



Valoración del potencial de especies poco utilizadas como materia prima en el sector del mueble en Pinar del Río

Assessment of the potential for underutilized species as raw material in the Pinar del Río furniture sector

Aleida Torres Trujillo¹, Daniel Álvarez Lazo²

¹Estudiante de Ingeniería Forestal quinto año. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Calle Martí 270 Final, Pinar del Río. CP: 20100, Correo electrónico: aleida.torres@estudiante.upr.edu.cu

²Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca".

Recibido: 15 de junio de 2017.

Aprobado: 22 de octubre de 2017.

RESUMEN

La investigación se desarrolla en la ciudad de Pinar del Río, provincia de Pinar del Río, y tiene como objetivo desarrollar procedimientos que posibiliten la transformación mecánica de maderas poco utilizadas en el sector del mueble. Se emplearon software como el SPSS 15.0 como herramienta matemática para satisfacer el objetivo antes expuesto y se realizaron además encuestas a través de técnicas como la entrevista y cuestionarios para la determinación de las especies preferidas por los consumidores, demostrando que las especies de mayor aceptación son *Swietenia macrophylla King* (caoba), *Cedrela odorata Linneo* (cedro), *Hibiscus elatus Swartz* (majagua), *Tectona grandis L.f.* (teca) y

ABSTRACT

The research is conducted in the city of Pinar del Rio, Pinar del Rio province and aims to develop procedures that allow the mechanical wood processing underutilized in the furniture sector. software like SPSS 15.0 as a mathematical tool were used to satisfy the above purpose and further surveys conducted by techniques such as interviews and questionnaires to determine preferred by consumers species showing that the species most widely accepted are *Swietenia macrophylla King* (mahogany), *Cedrela odorata Linneo* (cedar), *Hibiscus elatus Swartz* (blue mahoe), *Tectona grandis L.f.* (teak) and *Tabebuia angustata Britton* (oak). Moreover, there is timber species in the forest heritage of the

Tabebuia angustata Britton (roble). Por otra parte, existen especies maderables en el patrimonio forestal de la empresa en grandes volúmenes con potencialidades para sustituir a las preferidas en la producción de artículos de alta demanda. El cedro y la caoba son las especies de mayor preferencia por los consumidores para la producción de artículos de madera. Se han desarrollado métodos matemáticos que posibilitan maximizar la producción de madera aserrada, de las especies que abundan en el área de investigación, con la máxima calidad.

Palabras clave: madera; transformación; calidad; consumidores.

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista comercial, únicamente se aprovecha la madera de los árboles; es decir, vegetales leñosos de ciertas dimensiones. La forma más simple de industrializar la madera a partir de la troza es su aserrado en gran variedad de máquinas y herramientas que pueden ser desde manual hasta los aserríos sumamente automatizados (Álvarez *et al.*, 2005).

El uso de la madera en la construcción ha pasado por diversas fases. En un principio era el material usado para la estructura de las edificaciones; posteriormente, con la llegada del acero y del hormigón, dejó de usarse en la estructura y pasó a los acabados y carpinterías. Actualmente con la aparición de la madera laminada, que posee muy buenas características resistentes a esfuerzos físicos y al fuego, se está retornando el uso de la madera como elemento estructural, aunque, por su elevado costo, esto solo se está utilizando en ciertas edificaciones representativas, como son los centros comerciales, la restauración de edificaciones contempladas dentro del inventario patrimonial, así como

company in large volumes of existence with potential to replace preferred in the production of high demand. Cedar and mahogany are the species most preferred by consumers for the production of wood. Mathematical methods have been developed that enable maximize lumber production with the highest quality, species that abound in the area of research.

Keywords: wood; processing; quality; costumers.

edificaciones típicas dentro de diversos sectores como el Turismo.

La industria del mueble se caracteriza por tener un sinnúmero de modelos que satisfacen las diferentes necesidades de los hogares, desde los más económicos y poco exigentes en calidad hasta los más caros y exigentes; depende mucho del poder adquisitivo, del modo de vida y cultura de la sociedad.

Los muebles económicos se caracterizan por ser enchapados, es decir, fabricados con un alto porcentaje de tableros que cubren las superficies grandes del mueble y para la parte de estructura se utiliza madera sólida de densidad media, generalmente con precios bajos; se estima una relación del 50% para ambos componentes. Está de más decir que los muebles de alto valor son fabricados con maderas finas en su totalidad y con un gran nivel de exigencia en calidad.

Existe un grupo de indicadores que dictan la calidad comercializable de la madera. Entre los mismos se cuentan: el grado de humedad, la presencia de nudos, la curvatura del fuste, la excentricidad, la

conicidad, el ahorquillado, el corazón múltiple, entre otros. La presencia de cualquiera de ellos hace que la calidad comercial de la madera disminuya hasta provocar, en muchos de los casos, el rechazo total por parte del cliente, con las consabidas pérdidas económicas y de otra índole que este fenómeno provoca.

En Cuba existe una alta demanda de especies de un alto valor económico, utilizadas para la fabricación de muebles y artículos de madera, dejando los bosques casi desprovistos de esta debido a su bajo volumen de existencia. Por esta causa se ha planteado el objetivo general siguiente: desarrollar procedimientos que posibiliten la transformación mecánica de maderas poco utilizadas en el sector del mueble en el municipio de Pinar del Río.

Objetivos específicos:

- Evaluar el uso actual de la madera y sus potencialidades como recurso renovable en la industria del mueble.
- Analizar la propiedad de trabajabilidad de la madera (extracción de clavos) de las especies poco utilizadas en la industria del mueble.
- Proponer procedimientos que posibiliten la utilización de especies poco conocidas en el sector de la transformación mecánica de la madera.
- Validar las posibilidades de uso de las especies propuestas en la elaboración de diferentes artículos de madera considerando las propiedades de trabajabilidad de la madera (clavado) y su nivel de aceptación en el sector de la

transformación de la madera y comercialización de artículos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones de trabajo

La investigación fue realizada en la ciudad de Pinar del Río (Figura 1).

Metodología utilizada para la determinación de las especies preferidas por los consumidores de artículos de madera

Para la determinación de las especies preferidas por los consumidores se realizaron encuestas a través de técnicas como la entrevista y cuestionarios que fueron aplicadas en diferentes localidades de la ciudad de Pinar del Río, así como en otras dependencias como las principales empresas y organismos que constituyen clientes potenciales del mercado de la misma y en el sector privado que comprende los carpinteros y aquellos que trabajan la ebanistería de forma general.

P1: La percepción del consumidor de caoba, cedro, majagua, teca y roble cambia significativamente.

Mientras estas proporciones son soportadas por estudios similares desarrollados en Estados Unidos, el impacto de estas percepciones para otros atributos de los muebles, como el estilo y el acabado, no han sido investigados. Instintivamente se asume que las preferencias individuales para determinado artículo de madera dependen de la perspectiva de la especie maderable.



Fig. 1. Ubicación geográfica del área de investigación

Fuente: Elaboración propia

P2: Los rasgos de preferencia de los artículos de madera dependen de la especie utilizada.

En un nuevo producto que se desarrolla, dos aspectos claves son tenidos en consideración, según Ljungberg y Edwards (2003): valores físicos resultantes de la función del producto y valores metafísicos, que se relacionan con aspectos sensitivos (incluyendo conocimiento e imaginación).

Una imagen que presente el producto se conecta estrechamente a experiencias individuales ganadas a partir del uso diario de la madera. De acuerdo con la experiencia, el consumidor es el que selecciona el tipo de madera que se va a utilizar en la elaboración de un mueble determinado.

Selección del método para determinar la preferencia

La técnica promedio para medir las preferencias del consumidor es el Análisis Conjunto (CA), Green *et al.*, (2003), que

en esta forma básica es un método descomposicional.

Un método alternativo para medir las preferencias del consumidor es el Análisis de los Procesos Jerárquicos (AHP), propuesto por Saaty (1980), con la intención de analizar complejos problemas de decisión mediante la estructuración jerárquica, basada en la decisión individual de los elementos. Los niveles y elementos de la decisión jerárquica, así como la relación entre ellos, son definidas por el análisis que se realiza con AHP como herramienta flexible para el análisis de un amplio rango de problemas. El AHP ha sido aplicado con éxito en diferentes problemas de decisión de manejo en general. Vahadilla y Kumar (2006) han utilizado este procedimiento en problemas relacionados con el manejo forestal en particular. El procedimiento completo puede ser expuesto de la siguiente forma.

Descomposición del problema de decisión

Primero, el problema de decisión (aquí la maximización de la utilización total

resultante de la decisión de ciertos tipos de muebles) puede ser descrito como una jerarquización de los atributos y sus relaciones (Figura 2).



Fig. 2. Jerarquización de los atributos utilizados para definir la construcción de Artículos de madera a partir de maderas alternativas.

Fuente: Scholz y Decker (2007)

En esta dirección, la apreciación del complejo objeto puede ser dividido en varios subproblemas. El tope máximo de la jerarquización representa el objetivo del problema de decisión (análisis del artículo de madera). Este objetivo se caracteriza en el primer nivel a partir de un primer nivel de atributos (Diseño y Calidad), que se puede subdividir en un segundo nivel de atributos.

Las hojas del árbol son representantes de la realización de los atributos elementales (moderno, rústico y clásico) y se aprecian a partir de un segundo nivel de atributos (Estilo) que puede ser directamente utilizado para evaluar los atributos existentes.

Determinación de las propiedades de trabajabilidad de la madera

Dentro de las principales propiedades de trabajabilidad de la madera, hemos decidido realizar el ensayo de extracción de clavos, pues es una de las principales propiedades para determinar la adaptabilidad de cualquier especie maderable para la producción de muebles.

Para realizar los ensayos de extracción de clavos se utilizaron clavos de alambre con cabeza plana, vástago liso y sin ningún tratamiento especial; además, se tuvo en cuenta que fueran de uso común en construcciones de madera. Las dimensiones fueron de 3.3 x 76.2 mm.

Las probetas consistieron en prismas rectangulares de madera con dimensiones de 5 x 5 x 15 cm y con orientaciones bien definidas de los planos radial y tangencial (Figura 3).



Fig. 3. Probetas utilizadas en la determinación de propiedades de trabajabilidad de la madera.

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento para realizar este ensayo consiste en que dos clavos o tornillos deberán hincarse en ángulo recto a 32 mm de profundidad, a 20 mm de las aristas en las caras radiales y tangenciales, así como a 40 mm de los extremos de la probeta sin estar en la misma línea y con al menos una

separación de 50 mm uno del otro; mientras que en las caras trasversales los clavos se hincan al centro de las probetas. En total se utilizan cuatro clavos en cada probeta (Figura 4). Cada clavo se utilizó una sola vez.



Fig. 4. Representación de la colocación de los clavos para realizar el ensayo de extracción

Fuente: Nájera et al. (2014)

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Determinación de las maderas preferidas por los consumidores en el Mercado de la Provincia de Pinar del Río

En la Figura 5 se muestran los resultados de las encuestas realizadas a un total de 150 potenciales consumidores de artículos de madera en el territorio. Los resultados permiten exponer que las cinco especies de mayor distinción entre los consumidores las integran la caoba, el cedro, la majagua, la teca y el roble, siendo la caoba y el cedro los de mayor preferencia.



Fig. 5. Especies de mayor preferencia entre los consumidores encuestados.

Fuente: Elaboración propia

Es determinante exponer que a partir de la utilización de estas especies se puede elaborar un conjunto de muebles de

diferentes tipos y estilos (Figura 6), que se caracterizan por su elevada estética y calidad de líneas.



Fig. 6. Muebles elaborados a partir de maderas preferidas por los consumidores.

Fuente: Elaboración propia

Es muy importante señalar que, a partir del hecho de la gran demanda de estas maderas, los precios de los muebles

elaborados se encarecen provocando que una parte de la población no esté en condiciones de alcanzar dicho producto.

Por tanto, es necesario para todos buscar alternativas que posibiliten la producción de artículos de madera con calidad que satisfagan las exigencias del consumidor y, a la vez, que dichos artículos no tengan precios elevados para que así puedan ser adquiridos por un amplio estrato de nuestra sociedad.

para la construcción de artículos de alta demanda

En la Tabla 1, se puede apreciar el promedio de las utilidades absolutas resultantes de AHP en correspondencia con la prueba de Kruskal-Wallis, tomando en cuenta solo las tres especies de mayor aceptación por los consumidores.

Análisis del impacto de la percepción de la madera sobre la preferencia

Tabla 1. Promedio absoluto de las utilidades.

Promedio absoluto de las utilidades					
Nivel Jerárquico	Atributos	p- valores Kruskal-Wallis	caoba	cedro	majagua
I Nivel	Diseño	< 0.01 ^a	0,33	0,43	0,52
	Calidad	< 0.01 ^a	0,67	0,57	0,48
II Nivel	Estilo	< 0.01 ^a	0,14	0,2	0,19
	Acabado	< 0.01 ^a	0,09	0,15	0,17
	Individualidad	0,23	0,1	0,1	0,15
	Destreza	0,099	0,34	0,34	0,24
	Tipo de construcción	< 0.01 ^a	0,33	0,21	0,25
III Nivel	Acabado opaco	< 0.01 ^a	0,06	0,07	0,07
	Acabado traslúcido	< 0.01 ^a	0,08	0,11	0,14
	Calidad normal	-0,399	0,1	0,15	0,16
	Calidad elevada	0,076	0,23	0,23	0,23
	Madera sólida	< 0.01 ^a	0,05	0,16	0,15
	Chapa de madera	0,1	0,1	0,08	0,06
	Estilo moderno	< 0.01 ^a	0,09	0,14	0,15
	Estilo rústico	0,402	0,05	0,01	0,06
	Estilo clásico	< 0.01 ^a	0,14	0,06	0,1
IV Nivel	Acabado con aceite	< 0.01 ^a	0,05	0,06	0,06
	Acabado con laca	< 0.01 ^a	0,04	0,05	0,05
	Acabado con pintura	0,777	0,04	0,04	0,05

Fuente: Elaboración propia

Después de hacer un análisis y obtener los resultados relacionados con la influencia de las variables de la madera sobre la preferencia del consumidor, las diferencias en las percepciones de las tres especies son altamente significativas ($p < 0.01$). Estos resultados son consecuentes con la importancia de estas tres especies en el mercado de la localidad.

Los artículos de madera elaborados con caoba difieren evidentemente de otros elementos elaborados para los dos restantes especies investigadas. La calidad de la madera es preferida con superioridad en relación al tipo de diseño utilizado. El tipo de construcción y la

compatibilidad son las variables más importantes del segundo nivel de jerarquización. La construcción con madera sólida es preferida al empleo de chapas.

Podemos establecer que el tipo de madera utilizado para la producción de artículos presenta un significativo impacto sobre las utilidades de las variables más importantes incluidas en el estudio de Jerarquización. Sin embargo, en la Tabla 2 se puede apreciar que el volumen de las especies preferidas por los consumidores es inferior a las más abundantes en el patrimonio de la EFI Pinar del Río.

Tabla 2. Volumen de existencia de especies maderables en la Empresa Forestal Integral Pinar del Río.

Madera de	Especies	Existen- te en	Sup. (ha)	Volumen (m ³)	ITMA- nual	IM (m ³ .ha ⁻¹)
Coníferas	<i>Pinus caribaea</i>	Natural	224	22118	63,19	2,82
		Planta- ción	5275,2	615860	3241,3 7	6,14
	<i>Pinus tropicalis</i>	Natural	3213,7	312809	947,91	2,95
		Planta- ción	1175,8	136978	472,34	4,02
	Total		9888,7	1087765		
Preciosas	<i>Acacia mangium</i>	P	216,7	7688	153,76	7,10
	<i>Gmelina arborea</i>	P	15,6	1358	16,98	10,88
	<i>Hibiscus elatus</i>	P	66,4	5189	30,52	4,60
		N	9,1	1056	21,12	23,21
	<i>Tectona grandis</i>	P	31,1	445	8,90	2,86
	<i>Tabebuia angus- tata</i>	P	2,8	6	0,20	0,71
Semiduras	<i>Eucalyptus sp.</i>	P	1550,4	112119	8,0	1401,49
	<i>Eucalyptus salig- na</i>	P	4,0	24	0,8	2,00
Blandas I	<i>Tabebuia angus- tata</i>	P	0,7	61	0,41	5,81
	<i>Swietenia ma- crophylla</i>	P	11,7	765	3,83	3,27
	<i>Samanea saman</i>	N	24,1	1812	15,10	6,27

Fuente: Proyecto de Organización y desarrollo de la Economía Forestal (2005-2015) de la Empresa Forestal Integral Pinar del Río

En el caso de *Cedrela odorata* (cedro), no se encuentra actualmente dentro de los volúmenes de especies dominantes de las

áreas boscosas pertenecientes a la Empresa Forestal Integral Pinar del Río (Tabla 3 y Figura 7).

Tabla 3. Selección de especies preferidas por consumidores y de mayor existencia en patrimonio forestal.

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Especies preferidas	
majagua	<i>Hibiscus elatus</i>
cedro	<i>Cedrela odorata</i>
caoba de Cuba	<i>Swietenia macrophylla</i>
teca	<i>Tectona grandis</i>
roble	<i>Tabebuia angustata</i>
Especies dominantes	
pino	<i>Pinus sp.</i>
acacia	<i>Acacia mangium</i>
gemelina	<i>Gmelina arborea</i>
eucalipto	<i>Eucalyptus sp.</i>
algarrobo	<i>Samanea saman</i>

Fuente: Elaboración propia

Para satisfacer a los consumidores hay que transportar dichas especies de áreas muy lejanas de la industria del aserrío y, en el caso específico del cedro, de áreas de campesinos que venden los mismos a la empresa, encareciendo el valor la materia

prima; por lo que tomando en consideración los resultados obtenidos por Cándano (2009), quien expone que la transportación es el factor de mayor incidencia en el costo de la cadena productiva bosque-industria.

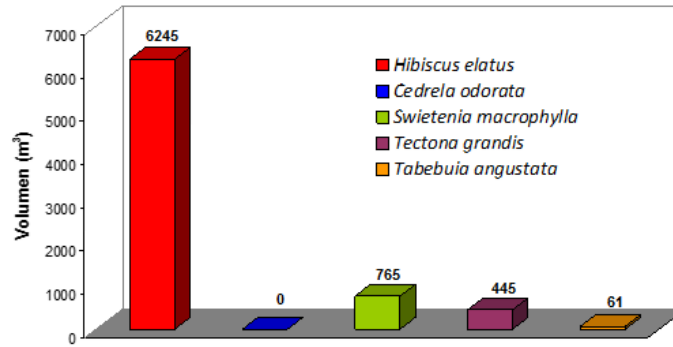


Fig. 7. Volumen de existencia en (m³) de las especies preferidas por los consumidores.

Fuente: Proyecto de Organización y desarrollo de la Economía Forestal (2005-2015). Empresa Forestal Integral Pinar del Río.

A partir del análisis de los datos tomados del Proyecto de Organización y Desarrollo de la Economía Forestal para el período 2005-2015 de la EFI Pinar del Río (Tabla 2), se puede decir que los volúmenes de madera de alta demanda van en deterioro, en comparación con las especies representadas en la Figura 7. En función de la existencia se propone la utilización de estas cinco últimas para la producción de artículos de alta demanda; proponiendo para ello el uso del siguiente

procedimiento matemático para obtener madera de alta calidad.

Tecnología para el aserrado

Con la finalidad de obtener un mayor valor agregado de nuestros recursos, proponemos la implementación de los avances de la ciencia y la técnica en el procesamiento de la madera.

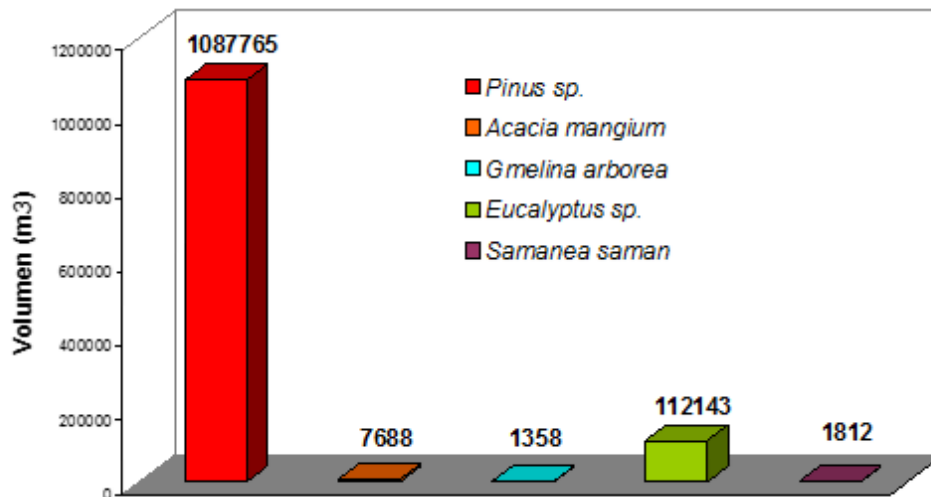


Fig. 8. Especies de mayor volumen de existencia en (m³)

Fuente: Proyecto de Organización y Desarrollo de la Economía Forestal (2005-2015), EFI Pinar del Río

De acuerdo con los resultados obtenidos en diferentes investigaciones, la región

que menor deformación presenta durante el proceso de secado se localiza en el

exterior de la sección transversal del bolo (Figura 9), cerca de la corteza, en la región

correspondiente a la madera adulta (González, 2008).

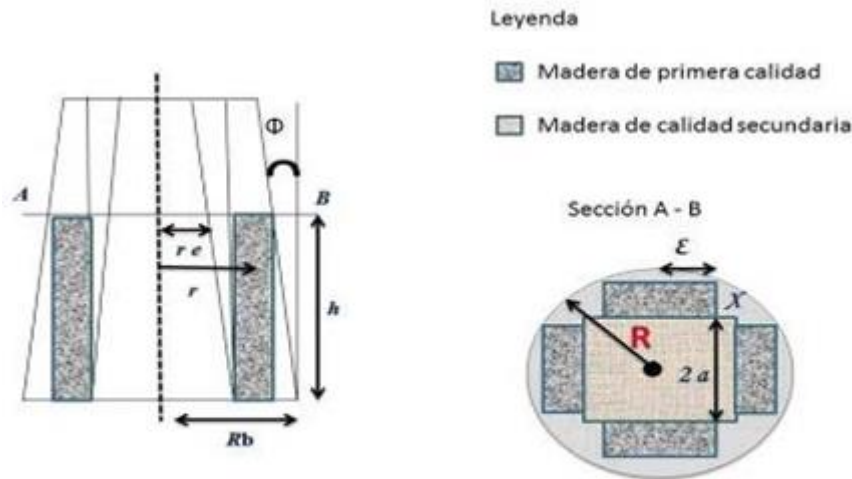


Fig. 9. Esquema para el análisis

Fuente: González (2008)

Los aspectos antes señalados son significativos si tenemos en consideración que la zona de madera de mejor calidad (cerca de la corteza), según los elementos antes expuestos y corroborando los resultados obtenidos por (Díaz et. al.,

1985; González, 2008), se convierten en residuo (Figura 10), en función de las tecnologías tradicionales de aserrado utilizadas en la gran mayoría de los aserraderos de Cuba.



Fig. 10. Residuos de *Pinus sp*, utilizados en la elaboración de muebles.

Fuente: Elaboración propia

Todo ello implica desarrollar procedimientos que permitan la utilización

de estos mal llamados residuos en la producción de muebles, a partir de la

optimización de los esquemas de corte, que posibilitan en gran medida el aprovechamiento máximo de *Pinus* sp. en Cuba, por ser la principal materia prima que se procesa en los aserraderos del país; obteniendo muebles de considerable calidad y valor estético, lo cual implica un incremento del valor agregado de la madera como materia prima en la industria de la transformación secundaria.

En el caso de la utilización de la madera de *Eucalyptus* sp, recomendamos el siguiente procedimiento para reducir las tensiones de crecimiento y con ello las deformaciones de la madera durante el procesamiento mecánico primario y secundario.

Diversos investigadores han desarrollado técnicas para amortiguar los defectos asociados a la presencia de tensiones de

crecimiento. En general, estas técnicas se aplican al árbol una vez abatido y aunque logran en algunos casos una disminución significativa de los defectos, apenas se utilizan en el ámbito industrial debido a sus elevados costos.

En la investigación se utiliza el método de anillamiento sobre árboles en pie y trozas, con el objetivo de disminuir las tensiones de crecimiento. Se tomó una muestra de 10 árboles a las que se le hizo un anillamiento descortezando una sección de unos 30 cm de altura a lo largo de su perímetro, los cuales se compararon con una población de 10 árboles más, sumando un total de 20 individuos. El descortezado se realizó de forma cuidadosa y superficial, dejando al descubierto el tejido del cambium, pero sin infringir daños a la albura (Figura 11).

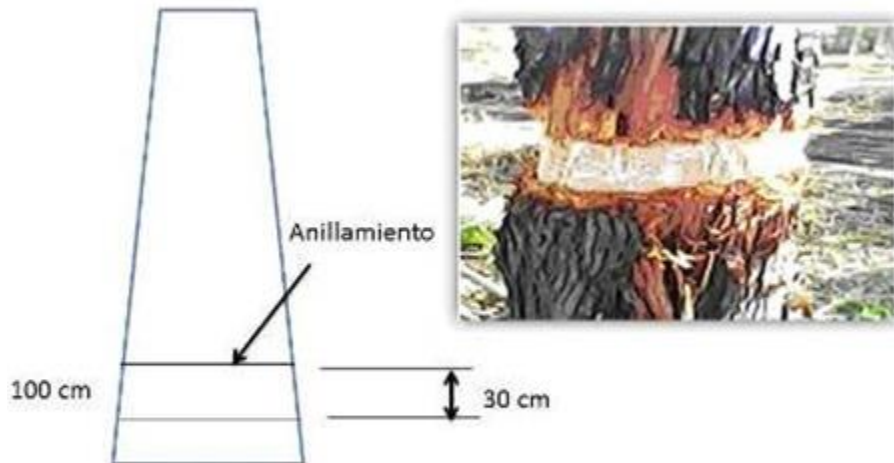


Fig. 11. Anillamiento a árboles en pie.
Fuente: Guerra (2014)

Pasado treinta días estos árboles fueron talados y trozados en piezas de 3m de longitud, a estas trozas se le aplicó el método antes expuesto, solo que en este caso el anillamiento fue realizado a un

tercio del radio de la troza y a 20 cm hacia dentro, con un ancho de 10 cm el anillado por todo el perímetro de la misma, lo que se muestra en la Figura 12.

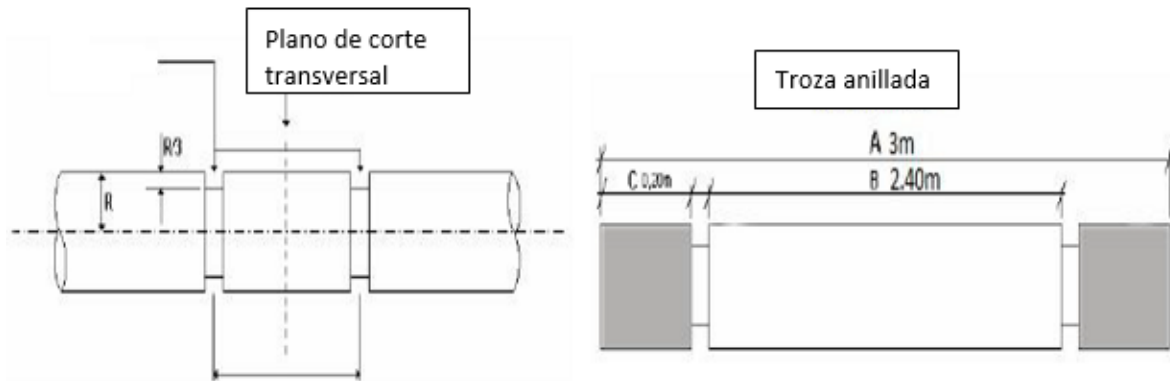


Fig. 12. Anillamiento realizado a las trozas
Fuente: Guerra (2014)

Se tomó una muestra de diez trozas y una población de la misma cantidad para comparar los valores. Estas estuvieron 45 días en proceso de secado y luego fueron llevadas al aserrío para su posterior

procesamiento. Al cumplimentarse lo antes expuesto durante el procesamiento del *Eucalyptus sp*, estamos en condiciones de obtener muebles de elevada calidad (Figura 13).



Fig. 13. Muebles de *Eucalyptus saligna*.
Fuente: Scholz y Decker (2007).

Por otra parte, según Álvarez (1991), se puede utilizar *Eucalyptus sp.*, *Bursera simaruba*, *Casuarina equisetifolia*, *Pinus*

sp., entre otras, de no muy buenas características a partir de la utilización de la tecnología para la producción de

muebles de piezas conformadas de láminas de madera (Figura 14).



Fig.14. Muebles conformados de láminas de madera tropical poco utilizadas en el sector del mueble.

Fuente: Wikipedia (2015)

Es determinante exponer que para obtener este tipo de muebles es fundamental determinar el radio mínimo de curvatura de las láminas de madera, tal y como se expone en la Figura 15, explicando que en la medida que aumenta el grosor de la

lámina se reduce la posibilidad de obtener un mayor curvado de la madera y, con ello, la posibilidad de obtener una mayor diversidad de diseños de este tipo de muebles.

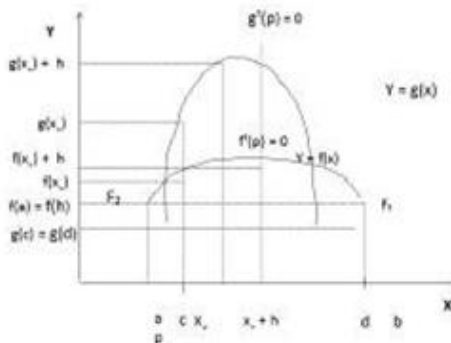


Fig. 15. Representación matemática del radio mínimo de curvatura de las láminas de madera de diferente grosor.

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la resistencia a la extracción de clavos

Teniendo en consideración los datos expuestos en la Tabla 4, se puede apreciar

que existen diferencias significativas entre las magnitudes obtenidas para la extracción en las maderas de Pino, Acacia y Algarrobo.

Tabla 4. Resultados obtenidos para la extracción de las especies investigadas

Especie	Resistencia a la extracción, MPa
<i>Pinus sp.</i>	49, 4380 c
<i>Acacia mangium</i>	54, 8140 b
<i>Samanea saman</i>	63,1440 a

Resultados representados con diferentes letras manifiestan diferencias significativas para $p \leq 0,05$

Fuente: Elaboración propia

Se ha demostrado que existen diferencias significativas para las magnitudes de extracción de estas tres especies, apreciando que el algarrobo es quien presenta una mayor magnitud, lo cual es consecuencia directa de la densidad de la madera. Se puede constatar que a medida que aumente la densidad se necesita una mayor fuerza para extraer los clavos y con ello, desde el punto de vista práctico, es fundamental tener en cuenta estos elementos durante el proceso de clavado

de las piezas elaboradas para las diferentes maderas.

En la Tabla 5 se pueden apreciar los resultados obtenidos en dependencia del plano en el cual fue realizado el ensayo en la madera, recordando que la misma es un material ortotrópico que presenta tres ejes espaciales, Tangencial, Radial y Transversal (Álvarez *et al.*, 2013).

Tabla 5. Resistencia a la extracción de clavos de las especies seleccionadas en sus diferentes planos.

Especie	Plano		
	Tangencial, Mpa	Radial, Mpa	Transversal, Mpa
<i>Pinus sp</i>	53,8420 a	54,8140 a	48,7100 b
<i>Acacia mangium</i>	46.7870 a	49.4380 b	43.1820 c
<i>Samanea saman</i>	61.3670 a	63.1440 a	57.0360 b

Resultados representados con diferentes letras manifiestan diferencias significativas para $p \leq 0,05$

Fuente: Elaboración propia

Es importante señalar que en el plano radial se manifiestan las mayores magnitudes de fuerza de extracción de clavos, lo que implica tener en consideración estos elementos durante el proceso de clavado y ensamblado de los muebles que podrían ser elaborados a partir de Pino, Acacia y Algarrobo.

CONCLUSIONES

1. Las percepciones de los artículos de madera elaborados con cedro, majagua y caoba difieren ciertamente unas de otras, siendo el cedro y la caoba las especies de mayor aceptación por los

consumidores para la elaboración de muebles. En ello influye grandemente la calidad de estos en las preferencias del consumidor.

2. Las especies maderables de pino, acacia y algarrobo manifiestan las mayores diferencias significativas entre las magnitudes de fuerza de extracción de clavos en el plano radial, en la cual el algarrobo es la especie que presenta una mayor magnitud a consecuencia de la densidad de su madera.
3. A partir de la utilización del análisis matemático podemos definir la zona de calidad de las trozas de madera y con ello la utilización de la costanera como residuo. Se logran producir muebles de elevada calidad y valor estético, lo cual facilita incrementar la utilización de la madera como materia prima en la industria del mueble.
4. A partir de las magnitudes obtenidas durante la determinación de la resistencia a la extracción de clavos, podemos definir que las maderas de pino, acacia y algarrobo se pueden emplear para la producción de muebles donde el clavo, como elemento de ensamble, puede ser factible su utilización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ, D. *Tecnología para la producción de muebles de piezas conformadas de chapas de madera*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. 1991.

ÁLVAREZ, D. et al. *Aprovechamiento Forestal en el Occidente de Cuba y su impacto en el medio ambiente*. [en línea]. 2005 [Consultado el 15 septiembre 2015] Disponible en:

<http://www.monografias.com/trabajospdf/aprovechamientoforestal/aprovechamiento-forestal.shtml>

ÁLVAREZ, D. et al. *Tecnología da Madeira*. España: Editorial EAE, 2013.

CÁNDANO, F. Consulta personal. Profesor de Aprovechamiento Forestal de la Universidad de Pinar del Río. 2009.

DÍAZ, A. et al. *Ciencia de la Madera*. La Habana Cuba: Ed. ENPES, 1985.

GREEN, P. E.; KRIEGER, A. M. AND WIND, Y. Thirty years of conjoint analysis: Reflections and prospects. *Interfaces*, 2003, 31(3), 56-73.

GONZÁLEZ, I. *Análisis de las deformaciones de la madera a partir de las variaciones del contenido de humedad en la madera de Pinus caribaea*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. 2008.

GUERRA, D. *Metodología para disminuir la influencia de las tensiones de crecimiento sobre la calidad de la madera aserrada en Eucalyptus sp.* Trabajo de Diploma. Universidad de Pinar del Río, Cuba. 2014.

LJUNGBERG, L. Y. and EDWARDS K. L. Design, materials selection and marketing of successful products. *Materials & Design*, 2003, 24 (7), 519-529.

NÁJERA, J. A.; OLIVAS, J. P. O. y MENÉNDEZ, J. Esfuerzo de extracción de clavos y tornillos para madera en cuatro especies de pino de Durango. *Revista Investigación y Ciencia*, 2014, (22), 41-47.

SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill, 1980.

SCHOLZ, S. W. and DECKER, R. Measuring the impact of wood species on

consumer preferences for wooden furniture by means of the Analytic Hierarchy Process. *Forest Prod. J.*, 2007, 57(3), 23-28.

VAHADILLA, O. S. AND KUMAR, S.
Analytic hierarchy process: An overview

of applications. *European J. of Operational Res.* 2006, 169, 1-29.

WIKIPEDIA. [en línea]. Agosto, 2003. [Consultado 15 mayo 2015]. Disponible en:
http://www.inti.gov.ar/maderaymuebles/pdf/densidad_comun.pdf.

Aleida Torres Trujillo. Estudiante de Ingeniería Forestal quinto año. Universidad de Pinar del Río "Hnos Saíz Montes de Oca". Calle Martí 270 Final, Pinar del Río. CP: 20100, Correo electrónico: aleida.torres@estudiante.upr.edu.cu
