

## RENDIMIENTO EN ASERRÍO Y PROCESAMIENTO PRIMARIO DE MADERA PROVENIENTE DE PLANTACIONES FORESTALES

Rodolfo Quirós<sup>1/</sup>\*, Orlando Chinchilla\*, Marianela Gómez\*

**Palabras clave:** *Acacia mangium*, *Gmelina arborea*, *Terminalia ivorensis*,  
rendimiento en aserrío, madera de pequeñas dimensiones.

**Keywords:** *Acacia mangium*, *Gmelina arborea*, *Terminalia ivorensis*,  
log processing yields, small dimension timber.

Recibido: 30/03/05

Aceptado: 27/05/05

### RESUMEN

Con el propósito de determinar el rendimiento físico o factor de recuperación de madera aserrada en diferentes fases del aserrío y procesamiento primario en trozas de pequeñas dimensiones, se cuantificó el volumen de materia prima rolliza y de los productos aserrados resultantes de 416 trozas, cosechadas en el primer raleo comercial practicado a 3 plantaciones forestales. El estudio incluyó 294 trozas de melina (*Gmelina arborea*), 97 de acacia (*Acacia mangium*) y 25 de terminalia (*Terminalia ivorensis*); con volúmenes correspondientes a 23, 11 y 7 m<sup>3</sup> rollizos, respectivamente. La madera de acacia y terminalia fue obtenida de una corta intermedia realizada en enero del 2003 en plantaciones de 6 años, de la finca "La Tite", en La Luisa de Pocosal, San Carlos. Las trozas de melina resultaron de un aclareo de refinamiento, efectuado en una plantación de 8 años, en Río Grande de Paquera, Puntarenas. El rendimiento físico se estimó como el cociente entre el volumen de productos resultante y el correspondiente volumen de madera rolliza. Entre las fases de procesamiento industrial, el estudio incluyó el aserrío, recanteo, despuntado y cepillado. Los rendimientos determinados para melina, acacia y terminalia fueron 39, 30, y 27%, respectivamente. El mayor porcentaje de pérdida en volumen

### ABSTRACT

**Sawn yields and primary wood processing of logs from forestry plantations.** In order to determine the physical yield or the lumber recovery factor in different phases of the sawn primary wood processing, the timber volume of small-dimension logs and the lumber products volume were cubed. A total of 416 logs were used, from 3 young forestry plantations in their first commercial harvest. The study included 294 logs of melina (*Gmelina arborea*), 97 of acacia (*Acacia mangium*), and 25 of terminalia (*Terminalia ivorensis*), with timber volumes corresponding to 23, 11 and 7 m<sup>3</sup>, respectively. The acacia and terminalia timber was obtained from an intermediate cut made in January 2003, in a 6-year old forestry plantation in "La Tite" farm, at La Luisa de Pocosal, San Carlos. The melina logs were obtained from a refinement harvest, practiced in a 8-year old forestry plantation, in Río Grande de Paquera, Puntarenas. The physical yield was estimated as the quotient between the total lumber products volume and its corresponding total timber log volume. Among the phases of the wood industrial primary processing, the sawn, resawn, cut of end sections, and planning were included in this study. The physical yields determined for melina, acacia and terminalia were 39, 30 and

1/ Autor para correspondencia. Correo electrónico:  
rodolfo.quirós@edifystudios.com

\* Instituto de Investigación y Servicios Forestales  
"INISEFOR", Universidad Nacional. Heredia,  
Costa Rica.

se registró en el paso de madera rolliza a madera aserrada, el cual representó como promedio el 51% del volumen de madera en trozas.

27%, respectively. The greatest loss percentage in wood volume was registered in the stage of primary log breakdown (sawn). It represents an average of 51% of the timber log volume.

## INTRODUCCIÓN

La madera cultivada en plantaciones técnicamente manejadas constituye un valioso recurso natural renovable, con potencial para abastecer la industria forestal del país y mantener su producción en forma sostenida, sin que sea necesario sacrificar el hábitat silvestre y los majestuosos árboles del bosque natural. En comparación con muchas formaciones boscosas, estas plantaciones pueden producir más madera por unidad de superficie y en menor tiempo. En las mismas es posible aprovechar mejor la capacidad productiva de cada sitio al cultivar sólo una o un reducido número de especies maderables con propiedades aptas para fines de aserrío. En Costa Rica hubo un auge relativo en el establecimiento de plantaciones forestales, especialmente en las 2 últimas décadas del siglo anterior; sin embargo, la tasa anual de reforestación ha sido muy variable y disminuyó consistentemente desde 1992 (Serrano 2003). Por lo tanto, es pertinente el desarrollo de nuevos proyectos de reforestación a fin de asegurar la disponibilidad futura de materia prima para la industria de la madera y hacer sostenible la producción de bienes y servicios basados en masas forestales cultivadas (Sage y Quirós 2001).

Entre los principales aspectos para incrementar la producción de madera cultivada conviene considerar los siguientes: 1) mejorar el conocimiento en manejo silvícola para abarcar mayor diversidad de especies arbóreas; 2) desarrollar técnicas de propagación con énfasis en la renovación de individuos o masas genéticamente superiores; 3) establecer las nuevas plantaciones en sitios con capacidad productiva adecuada según sean los requerimientos particulares de cada especie o entidad genética a plantar; y 4) aumentar el grado de utilización de la madera en las fases de cosecha e industrialización. Con

relación a este último aspecto, determinar el rendimiento físico en el procesamiento de la madera, a través de mediciones detalladas desde que las trozas ingresan al aserradero hasta que salen convertidas en productos finales, es una manera de conocer las debilidades de fases específicas del proceso de transformación, lo cual posibilita realizar los ajustes necesarios que conduzcan al alcance de mayor eficiencia en la industrialización forestal primaria.

El término rendimiento se refiere a la relación entre el volumen de madera rolliza (trozas) y el volumen resultante en productos aserrados. Este término también es conocido como coeficiente de aserrío o factor de recuperación de madera aserrada "FRM" y constituye un indicador de la tasa de utilización en el proceso de aserrío (Quirós 1990). Entre los factores principales que afectan el rendimiento destacan el diámetro y forma de las trozas a procesar, la clase de madera y su calidad, el patrón de corte y el tipo de sierra empleado para transformar la materia prima. Conforme se reduce el diámetro de las trozas disminuye el rango de rendimiento. Mientras que en el aserrío de trozas provenientes de bosque natural, con diámetro medio de 60 cm, el rendimiento varía de 45-75%; cuando se procesa madera de raleos con diámetro medio de 15 cm, apenas alcanza de 30-35% (Serrano 1991).

La clase de madera y su calidad afectan el rendimiento debido a características específicas como la conicidad, torceduras, acatamientos, médula migrante, y ramas incrustadas con nudos vivos o muertos (Serrano 1991). Estas características aunadas a la manifestación de tensiones de crecimiento y la presencia de grano entrecruzado, inducen la aparición de defectos en la madera aserrada como grietas, rajaduras, así como piezas arqueadas, acanaladas, encorvadas o con alabeos. A medida que disminuye la proporción de piezas

sanas, rectas y con dimensiones estables (largo, ancho y espesor), el rendimiento físico disminuye. Una forma de limitar la proporción de piezas defectuosas por tensiones de crecimiento se logra al seleccionar un patrón de corte apropiado. Al aserrar madera de raleos con trozas de pequeñas dimensiones conviene aplicar sistemas especiales por defectos, tales como cortes paralelos a la corteza, cortes simultáneos y cortes opuestos alternadamente (Tuset y Durán 1989). Según Serrano (1992), en el aserrío de maderas de plantación el patrón de cortes alternos opuestos permite minimizar el efecto de las tensiones de crecimiento, a la vez que se realizan pocos cortes sobre las trozas.

El tipo de sierra afecta el rendimiento en la transformación primaria de la madera por su influencia en la amplitud del corte y en el desperdicio asociado con la producción de aserrín. Los equipos convencionales de aserrío generalmente son clasificados de acuerdo con el tipo de elemento cortante en sierras circulares, de banda o cinta sin fin y sierras alternativas. Serrano (1996), determinó que al utilizar una sierra circular doble para el aserrío de diámetros menores, con una hoja de 70 cm de diámetro y 7 mm de espesor en el corte, el factor de recuperación de la madera aserrada (rendimiento físico) para trozas de melina con diámetro medio de 16,4 cm fue del 33%, mientras que al utilizar un aserradero portátil con sierra de banda (32x0,89 mm o 1,25"x0,035") en trozas de la misma especie y diámetro medio de 19 cm, el rendimiento fue del 53% (Gómez y Chinchilla 2004).

Con el propósito de comparar como aumenta la proporción relativa de residuos; y a la vez, como disminuye el porcentaje de materia prima utilizable conforme se avanza en diferentes fases del procesamiento industrial primario de la madera, en el presente estudio se determinó el rendimiento físico al final de las etapas de aserrado, recanteado, despuntado y cepillado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con madera de pequeñas dimensiones procedente del primer aclareo

comercial practicado en plantaciones forestales de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), acacia (*Acacia mangium* Willd) y terminalia (*Terminalia ivorensis* A. Chev).

### Características de la materia prima utilizada

Las trozas de acacia y terminalia fueron obtenidas como producto de un raleo comercial efectuado en enero del 2003. Al momento de realizar dicha corta intermedia las plantaciones de ambas especies tenían 6 años de edad. Las mismas están establecidas en la finca "La Tite", en La Luisa de Pocosal, San Carlos, provincia de Alajuela. La madera de melina también fue cortada en enero del 2003, mediante un raleo de refinamiento realizado a los 8 años después del establecimiento, en una plantación ubicada en Río Grande de Paquera, provincia de Puntarenas. Para las 3 clases de madera incluidas en el estudio se realizó una valoración con respecto a la calidad de las trozas. Para establecer 3 categorías de calidad de la materia prima se consideró aspectos de forma (rectitud o ausencia de torceduras y conicidad) y elementos mecánicos (protuberancias por nudos vivos o muertos, grietas o rajaduras en las caras, orientación predominante del grano). Sin embargo, para mantener como factor constante el efecto de la calidad, la selección de las trozas componentes de los lotes a ser procesados se efectuó de manera aleatoria. El cuadro 1 incluye datos sobre algunas características de las trozas del estudio.

### Sistema para el procesamiento primario de la madera

El procesamiento de las trozas se efectuó con una combinación de un aserradero portátil como máquina primaria, una sierra circular de corte recto para reaserrío o recanteo, una despuntadora circular y una cepilladora-molduradora. Para realizar el aserrío en todos los casos se utilizó un aserradero portátil con sierra de banda sin fin horizontal, marca Wood-Mizer® modelo LT-40 súper hidráulico. Este aserradero utiliza hojas de corte de 50,8 mm de ancho y 1,14 mm de

Cuadro 1. Cantidad, volumen de madera rolliza y dimensiones medias de las trozas de melina, acacia y terminalia procesadas en el presente estudio.

Especie forestal	Cantidad de trozas	Volumen procesado (m <sup>3</sup> rollizos)	Diámetro de las trozas (cm)			Longitud (m)	
			Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Máximo
Melina	294	22,52	11,5	18,4	37,9	1,25	3,49
Acacia	97	11,16	17,2	21,7	31,2	2,15	3,62
Terminalia	25	6,57	22,3	28,7	48,9	2,25	3,60

espesor (2" y 0,045"), volantes de 48 cm de diámetro y está capacitado para procesar trozas de hasta 91,5 cm de diámetro, con productividades de 0,88-1,3 m<sup>3</sup> de madera aserrada por hora.

### Determinación del rendimiento

Para cuantificar el volumen de materia prima rolliza se midió el diámetro de las trozas sin corteza, para lo cual se tomó 2 medidas en forma de cruz en cada extremo de la troza y se obtuvo un valor promedio a partir del cual se determinó el respectivo volumen. Para este cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

$$V_r = D_p^2 * \pi / 4 * L$$

Donde:

$V_r$  = volumen de la troza en m<sup>3</sup> rollizos.

$D_p$  = diámetro promedio sin corteza (cm).

$L$  = longitud de la troza (m)

$\pi$  = constante matemática igual a 3,141592

El volumen de madera en los productos del procesamiento industrial primario se cuantificó en forma separada según cada troza. Para esto se usó la siguiente expresión matemática:

$$V = (L * A * E) / 10000$$

Donde:

$V$  = volumen de cada producto de madera procesado (m<sup>3</sup>)

$L$  = largo de la pieza (m).

$A$  = ancho de la pieza (cm)

$E$  = espesor de la pieza (cm)

A partir de los valores de volumen de productos obtenidos en cada etapa del procesamiento industrial primario y el volumen de materia prima utilizada, se determinó el porcentaje de rendimiento para cada troza a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Rendimiento} = 100 * (\text{Volumen total de madera terminada} / \text{volumen total de madera rolliza})$$

### Fases del procesamiento evaluadas

El procesamiento de las trozas de acacia y terminalia, hasta lograr productos finales, involucró las fases de aserrado, recanteado, despuntado y cepillado. En el caso particular de la melina no se realizó la fase de cepillado porque el uso final de la madera no requería esa labor. El tipo de productos de la madera a obtener se determinó considerando como criterio su demanda en el mercado nacional, y a la vez lograr el mayor nivel de utilización posible de las trozas al efectuar su despiece. De este modo, fueron obtenidas piezas en forma de regla (¾"x3", 1"x3", 1"x3¼", 1"x3½", 1"x4") marco para puertas y ventanas (¾"x4", ¾"x4½", ¾"x5", 1"x4", 1"x4½", 1"x5"), vigas o artesones (3"x6", 3½"x6", 5"x8"), madera en cuadro (3"x3", 4"x4") tabla (¾"x6, 1"x8", 1"x10") plantilla (¾"x2" 1"x2"), y tablilla (1/2"x3"). Cabe aclarar que aunque el Sistema Métrico Decimal es el oficial en el país, la comercialización de productos de madera aún se efectúa en varas y pulgadas. Esto obedece a que la industria de transformación es relativamente antigua y las máquinas para aserrar originalmente fueron graduadas con ese tipo de medición.

Todas las piezas completas obtenidas en la fase de aserrío fueron recanteadas para eliminar irregularidades y uniformizar sus dimensiones. Para esto se utilizó el mismo aserradero portátil. Grupos de piezas aserradas fueron colocados sobre la plataforma del aserradero y orientados en posición perpendicular al corte. Una vez recantada, a cada pieza se le midió sus dimensiones (largo, ancho y espesor), para lo cual se utilizó una cinta métrica de manera directa. Para eliminar irregularidades (grietas, rajaduras, nudos, corteza o pudriciones) en los extremos y dar largos homogéneos (separar cabos no comerciales), a las piezas recantadas se les efectuó la labor de despunte con una sierra radial circular.

El cepillado se realizó únicamente en los productos finales que requieren mejorar su acabado, tales como tablilla, madera para marcos, vigas o artesones. El cepillado consiste en eliminar excesos en el espesor de las piezas aserradas por medio del desprendimiento de virutas para generar una superficie plana. Las máquinas que realizan esta operación poseen cuchillas dispuestas en un cabezal giratorio, capaces de levantar virutas cortas en forma de arco, dejando una superficie con trazos o marcas semicirculares (trazos de cuchillas). Esta fase del estudio se realizó con una cepilladora-molduradora instalada en el plantel central del Instituto de Investigación

y Servicios Forestales “INISEFOR”, en Santa Lucía de Heredia.

El volumen de productos obtenido al final de este proceso fue considerado en las estimaciones de rendimiento correspondientes a las 3 especies incluidas en este estudio. Todo el producto final se clasificó en 2 categorías de calidad; a saber primera y segunda, según la práctica normal para la comercialización de madera en el mercado nacional. Se consideró una pieza de primera calidad aquella cuyas dimensiones en ancho y espesor fuese constante en toda su longitud y exenta de defectos como nudos, grietas, partes con corteza o rajaduras. Piezas con dimensiones irregulares o con alguno de los defectos citados fueron clasificadas en calidad segunda.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Factor de recuperación de madera aserrada

Para los 3 tipos de madera considerados en el estudio, la figura 1 presenta el volumen total de materia prima rolliza que ingresó al aserradero para su procesamiento industrial y su correspondiente volumen total de productos finales obtenidos al término del proceso de transformación primario. Del cociente que se obtiene al

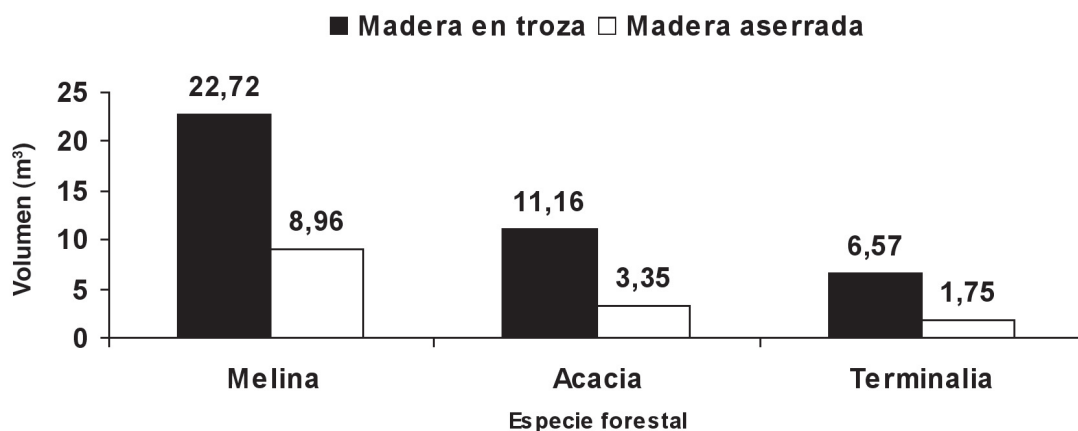


Fig. 1. Relación entre el volumen de madera en troza que ingresó al aserradero y el de los productos finales de la madera, resultantes para las 3 especies forestales del estudio.

dividir el volumen total de productos elaborados entre el volumen total de materia prima rolliza resultan rendimientos físicos del 39, 30 y 27%, respectivamente para las especies melina, acacia y terminalia. Estos resultados sugieren que en madera de pequeñas dimensiones, obtenida de los primeros aclareos comerciales, tal como la utilizada en el presente estudio, entre el 61 y el 73% del volumen rollizo en troza corresponde a residuos o subproductos del procesamiento, que en la mayoría de los casos no son aprovechados actualmente en usos comerciales.

Estos resultados son significativamente inferiores a lo determinado por Serrano (1990) con un aserradero portátil similar. En este caso, el factor de recuperación de la madera aserrada fue en promedio 69%, al procesar trozas de areno, botarrama, fruta dorada, gavilán y maría, entre otras especies de maderas nativas, con diámetros medios entre 28 y 39 cm. Es posible que el dato de rendimiento antes citado corresponda únicamente al cambio debido a la fase de aserrío, sin incorporar las mermas correspondientes a las fases de recanteo, despunte y cepillado. Por otra parte, los rendimientos del presente estudio concuerdan con lo encontrado por el mismo autor en otra investigación (Serrano 1991), al reportar rendimientos en el rango de 30 a 35% para trozas de raleos con 15 cm de diámetro y 2,5 m de longitud. Esto ratifica el efecto inverso del diámetro de las trozas sobre el factor de recuperación de madera aserrada.

#### Rendimiento en diferentes fases del procesamiento industrial

La figura 2 presenta de manera abreviada las labores realizadas en el procesamiento

industrial primario con la madera de melina. Del total de madera en trozas que ingresó al aserradero, sólo el 39% del volumen fue convertido en producto final. Durante las fases de aserrío, recanteo y despunte casi dos terceras partes de la materia prima original fueron transformadas en residuos. Cuando la industrialización de la madera no forma parte integral de otras opciones productivas, tales como producción de bioenergía, compost o tableros de partículas, la mayoría de estos residuos constituyen pérdidas en la actividad forestal, pues el productor debe incurrir en gastos para su eliminación.

Además del reducido diámetro de las trozas procesadas, la calidad de las mismas posiblemente influyó en el alto porcentaje de residuos generado. En este caso sólo el 28% del número total de trozas y el 33% del volumen de estas fue materia prima de primera calidad, libre de defectos físicos. El factor de rendimiento determinado en forma particular para esta calidad de madera fue del 50%. La plantación en donde fueron cortadas las trozas no había recibido manejo silvícola apropiado antes del correspondiente raleo y por esta causa muchos de los árboles aprovechados presentaban torceduras en la base, fustes con curvaturas sinuosas y protuberancias por ausencia de podas. Estos defectos influyeron en la calidad de la madera y como consecuencia en el rendimiento determinado.

La figura 3 muestra un diagrama del procesamiento efectuado con la madera de acacia. En esta ocasión, el paso de madera en troza (rolliza) a productos elaborados transformó en residuos el 70% de la materia prima original. Las fases de aserrío y recanteo sumaron la mayor parte de esa fracción, con 51 y 12% del volumen



Fig. 2. Diagrama del procesamiento industrial primario para madera de *Gmelina arborea*. Raleo realizado a los 8 años. Río Grande, Paquera, enero del 2003.

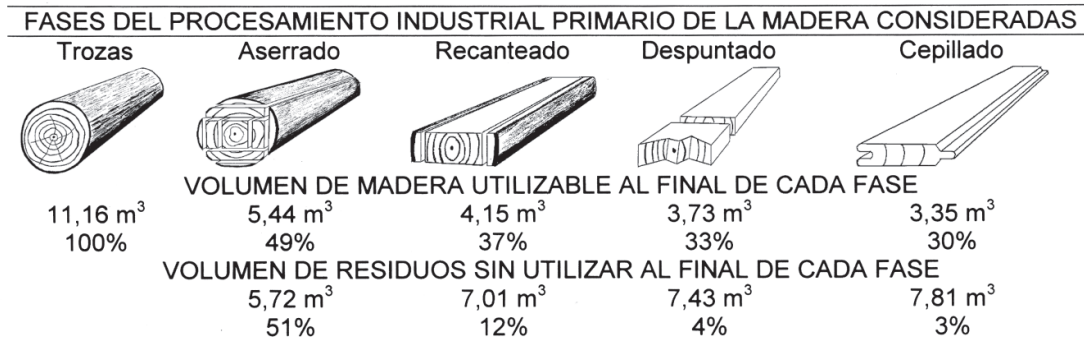


Fig. 3. Diagrama del procesamiento industrial primario para madera de *Acacia mangium*. Madera de raleo realizado a los 6 años. Finca La Tite, enero del 2003.

original en troza, respectivamente. Estas fases involucran la conversión de madera rolliza a madera cuadrada, cuando se elimina en forma de costeros o aserrín una porción considerable del volumen rollizo. En menor medida las labores de despuntado y cepillado, efectuadas para uniformizar la longitud de las piezas y mejorar su acabado, implicaron la producción adicional de residuos del 4 y 3% con respecto al volumen que ingresó al procesamiento industrial.

Según la distribución relativa anterior, el aserrío es la etapa en la cual existe mayor posibilidad de influir para incrementar la eficiencia en el uso de la madera proveniente de plantaciones. Puesto que la clase de sierra utilizada en el estudio es de las que produce menor desperdicio al efectuar cortes en la madera (hojas de banda o

cinta sin fin con 1,14 mm de espesor y 3 mm en el ancho de corte, en comparación con sierras circulares con dientes de 5 mm de espesor y 7 mm de ancho de corte), lo mejor es investigar nuevas opciones para utilizar de manera eficiente los residuos del aserrío. Es necesario desarrollar usos alternativos para este tipo de biomasa forestal, a fin de mejorar el aprovechamiento de la madera de pequeñas dimensiones que se obtiene durante los primeros aclareos.

Con respecto a la madera de terminalia, la distribución del volumen de madera útil al final de cada fase del procesamiento industrial y el respectivo volumen de residuos generados en las mismas se presenta en la figura 4. En este caso, un volumen de 6,57 m<sup>3</sup> de madera en troza originó 1,75 m<sup>3</sup> (27%) de producto final y a la

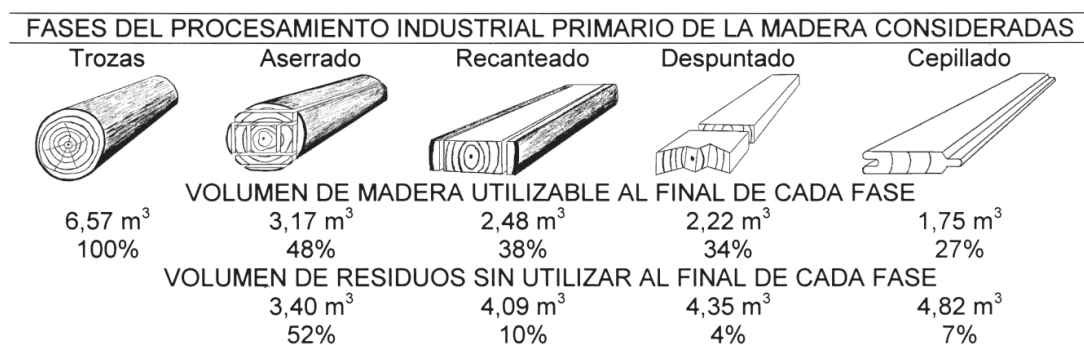


Fig. 4. Diagrama del procesamiento industrial primario para madera de *Terminalia ivorensis*. Madera de raleo realizado a los 6 años. Finca La Tite, enero del 2003.

vez un acumulado de 4,82 m<sup>3</sup> de residuos (73%). La distribución relativa del volumen convertido en producto útil y de los residuos en cada fase del procesamiento fue similar a la observada con madera de acacia. También en este caso las fases de aserrío y recanteo fueron las que en mayor proporción originaron residuos a partir de la materia prima original.

Las deformaciones y rajaduras que se produjeron en la madera aserrada como consecuencia de tensiones de crecimiento constituyeron las causas principales del bajo rendimiento al procesar las trozas de terminalia. Con el aserrío hubo liberación de tensiones de crecimiento, lo cual ocasionó torceduras en la mayoría de las piezas aserradas, especialmente en forma de arqueaduras y encorvaduras. Moya (2000), determinó un rendimiento del 35,2% al aserrar 44 trozas de *Terminalia amazonia* con un diámetro medio de 12,3 cm. Al utilizar madera de esta especie, cosechada a los 6 años de edad, se obtuvo madera aserrada torcida por canto y cara. Esto posiblemente fue provocado por las tensiones internas de la madera, especialmente en tablas que se obtenían de la sierra circular múltiple, donde se liberan las tensiones, lo cual provoca que la madera aserrada tome una forma de arco al salir de las máquinas de proceso.

Efectuar varios cortes múltiples y simultáneos es una manera de mitigar los problemas de tensiones en la madera que se manifiestan en el proceso de aserrío, especialmente con maderas cosechadas a cortas edades en especies de rápido crecimiento (Alfaro 1992). Otra opción es investigar el contenido de humedad propicio para realizar el aserrío, pues según COSEFORMA (1995) el comportamiento de esta madera depende del tiempo que transcurre desde su corta hasta el momento de aserrar la troza. Las piezas aserradas presentan problemas de tensiones mínimos cuando el aserrío se efectúa a pocas horas de cortada la madera, o bien cuando esta se encuentra completamente seca. Lo contrario ocurre con madera semihúmeda o ligeramente seca, pues durante el aserrío son frecuentes las torceduras y rajaduras longitudinales.

## CONCLUSIONES

El rendimiento físico que resultó al dividir el volumen total de productos finales terminados entre el volumen total de madera en troza (rolliza) que ingresó al aserradero, fue del 39, 30 y 27%, respectivamente para las maderas de *Gmelina arborea*, *Acacia mangium* y *Terminalia ivorensis*. Consecuentemente, este originó residuos de madera que al integrar las diferentes fases del procesamiento sumaron de 61-73% del volumen original de materia prima rolliza. Estos resultados revelan la necesidad de identificar usos apropiados para aprovechar tales residuos y de esa manera incrementar el grado de utilización de la materia prima que se produce en las plantaciones forestales, especialmente con trozas de cortas dimensiones provenientes de raleos o cortas intermedias. En todos los casos las fases de aserrío y recanteo fueron las que en mayor medida contribuyeron en la conversión de materia prima rolliza a residuos, en una proporción promedio del 51%.

## AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero forestal Antonio Rodríguez, gerente técnico de la finca La Tite, por la valiosa información sobre el manejo proporcionado a las plantaciones de *Acacia mangium* y *Terminalia ivorensis*, así como las facilidades y materia prima facilitada para desarrollar el trabajo de campo. También al señor Fabio Pacheco, propietario de la plantación de *Gmelina arborea* donde se efectuó parte del estudio.

## LITERATURA CITADA

- ALFARO J. 1992. Estudio tecnológico para determinar la posibilidad de uso industrial en madera de raleo de *Gmelina arborea*. Práctica de especialidad. Departamento de Ingeniería en Maderas, ITCR. Cartago, Costa Rica. 88 p.
- COSEFORMA. 1995. *Terminalia ivorensis* "consideraciones de la especie". Boletín del proyecto Cooperación en



- los sectores forestal y maderero "COSEFORMA". Costa Rica. 8 p.
- GOMEZ M., CHINCHILLA O. 2004. Calidad y tamaño de trozas de melina y rendimiento del aserrío. *Ciencias Ambientales* 28: 64-70.
- MOYA R. 2000. Comportamiento y rendimiento en aserrío de trozas de *Terminalia amazonia*. *Revista Forestal Centroamericana* 29(1): 14-19.
- QUIROS R. 1990. Optimización del proceso de aserrío en madera de cortas dimensiones en el Pacífico Seco, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R. 131 p.
- SAGE L.F., QUIROS R. 2001. Proyección del volumen de madera para aserrío proveniente de las plantaciones de melina, teca y de otras fuentes. *In: Mercadeo e industrialización de madera proveniente de plantaciones forestales*. Proyecto TCP/COS/006. FAO-MINAE-FONAFIFO, San José. 25 p.
- SERRANO R. 1990. Extracción de madera con bueyes y procesamiento con aserradero portátil de cinta. *Tecnología en Marcha* 10(3): 45-52.
- SERRANO R. 1991. Tecnologías para el aserrío de trozas de diámetros menores. *Tecnología en Marcha* 12 (1): 89-98.
- SERRANO R. 1992. Evaluación de aserrío y elaboración de dos especies forestales de plantación: Melina (*Gmelina arborea*) y Laurel (*Cordia alliodora*). *Tecnología en Marcha* 11 (No especial): 25-32.
- SERRANO R. 1996. Desarrollo experimental de una sierra circular doble para aserrío de trozas de diámetros menores. *Tecnología en Marcha* 12 (4): 9-16.
- SERRANO R. 2003. La industria forestal en Costa Rica y su desenvolvimiento. *In: La industria y la comercialización de productos forestales en Latinoamérica*. Fonseca W., González G., Mora F., Blanco L., (eds). Instituto de Investigación y Servicios Forestales "INISEFOR", UNA, Heredia. p. 21-32.
- TUSET R., DURAN F. 1989. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización (aserrado, secado, preservación, descortezado, partículas). Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, Uruguay. 688 p.