

EVALUACION DE ASERRIO Y ELABORACION DE DOS ESPECIES FORESTALES DE PLANTACION: MELINA (*Gmelina arborea*) Y LAUREL (*Cordia alliodora*)*

Rafael Serrano M. **

Los aspectos analizados en este estudio fueron el rendimiento en aserrío y la elaboración de la madera de trozas de raleos de melina y laurel de 3 años de edad, así como trozas de cortas intermedias de laurel de 15 años de edad. Toda la madera proviene de plantaciones ubicadas en la Zona de San Carlos, Provincia de Alajuela (Atlántico Norte). Los estudios de rendimiento se realizaron con un esquema de aserrío-reaserrío, empleando un aserradero portátil de banda horizontal y una sierra circular de corte recto como reaserradora. En cuanto a las operaciones de elaboración, se evaluaron características de cepillado y machimbrado, utilizando maquinaria convencional.

INTRODUCCION

Este estudio se llevó a cabo con los siguientes objetivos:

- 1) Determinar el rendimiento en las operaciones de aserrío de trozas de raleos de melina y laurel (laurel joven) de 3 años de edad, así como de laurel de cosechas intermedias (laurel viejo).
- 2) Determinar las características de cepillado y machimbrado - moldurado de los productos obtenidos.
- 3) Determinar el consumo y productividad del proceso utilizado, así como la calidad de los productos.

MATERIALES Y METODOS

MADERA

Los ensayos de aserrío se realizaron con dos especies, según se muestra en el Cuadro 1.

MAQUINARIA Y EQUIPO

Aserrío

El procesamiento de las trozas se efectuó con una combinación de un aserradero portátil, como máquina primaria y una sierra circular de corte recto para el reaserrío (una sola sierra por corte).

Las características técnicas principales de la maquinaria utilizada fueron las siguientes:

Aserradero portátil

Marca: Wood Mizer; modelo LT 30.
Motor: marca Kohler, 14 HP, gasolina.
Sistema de avance y elevación: motor de corriente continua.
Sierra de banda: 32 x 0,89 mm (1,25" x 0,035"); paso de 19 mm (3/4").
Peso del carro: 607 kg.
Peso del trailer: 750 kg.
Velocidad de avance: 1,5 a 20 m/min.

* Estudio realizado con el patrocinio de Colgate Palmolive (INC), a través de FUNDATEC.

** Profesor Departamento de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

CUADRO 1. Especies utilizadas

Nombre común	Nombre científico	Procedencia	Tipo de bosque	Edad (años)	Diámetro promedio (cm) (rango)	Largo promedio (m)	Número de trozas
Melina	<i>Gmelina arborea</i>	San Carlos	Plantación	3	16,17 (10-24)	2,65	20
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	San Carlos	Plantación	3	14,15 (8-22)	2,57	37
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	San Carlos	Plantación	15	26,50 (25-28)	2,69	3*

* = 2 trozas y un bloque de 25 x 25 cm.

Velocidad angular de los volantes:

800 r.p.m.

Diámetro de volantes: 479 mm.

Sierra de corte recto

Marca: Diehl Rip Saw (straight - line - rip saw).

Modelo: SL 52.

Motor: 15 HP, 440 v, 3 fases.

Velocidad de avance: variable, de 20 a 58 m/min.

Sierra: diámetro mínimo = 30 cm.

diámetro máximo = 45 cm.

calibre = 12

diámetro del eje = 5,08 cm.

Espesor de piezas:

máximo = 108,00 mm.

mínimo = 3,17 mm.

Tanto en la operación de aserrío como en la de reaserrío se contó con un operador y un ayudante.

Las trozas se aserraron mediante cortes alternos opuestos para obtener tablas de 16 y 25 mm de espesor (1 ó 2 tablas por lado) y se dejaban bloques de 50 y 75 mm (2" y 3") en la parte central.

Con este patrón de corte se minimiza el efecto de las tensiones de crecimiento y se realizan pocos cortes sobre las trozas (5 a 6 cortes).

Procesamiento secundario

Se evaluaron características de cepillado y machimbrado, empleando madera seca.

Las características de la maquinaria empleada son:

Cepilladora

Marca: Le invensible.

Capacidad: 628,6 mm de ancho y 235,0 mm de espesor.

Profundidad de corte: 7,93 mm máxima.

Velocidad de avance: variable, 6, 9, 12 ó 18 m/min.

Número de cuchillas: árbol para 4 cuchillas.

Diámetro del árbol: 120,6 mm.

Velocidad del cabezal: 5500 r.p.m.

Motor: 12 HP.

Molduradora - Machimbradora

Marca: Stetson Ross.

Modelo: XL.

Capacidad: 15 x 5 cm.

Diámetro del árbol: 10,9 cm. (círculo de corte).

Número de cuchillas: 4.

Velocidad de avance: 5,5 - 36,5 m/min.



Motor de ejes horizontales: 10 HP.
Motor de ejes verticales: 5 HP.

ESTUDIO DE RENDIMIENTO

Se determinó el volumen de productos (medida nominal) contra el volumen en troza empleada.

Para la determinación del volumen se midió el diámetro sin corteza en cada extremo (en forma de cruz) y se obtuvo un valor promedio con el que se calculó el volumen aplicando la siguiente fórmula:

$$V = 0,07854 * (Dp)^2 * L$$

donde:

V = volumen real de troza (dm³).
Dp = diámetro promedio (cm).
L = largo de troza (m).

Para la determinación del rendimiento por calidades en la madera cepillada y machimbrada, se utilizaron los siguientes criterios:

- Primera calidad: madera sana, libre de defectos (tales como rajaduras, nudos sueltos, fallas de compresión, etc).
- Segunda calidad: madera sana con defectos (tales como grietas y rajaduras leves, nudos sin grietas, manchas leves, etc).
- Tercera calidad: madera utilizable como residuo (leña, lugares no visibles, etc.).

ESTUDIO DE TIEMPO CRONOMETRADO

Se determinaron los tiempos para todas las operaciones en forma global,

incluyendo los tiempos improductivos, normales y necesarios.

ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD

Con los estudios de rendimiento y de tiempos se determinó el consumo, producción y productividad. Además se anotó, para la operación de aserrío, el número de líneas de corte para cada troza, lo que permitió calcular el índice de cortes por minuto.

ANALISIS DE RESULTADOS

RENDIMIENTO

En los Cuadros 2 y 3 se presenta un resumen de rendimiento por especie y por mezcla de calidades.

El rendimiento en trozas de raleos de melina es bastante similar al del laurel joven (35,27% y 32,24% respectivamente). Sin embargo, en el caso del laurel joven se utilizaron trozas de un diámetro promedio menor.

El rendimiento con trozas de laurel viejo fue del 55,70%, considerablemente superior al obtenido de trozas del primer raleo (3 años de edad).

Las especies de mayor rendimiento en madera de primera calidad son el laurel viejo y la melina; el laurel joven presenta el menor índice.

Los rendimientos en productos de madera aserrada pueden considerarse normales; recordemos que el promedio nacional es de un 49% (D.G.F.) con trozas de un diámetro promedio de 55 cm.

En el caso de trozas provenientes de los primeros raleos, es importante buscar opciones para los residuos. Existen algunos países como Brasil en donde se utilizan éstos de la siguiente forma:

CUADRO 2. Rendimiento por especies y mezcla de calidades.

Especie	Diámetro Promedio (cm)	Volumen troza (dm ³)	Rendimiento 1+2 (%)	Rendimiento 1+2+3 (%)	Rendimiento 1 (%)
Melina	16,17	1149,87	32,53	35,27	21,87
Laurel joven	14,15	1582,41	30,68	32,24	18,35
Laurel viejo	26,50	526,38	52,88	55,70	44,37

Rendimientos en madera aserrada sobre el volumen real (Smallian) en trozas.

1 = primera calidad. 2 = segunda calidad. 3 = tercera calidad.

CUADRO 3. Volumen de producto por especie y calidad.

Especie de madera	Primera calidad		Segunda calidad		Tercera calidad		Volumen Total (dm ³)
	Volumen (dm ³)	Porcentaje (%)	Volumen (dm ³)	Porcentaje (%)	Volumen (dm ³)	Porcentaje (%)	
Melina	251,46	62,00	122,54	30,21%	31,58	7,79%	405,58
Laurel joven	290,37	56,92	195,06	38,23%	24,75	4,85%	510,18
Laurel viejo	233,55	79,51	44,81	15,25%	15,39	5,24%	293,75

- 35 a 40% residuos astillables (pulpa o aglomerados)
- 10 a 15% residuos para combustibles (energía)
- 12 a 15% aserrín para combustible o usos agropecuarios.

En relación con el rendimiento por especie en productos comercializables (primera y segunda), en orden de mayor a menor, tenemos: laurel viejo, melina y laurel joven.

En general los principales defectos encontrados por especie fueron:

Melina: nudos pequeños a moderados y en algunos casos asociados con

pequeñas grietas, rajaduras leves por extremo.
 Laurel joven: nudos sueltos de pequeños a moderados asociados con corteza y en algunos casos con pudrición, grietas y rajaduras por extremo de leves a moderadas.
 Laurel viejo: problemas similares, sin embargo la madera obtenida es de una consistencia y textura superior a la de laurel joven.

Estos rendimientos, en cuanto a productos comercializables (primera y

segunda) para las trozas de primer raleo son normales, ya que se están utilizando trozas de diámetros muy pequeños y consecuentemente una gran proporción corresponde a madera juvenil, la cual, por lo general, es de menor calidad. En el caso del laurel joven, lo anterior se evidencia por el hecho de que un 38,23 % es madera de segunda calidad, que en el mercado se comercializa con un castigo en el precio entre un 15% y un 25%.

De acuerdo con los resultados, un alto porcentaje de la madera aserrada presenta largos entre 0,84 y 1,70 metros, por lo que es de primordial importancia darles una elaboración que permita el mejor y más fácil uso final. Esto se logra con productos cortos machimbrados, tanto longitudinalmente como por cabeza, que pueden ser utilizados en variadas formas de ensamble en paredes, cielos, etc. (tipo parquet decorativo).

También es posible obtener piezas cepilladas (como marcos para ventanas, reglas para plantillas y otros similares); así como partes de muebles. Se recomienda considerar la fabricación de paneles con alma de madera sólida y recubrimiento con enchapes decorativos o similares.

En relación con la facilidad de corte en aserrío, las especies estudiadas no

presentaron problemas serios. En orden de menor a mayor dificultad se clasifican de la siguiente forma: laurel viejo, laurel joven y melina.

En cuanto a las tensiones de crecimiento, el laurel joven es el que presenta más problemas, por lo que se recomienda procesar trozas con un largo no mayor a 2,60 m y con un patrón de aserrío tal que se obtengan tablas de un espesor máximo de 25 mm (1") en los primeros cortes. Lo anterior también se debe aplicar en el caso de trozas con curvaturas, con el fin de disminuir su efecto en la operación de aserrío y sobre el rendimiento.

CONSUMO Y PRODUCTIVIDAD

En los Cuadros 4 y 5 se presentan los datos de consumo y productividad. El consumo promedio fue de 692,18 dm³/hora, para una productividad de 346,00 dm³/hora-hombre; o sea un consumo diario (turno de 8 horas) de 5537,00 dm³. Lo anterior significa que, en promedio, se pueden procesar 120 trozas/turno con madera de diámetro promedio de 15 cm y 2,60 m de largo.

En la operación de reaserrío, la producción promedio fue de 510,81 dm³/

CUADRO 4. Resumen de tiempos y productividad en aserrío.

Especie	Tiempo total (min)	Cortes totales	Tiempo por troza (min)	Cortes por troza	Consumo (dm ³ /hora)	Productividad (cortes/min)
Melina	111,89	102	5,59	5,10	616,61	0,91
Laurel joven	149,92	173	4,05	4,68	633,30	1,15
Laurel viejo	20,66	20	6,89	6,67	1528,69	1,03
Promedios ponderados						
Totales	282,47	295	4,71	4,92	692,18*	1,04

* Productividad en consumo = 346,00 dm³/hora-hombre (2 operarios).

CUADRO 5. Resumen de reaserrío.

Especie	Tiempo Total (min)	Volumen de producto (dm ³)	Producción (dm ³ /hora)	Líneas de corte por min
Melina	49,00	405,56	496,60	2,67
Laurel joven	63,00	510,00	485,87	3,35
Laurel viejo	30,00	293,19	586,38	2,95
Totales	142,00	1208,92	510,81*	3,03

Reaserrío en sierra circular de corte recto (Straight-Line Ripsaw).

* Productividad de salida = 255,44 dm³/hora-hombre (2 operarios).

hora, para una productividad de 255,40 dm³/hora-hombre; o sea de 4086 dm³/turno de 8 horas.

El Cuadro 6 presenta la relación aserrío - reaserrío, resultando en un valor de 0,503. Esto significa que se requiere 0,503 sierra de corte para procesar la madera proveniente de la sierra principal.

Lo anterior sugiere que se pueden utilizar dos sierras primarias de cinta y una sierra circular de corte recto para balancear el proceso. En todo caso lo importante es conocer el consumo promedio que dan las sierras principales, ya que el proceso de reaserrío se ajustaría

a las máquinas primarias necesarias para procesar la materia prima existente en la plantación.

Hay que recordar que el patrón de aserrío empleado va a generar tablas de 13 a 38 mm de espesor, que presentan bordes con corteza y semibloques de 50 a 105 mm de espesor. Existe una máquina de sierras circulares (4 a 6 sierras de bajo espesor de corte: 4 a 5 mm) desorilladora-listoneadora, conocida como Bull-Edger, que permitiría reaserrar eficientemente estos productos, por lo que solo es necesario agregar al proceso las sierras despuntadoras.

Por medio del esquema anterior, se tendría una unidad de reaserrío estacionaria con pocas necesidades de infraestructura (edificios, instalaciones electromecánicas) y los aserraderos portátiles de baja inversión en las fincas, además de una reducción en cuanto a los costos de transporte.

Existen actualmente diferentes opciones tecnológicas que se podrían implantar, por lo que es de gran importancia evaluar la cantidad de materia prima de que se dispondrá. Sería también beneficioso realizar un estudio de factibilidad basado en el esquema propuesto u otros, con el fin de determinar la rentabilidad.

CUADRO 6. Relación aserrío - reaserrío.

Especie	1 Tiempo total aserrío (min)	2 Tiempo total reaserrío (min)	3 Consumo aserrío (dm ³ /hora)	4 Producción reaserrío (dm ³ /hora)	Relación 2 / 1	Relación 4 / 3
Melina	111,89	49,00	616,61	496,60	0,438	0,81
Laurel joven	149,92	53,00	633,30	485,87	0,420	0,77
Laurel viejo	20,66	30,00	1528,69	586,38	1,450	0,38
Promedios ponderados						
Totales	282,47	142,00	692,18	510,81	0,503	0,74

CARACTERISTICAS DE CEPILLADO Y MACHIMBRADO

En los Cuadros 7 y 8 se presenta un resumen de los resultados para las operaciones de cepillado y machimbrado respectivamente.

Se dan las velocidades de avance recomendables, ya que ésta es la principal variable del proceso, tanto por la productividad como por la calidad superficial.

De acuerdo con esto, las especies estudiadas se clasifican, respecto a

facilidad y calidad de maquinado, de mejor a peor de la siguiente manera: laurel viejo, laurel joven y melina.

El laurel es una especie de fácil trabajabilidad; la diferencia fundamental se observa en la textura de la superficie, ya que el laurel joven presenta zonas con grano rugoso, quizá debido a la menor consistencia de la madera (madera no madura).

La melina presenta superficies con grano veloso de leve a moderado, el cual es un defecto fácil de eliminar por medio de un lijado posterior.

CUADRO 7. Resumen de cepillado.

Especie	Velocidad de avance recomendada (m/min)	Principales defectos de cepillado	Defectos naturales o deterioro
Melina	9 a 12	-Grano veloso leve	Nudos pequeños. Grietas leves.
Laurel joven	10 a 15*	-Grano rugoso	Nudos sueltos con corteza. Nudos podridos y huecos.
Laurel viejo	15 a 18*	-Libre de defectos	Nudos sueltos.

* Puede ser mayor, sin embargo las marcas de cuchilla son visibles, lo que obligaría a lijar con mayor desvaste.

CUADRO 8. Resumen de machimbrado.

Especie	Velocidad de avance recomendada (m/min)	Principales defectos de machimbrado	Observaciones
Melina	12 a 18	- Grano veloso leve a moderado cerca de nudos. - Grano rugoso leve - Marcas de cuchilla a 18 m/min.	- Algunas pieza presentan madera fibrosa.
Laurel joven	15 a 18	- Grano rugoso leve a moderado. - Marcas de cuchilla a 18 m/min.	- Madera de una textura gruesa poco consistente.
Laurel viejo	15 a 24	- Libre de defectos - Marcas de cuchilla arriba de 18 m/min.	- Madera de una textura fina y de mejor apariencia.

Los rangos de velocidad de avance menores significan superficies de muy buena calidad, y los rangos superiores presentan una menor calidad superficial debido a marcas visibles de cuchilla. En el caso de melina se presenta grano veloso leve a moderado y en el laurel joven grano rugoso leve a moderado.

Con respecto a otras especies tropicales, éstas se pueden clasificar como fáciles a moderadamente fáciles de cepillar y machimbrar con maquinaria convencional, como la utilizada en el presente estudio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. De acuerdo con los cuadros 2 y 3, los rendimientos en aserrío son: melina 35,27%; laurel joven, 32,24% y laurel viejo 55,70%. Estos son considerados normales de acuerdo con el tamaño de las trozas estudiadas.
2. Los rendimientos por especie en productos comercializables, en orden de mayor a menor son: laurel viejo, melina y laurel joven.
3. El consumo del esquema de producción utilizado fue de 692,18 dm³/hora, o sea una productividad de 346,00 dm³/hora-hombre.
4. La producción del reaserrío fue de 510,81 dm³/hora, o sea una productividad de 255,44 dm³/hora-hombre.
5. Se recomienda un esquema de trabajo de aserrío-reaserrío, que deberá complementarse con el análisis de la materia prima para establecer el nivel de consumo requerido.
6. En cuanto a las características de cepillado y machimbrado, el comportamiento de las especies, de mejor a peor, es: laurel viejo, laurel joven y melina.
7. Se sugiere formular un proyecto de factibilidad para conocer la rentabilidad del esquema propuesto.

LITERATURA CONSULTADA

- D.G.F (Costa Rica). Departamento de Desarrollo Industrial. 1988. **Censo de la Industria Forestal 1986-1987**. MIRENEM. San José, Costa Rica.
- Flores, J., 1985. **Diagnóstico del sector industrial forestal**. Editorial EUNED, 116 p., San José, Costa Rica.
- Lunstrum, J., 1972. **The Performance of Sawmills**. Mimeografiado.
- Ministerio de Economía, Industria y Comercio (Costa Rica), 1981. **Norma Oficial para la Comercialización de Madera en Troza y Aserrada en condición verde**. Imprenta Nacional, San José, Costa Rica.
- Ninin, L., 1983. *Recomendaciones para el Aserrado de Maderas Tropicales. Tercer Seminario de Ingeniería en Maderas*. Departamento de Ingeniería en Maderas, ITCR. p. 63-74.
- Serrano, R., 1981. **Apuntes del Curso de Aserrío**. Departamento de Ingeniería en Maderas, ITCR, 100 p.
- Serrano, R., 1983. **Características de cepillado, taladrado, lijado y torneado de 16 especies**. Departamento de Ingeniería en Maderas. ITCR, Cartago.
- Serrano, R. y Cordero, W., 1988. **Costo y rendimiento en la extracción de madera con bueyes y procesamiento con aserradero portátil**. ITCR. 85 p.
- Serrano, R., 1988. **Evaluación de las posibilidades de aprovechamiento de la madera de gavilán en aserrado**, Swed Forest Consulting AB, Cartago.
- Serrano, R., 1989. **Evaluación de aspectos de aserrío y elaboración de trozas residuales de caobilla, cativo y fruta dorada y raleos de melina**, Central Forestal S.A., San José.