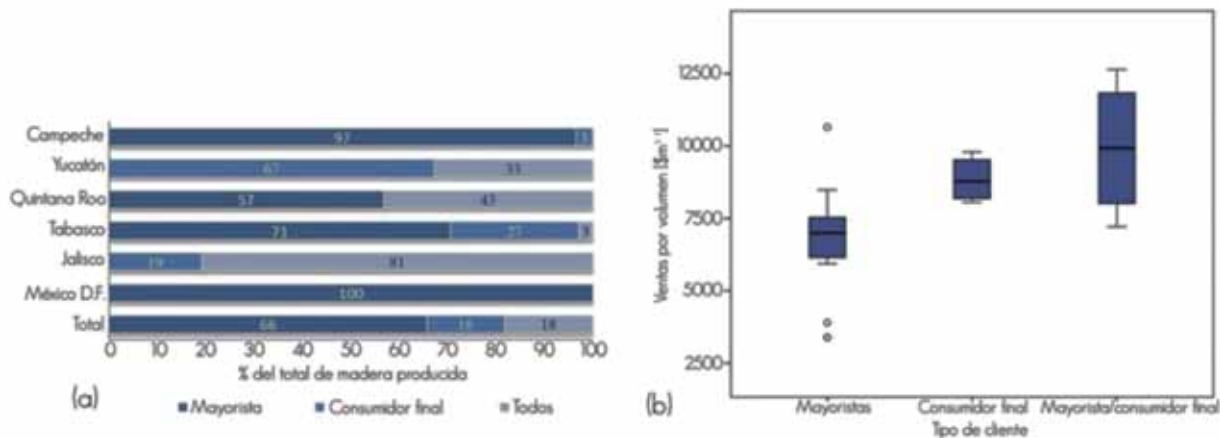


Figura 6. (a) Proporción de los canales de distribución del total de la madera producida por estado. (b) Tipos de clientes de las empresas estudiadas en el sureste mexicano.

Figure 6. (a) Proportion of the distribution channels of the total timber produced by the state. (b) Types of customers of the studied companies in Southeast Mexico.

importancia de eliminar intermediarios y buscar opciones más efectivas para comercializar los productos. Juslin y Hansen (2003) indican que en la actualidad hay en el mercado de los productos forestales menos intermediarios que en el pasado, lo cual es parcialmente un resultado de los grandes consumidores, compañías productoras y el poder que les ofrece el mercado.

Mercados objetivo. La mayoría de las empresas venden sus productos en el mercado regional (50 %), a nivel nacional (17 %), regional y nacional (13 %), regional, nacional y de exportación (13 %), y regional y de exportación (7 %).

El tipo de mercado influye en las ventas por volumen, las empresas que exportan sus productos obtienen un mejor precio de venta, en comparación con las que solo lo llevan a cabo en el ámbito nacional.

Volume and sales price. The monthly sales of the sawmills showed great variability between companies, with an average of 2.13 million pesos and a coefficient of variation of 118.7 %, with an interval of \$83 000 to \$11 700 000. The highest figures were registered in *Tabasco*, with an average of \$3 330 000, while *Yucatán* had the lowest figures, with \$960 000. Thus, the companies with the largest timber production are located in *Tabasco*, and those with the smallest production, in *Yucatán*. Of the total of companies considered in the study, 25 % obtain less than \$570 000, and another 25 %, more than \$2 850 000 per month (Figure 7).

An average of \$7 744 m³⁻¹ was obtained from the sale of sawn wood, with an interval of \$2 014 to \$12 720 m³⁻¹. The lowest average (\$5 496m³⁻¹) was registered in *Tabasco*, and the highest (\$12 296m³⁻¹), in *Distrito Federal*. Probable reasons for this are the transportation costs, the demands of the market and the added value of the wood, since it is sold dry and planed down in *Distrito Federal*.

Volumen y precio de venta. Las ventas mensuales de los aserraderos mostraron una gran variabilidad entre las empresas, con un promedio de 2.13 millones de pesos y un coeficiente de variación de 118.7 %, con un intervalo de \$83 000 a \$11 700 000. En Tabasco se registraron las cifras

The cost of Mexican tropical wood is higher than that of tropical wood exported from Brazil, the main exporter of Latin America. Tuoto (2009) points out that the FOB sales price of tropical sawn wood in Brazil is US\$500, which is below the

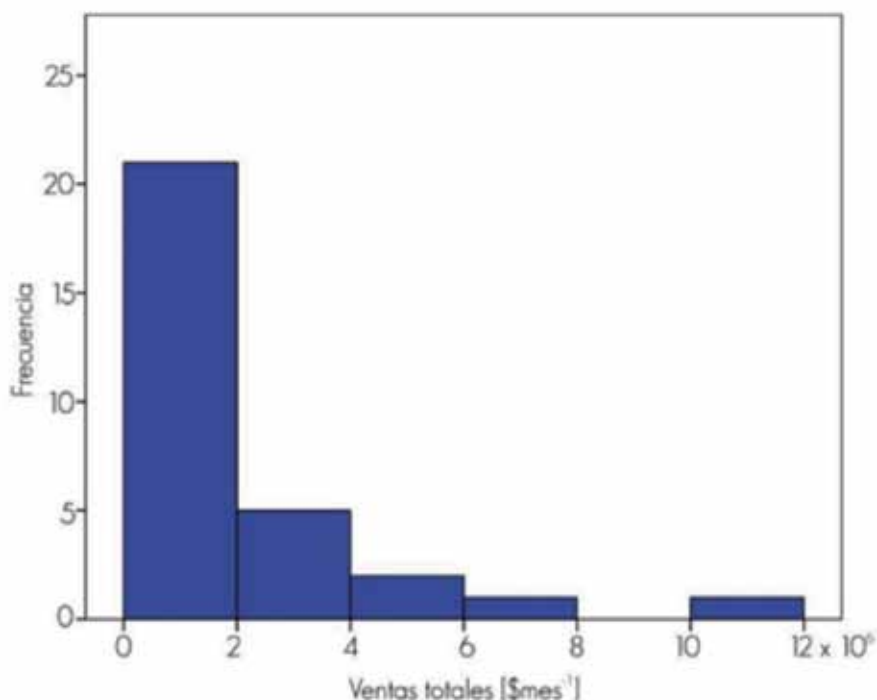


Figura 7. Histograma de frecuencias de las ventas totales de las empresas estudiadas en el Sureste Mexicano.

Figure 7. Histogram of the frequency of total sales of the studied companies in Southeast Mexico.

más altas con un promedio de \$3 330 000, mientras que a Yucatán le correspondieron las menores con \$960 000. Lo anterior resulta de que en Tabasco se localizan las empresas de mayor producción de madera y en Yucatán las de menor tamaño. Del total de compañías consideradas en el estudio, 25 % obtiene menos de \$570 000 y otro 25 % más de \$2 850 000 mensuales (Figura 7).

Respecto al precio de venta de la madera aserrada, se obtuvo un promedio de \$7 744 m³⁻¹, con un intervalo de \$2 014 a \$12 720 m³⁻¹. En Tabasco se registró el promedio más bajo (\$5 496m³⁻¹) y el mayor en el Distrito Federal (\$12 296m³⁻¹); una probable razón son los costos de transporte, las exigencias del mercado y el valor agregado de la madera, ya que en el Distrito Federal se vende seca y cepillada.

El costo de la madera tropical mexicana es superior al de la madera tropical de exportación de Brasil, principal exportador de América Latina. Tuoto (2009) señala que el precio de venta

price registered in Mexico; this justifies the increase in the volume of imported tropical wood.

Productivity information. *Tabasco* had the highest values in terms of productivity (m³man-hour⁻¹), followed by *Quintana Roo*, and the least productive state was *Jalisco* (Table 3). As for the days of operation of the sawmills per year, it was observed that there are less work days in *Quintana Roo* and *Campeche*. This may be because the two states concentrate the largest portion of communal industries with an exploitation volume assigned by Semarnat, which in most cases is below their installed capacity of transformation. The conversion costs are represented by the amounts charged by certain industries for the maquila work that they perform; *Quintana Roo* was the state with the highest costs, while *Campeche* had the lowest.



FOB en Brasil de la madera tropical aserrada es de US\$500, el cual es menor al precio registrado en México y que justifica el incremento en el volumen de madera tropical importada.

Información de productividad. En términos de productividad ($\text{m}^3\text{hombre-hora}^{-1}$), Tabasco tuvo los valores más altos, seguido por Quintana Roo y el menos productivo fue Jalisco (Cuadro 3). Con respecto a los días operados por los aserraderos al año, se observó que en Quintana Roo y Campeche se labora un número menor de días al año; esto puede deberse a que en ellos se concentra la proporción más grande de industrias ejidales que cuentan con un volumen de aprovechamiento asignado por la Semarnat, el cual en la mayoría de los casos es inferior a su capacidad instalada de transformación. Los costos de conversión están representados por lo que cobran algunas industrias por la maquila que realizan; al respecto, Quintana Roo fue el que tuvo los mayores costos, mientras que en Campeche se determinaron los más bajos.

According to Acosta et al. (2012), the productivity of *L. castilloi* (machiche) wood is $0.027 \text{ m}^3\text{man-hour}^{-1}$ in a sawmill whose purpose is to obtain wood with a large heartwood content. The productivity raises as the diameter, the length of the logs and the feed rate increase.

Handling and uses of the residues. 42% of the studied companies give the residues away, 18% sell them, and 15% burn them (Table 4); these actions have a negative environmental impact and imply a lack of knowledge of the potential use of the residues. Perkins (2009) points out that 93% of the broadleaf wood sawmills in the east of the United States commercialize the shavings, with an average price of US\$27.86 per ton, and 89% sell the sawdust at an average price of US\$17.24 per ton. According to ITTO (2007b), the main limiting factors for the use of the residues of the tropical forest industry are the enormous distances between the production sites and the potential markets, the lack of investment in technology and of incentives for the use of

Cuadro 3. Datos de productividad mensuales para los 23 aserraderos en los que se aplicaron encuestas.

Concepto Estado	Productividad ($\text{m}^3\text{hombre-hora}^{-1}$)	Días operadas por el aserradero al año	Costos de conversión* (\$ pt^{-1})
Tabasco	0.30	365	...
Quintana Roo	0.06	241	2.65
Yucatán	0.04	365	2.50
Campeche	0.04	273	2.45
Jalisco	0.03	365	...
Promedio total	0.06	284	2.60

*Son los costos presentados por las empresas que realizan maquila del aserrado de la madera.

Table 3. Monthly productivity data for the 23 sawmills surveyed.

Concept State	Productivity ($\text{m}^3\text{man-hour}^{-1}$)	Days of operation of the sawmill per year	Conversion costs* (\$ pt^{-1})
Tabasco	0.30	365	...
Quintana Roo	0.06	241	2.65
Yucatán	0.04	365	2.50
Campeche	0.04	273	2.45
Jalisco	0.03	365	...
Total average	0.06	284	2.60

* These are the costs presented by the companies that perform maquila work sawing the wood.

Acosta et al. (2012) consignan una productividad de $0.027 \text{ m}^3\text{hombre-hora}^{-1}$ para madera de *L. castilloi* (machiche) en un aserradero, cuyo objetivo es la obtención de madera de largas dimensiones del duramen. La productividad se incrementa a medida que aumentan el diámetro, la longitud de las trozas y la velocidad de alimentación.

wood residues, inadequate environmental regulations, absence of vertical and horizontal integrations in the industries, and failure to adopt sustainable forest management practices.



Manejo y usos de los residuos. En las compañías sujetas a estudio, 42 % regalan los residuos, 18 % los venden y 15 % los queman (Cuadro 4), acciones que implican un impacto ambiental negativo y un desconocimiento del uso potencial de los desperdicios. Perkins (2009) indica que en los aserraderos de madera de latifoliadas del este de Estados Unidos de América, 93 % comercializa la viruta, con un precio promedio de \$US27.86 la tonelada; y 89 % el aserrín, a un precio promedio de \$US17.24 la tonelada. De acuerdo con la ITTO (2007b), las principales limitantes para el uso de los residuos de la industria tropical forestal son las grandes distancias de los sitios de producción a los posibles mercados, la falta de inversión tecnológica e incentivos para el uso de residuos de madera, regulaciones ambientales inadecuadas, ausencia de integraciones verticales y horizontales en las industrias, así como no adopción de prácticas de manejo forestal sustentable.

In Brazil, most residues generated by the tropical forest industry are burnt or accumulated in the factories. A similar situation was observed in the sawmills of Southeast Mexico. The ITTO (2007b) documents that in Brazil improvements have been made for their exploitation in the generation of thermal energy by large and medium-sized sawmills. Furthermore, some industries are using them, as a substitute for diesel, to produce their own electricity.



Cuadro 4. Disposición de los residuos producidos en el aserradero.

Usos	Costeras		Viruta		Aserrín	
	Número empresas	Porcentaje	Número empresas	Porcentaje	Número empresas	Porcentaje
Regala	9	31	12	42	15	52
Vende	8	28	5	17	3	10
Leña/carbón	5	17	1	3	0	0
Quema	1	3	6	21	6	21
Otros	6	21	5	17	5	17

Table 4. Disposal of the waste produced at the sawmill.

Uses	Chips		Shavings		Sawdust	
	Number of companies	Percentage	Number of companies	Percentage	Number of companies	Percentage
Gives away	9	31	12	42	15	52
Sells	8	28	5	17	3	10
Firewood/charcoal	5	17	1	3	0	0
Burns	1	3	6	21	6	21
Others	6	21	5	17	5	17

En Brasil, la mayoría de los residuos generados por la industria forestal tropical son quemados o acumulados en las fábricas. Una situación similar se observó en los aserraderos del sureste mexicano. La ITTO (2007b) documenta que en Brasil se han realizado mejoras para su aprovechamiento en la generación de energía térmica por parte de los aserraderos medianos y grandes. Además, algunas industrias están usándolos para producir su propia electricidad, como sustituto del diesel.

Conclusions

The efficiency and productivity of the primary tropical wood transformation industry is affected by an unstable flow of raw materials and by the insufficient strategic alliances between the various links of the productive chain.



Conclusiones

La eficiencia y productividad de la industria de transformación primaria de maderas tropicales es afectada por un flujo inestable de materia prima y la escasa presencia de alianzas estratégicas entre los diferentes eslabones de la cadena productiva.

La mayoría de la maquinaria que utiliza la industria de transformación primaria de maderas tropicales tiene entre 11 y 30 años de antigüedad, recibe poco mantenimiento preventivo y es inapropiada para el tipo de madera prima disponible, lo cual incide directamente en una baja productividad.

Las maderas con mayor comercialización son *Eucalyptus* spp. y *Gmelina arborea*, provenientes de PFC; además de *Swietenia macrophylla* y *Lysiloma latisiliquum* procedentes de bosques naturales. En menor proporción: *Metopium brownei* (Jacq.) Urb., *Swartzia cubensis* (Britton & P. Wilson) Standl., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Lonchocarpus castilloi* Standl. y *Cedrela odorata* L.

La escasa infraestructura tecnológica y vial del Sureste Mexicano es una limitante para el posicionamiento de las industrias en el mercado nacional e internacional, debido a que incrementan los costos de extracción, aprovechamiento y transporte que, a su vez, elevan el costo de la madera.

Los residuos forestales del proceso de aserrío no se utilizan por desconocimiento de tecnologías y falta de incentivos para su aprovechamiento. La gran mayoría se regalan, venden o queman.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Jose Antonio Silva Guzmán: concepción, planeación, y coordinación del trabajo, gestión de recursos materiales y económicos para el desarrollo experimental, diseño experimental, asesoría y revisión de resultados experimentales, redacción y corrección del manuscrito; Alejandra María Ramírez Arango: desarrollo experimental y colecta de datos, cálculos y análisis estadísticos, redacción y corrección del escrito; Francisco Javier Fuentes Talavera: concepción de la idea, revisión de resultados de trabajo experimental, redacción y corrección del documento; Raúl Rodríguez Anda: asesor del trabajo experimental y revisión del manuscrito; José Turrado Saucedo: asesor del trabajo experimental y revisión del escrito; Hans Georg Richter: colaborador del proyecto, asesor del trabajo experimental, revisión de los resultados y del texto.

Agradecimientos

Esta investigación fue posible gracias al apoyo otorgado por la Organización Internacional de Maderas Tropicales, mediante el proyecto PD 385 05 Rev 4 (IF): Industrialización, comercialización y manejo sostenible de diez especies nativas mexicanas.

Most machinery utilized by the primary tropical wood transformation industry is 11 to 30 years old, receives little preventive maintenance and is inappropriate for the type of available raw wood materials, all of which results directly in a low productivity.

The most widely commercialized woods are *Eucalyptus* spp. and *Gmelina arborea*, from CFPs; *Swietenia macrophylla* and *Lysiloma latisiliquum*, from natural forests and, in a lesser proportion, *Metopium brownei* (Jacq.) Urb., *Swartzia cubensis* (Britton & P. Wilson) Standl., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Lonchocarpus castilloi* and *Cedrela odorata* L.

The scarce technological and road infrastructure of Southeast Mexico is a limiting factor for the positioning of the industries in the national and international markets, since they increase extraction, exploitation and transportation costs, and therefore raise the price of the wood.

The forest residues of the sawing process are not utilized due to lack of knowledge of the appropriate technologies and of incentives for their exploitation. Most of these residues are given away, sold or burnt.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

Contribution by author

Jose Antonio Silva Guzmán: original idea, planning and work coordination, negotiation of materials and financial resources for the development of the experiment, advice and review of experimental results, writing and correction of the manuscript; Alejandra María Ramírez Arango: execution of the experiment and data collection, calculation and statistical analysis and correction of the manuscript; Francisco Javier Fuentes Talavera: conception of the original idea, review of results of the experimental work, writing and correction of the document; Raúl Rodríguez Anda: advisor of the experimental work and review of the manuscript; José Turrado Saucedo: advisor of the experimental work and review of the manuscript; Hans Georg Richter: co-worker of the project, advisor of the experimental work and review of the document.

Acknowledgements

This research was made possible thanks to the support provided by the International Tropical Timber Organization through the PD 385 05 Project Rev 4 (IF): Industrialization, commercialization and sustainable management of ten native species.

End of the English version



Referencias

- Acosta R. A. y J. Martínez L. 2012. Productividad del aserrado de machiche (*Lonchocarpus castilloi* Standl.), en Tres Garantías, Quintana Roo, México. *Madera y Bosques* 18(2):7-26.
- Chapela, G. 2012. Problemas y Oportunidades en el Mercado para las Empresas Sociales Forestales en México. Proyecto Competitividad de las Empresas Sociales Forestales en México. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, A. C. Universidad Autónoma Chapingo. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). México, D. F., México. 240 p.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2014. Programa Nacional Forestal 2014 - 2018. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D. F., México. 142 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO). 1998. Asia-Pacific forestry towards 2010. Report of the Asia-Pacific Forestry Sector Outlook Study. Forestry Policy and Planning Division - Regional Office for Asia and the Pacific. Roma, Italia. 242 p.
- Espinoza, D. J. y R. Moya. 2013. Aprovechamiento e industrialización de dos plantaciones de *Gmelina arborea* de 15 años de edad en diferentes condiciones de pendiente *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 19(2):237-248.
- Flores V., R., E. Serrano G., V.H. Palacio M. y G. Chapela. 2007. Análisis de la industria de la madera aserrada en México. *Madera y Bosques* 13(1):47-59.
- Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM). 2010. El sector forestal en México: Diagnóstico, prospectiva y estrategia. Centro de Estudios de Competitividad. México, D. F., México. 88 p.
- Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM). 2012. Evaluación específica de los programas de desarrollo forestal. Informe ejecutivo de evaluación OEI. Comisión Nacional Forestal. Centro de Estudios de Competitividad. México, D. F., México. 171 p.
- International Tropical Timber Organization (ITTO). 2005. Consecución del objetivo 2000 y la ordenación forestal sostenible en México. Yokohama, Japón. 112 p.
- International Tropical Timber Organization (ITTO). 2007a. Annual review and assessment of the world timber situation. Yokohama, Japón. 196 p.
- International Tropical Timber Organization (ITTO). 2007b. Challenges for the sustainable tropical timber industry: utilization of wood residues and waste. In: International Conference on Wood-based Bioenergy. May 17th to 19th. Hannover, Germany. 21 p.
- Juslin, H. and E. Hansen. 2003. Strategic marketing in the global forest industries. Academic Press Corvallis, OR, USA. 610 p.
- López T., J. L. y J. C. Tamarit U., J. C. 2005. Crecimiento e incremento en diámetro de *Lysiloma latisiliquum* (L) Benth. en bosques secundarios en Escárcega, Campeche, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 11(2):117-123.
- McKenzie, T. A. 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina Documento de trabajo. Informe Nacional Costa Rica. FAO. ESFAL/N/3. Roma, Italia. 48 p.
- Merino, L. y A. E. Martínez. 2014. A vuelo de pájaro. Las condiciones de las comunidades con bosques templados en México. Conabio. México, D.F., México. 188 p.
- Olufemi, B., J. Olalekan and O. S. Oluoyinka. 2012. Lumber recovery efficiency among selected sawmills in Akure, Nigeria. *DRVNA Industry* 63(1) 15-18.
- Perkins, B. R. 2009. Modeling factors that influence firm performance in the Eastern hardwood lumber manufacturing industry. PhD Thesis Virginia Tech. Blacksburg, VA, USA. 149 p.
- Ríos C., A., J. Torres P., A. Gómez G. y A. Navarro M. 2012. Relación entre el manejo forestal y el bienestar socioeconómico en dos ejidos de Quintana Roo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 18(2): 251-259.
- Salas G., J. M. 2014. Evaluación complementaria de los Programas de Desarrollo Forestal y Desarrollo Forestal Comunitario Ejercicio fiscal 2012. Tomo 1. Desarrollo forestal. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional Forestal, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 244 p.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2009. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2008. México, D. F., México. 231p.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2013. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2012. México, D. F., México. 232 p.
- Tomaselli, I. 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina Documento de trabajo. Informe Nacional Brasil. FAO. ESFAL/N/6. Roma, Italia. 155 p.
- Torres R., J. M. 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina Documento de trabajo. Informe Nacional México. FAO. ESFAL/N/2. Roma, Italia. 86 p.
- Tuoto, M. 2009. The Brazilian timber trade in difficult times. In: Proceedings of the 2nd International Timber Trade Federation Day. October 8th-9th. Geneva, Switzerland. s/p.

