

ARTÍCULO CIENTÍFICO

**Pruebas de rendimiento para obtener tablitas de melina
(*Gmelina arborea* (L.) Roxb.)**

Ericka Góngora Brenes¹
José Rafael Serrano Montero²

Resumen

Este estudio se realizó en la empresa MADERÍN-ECO S.A., la cual desea optimizar el proceso de aserrío de la especie *Gmelina arborea* (L.) Roxb. (melina) para la fabricación de lápices. Metodológicamente se evaluó la calidad de las trozas (A = superior y B = inferior) mediante el Sistema Brasileño de Clasificación. Se aserraron las trozas empleando dos patrones de corte. El patrón de corte 1 es utilizado normalmente por esta empresa en Costa Rica, y el patrón de corte 2 es utilizado en la fabricación de tablitas de pino para la elaboración de lápices en Brasil. En el aserrío, se hicieron paquetes de ripas (tiras de madera con dimensión de 76 x 5,3 x 1250 mm) y de éstas se prepararon tablitas que fueron divididas según el plano de corte radial y tangencial. Se determinó el factor de recuperación de la madera (rendimiento) en dos centros de maquinado (sierras multiláminas y sierras de cinta). Mediante el análisis estadístico, se determinó el efecto de la calidad de las trozas, patrones de corte y planos de corte (radial y tangencial) en el rendimiento de ripas y tablitas. Además, se determinaron las relaciones entre los patrones de corte y diámetro. De los resultados se concluyó que los factores en estudio no afectan el rendimiento en forma significativa, pero, debido a la gran cantidad de madera anual que se procesa en la fábrica y conociendo los rendimientos de madera radial (madera deseada), para ambos patrones de corte, se encontraron leves tendencias a aumentar la producción anual de madera aserrada con el patrón de corte 2.

Palabra claves: *Gmelina arborea*, Calidad de trozas, Patrón de corte, Planos de corte radial y tangencial, Rendimiento, Lápices, Costa Rica.

Abstract

Yield tests to obtain little boards from Melina (*Gmelina arborea* (L.) Roxb.). This study was conducted in the company MADERÍN ECO S.A., which it is concerned about optimizing the sawing process of the species *Gmelina arborea* (L.) Roxb. (melina). The methodology included grading of logs (A = high quality and B = low quality) using the Brazilian Log Grading Rules. Two sawing patterns were applied. The first sawing pattern is currently used by the factory in Costa Rica and the second one is presently utilized for sawing pine in Brazil. In the sawing process, a platform of ripas (thin strips) and tablitas (little boards) were separated by plane of cutting either radial or tangential. The Lumber Recovery Factor (LRF) was obtained in two machine centers (multilamina and band saws).

¹ MADERÍN-ECO S.A., ericka.gongora@faber-castell.com.br.

² Instituto Tecnológico de Costa Rica, jserrano@itcr.ac.cr.

The statistical analysis was used to determine possible effects of log quality, sawing pattern and plane of cutting (radial and tangential) in the yield of ripas and tablitas.

It was found that these factors did not affect significantly the LRF; however, due to the high annual volumes of raw material processed, and knowing the output of radial wood (desired wood) for two sawing patterns, it was found a slight tendency to obtain a greater LRF for the sawing pattern 2.

Key words: *Gmelina arborea*, Log quality, Sawing pattern, Plane of cutting radial and tangential, Yield, Pencils, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la conversión de madera rolliza a madera aserrada tiene porcentajes de rendimiento bajo, sobre todo en árboles provenientes de plantaciones. Es por ello que se busca innovar tecnológicamente, en infraestructura, en la organización del flujo productivo y en las interacciones plantación-aserrío, para mejorar las condiciones en el procesamiento de la madera para la fabricación de lápices.

Costa Rica busca insertarse en mercados de alta competencia, con productos que aporten importantes beneficios al sector forestal y a la economía nacional; por tanto, se desea aprovechar el recurso en su máximo potencial y producir material de alta calidad que cumpla con los requisitos de las certificaciones internacionales.

La empresa MADERÍN ECO S.A. (Costa Rica)³, en su afán de conseguir altos rendimientos en el proceso de aserrío con productos aceptados en el ámbito comercial internacional, desea experimentar con patrones de corte según la calidad de madera para reducir los porcentajes de residuos.

El objetivo general de este estudio fue: Determinar diferencias significativas en los factores relacionados con la calidad de las trozas, los patrones y planos de corte en el proceso de fabricación de tablitas para producción de lápices de melina (*Gmelina arborea* (L.) Roxb.). Se define como “tablita” a una regla delgada y cortada en verde con dimensiones de 74 x 5,3 x 185 mm, las cuales se obtienen en el proceso de despuntado, saneado y dimensionado (largo) en las sierras de cinta.

REVISIÓN DE LITERATURA

Desde los primeros tiempos hasta el presente, los lápices tradicionales y los lápices de colores se han mejorado continuamente en su calidad y también en los procesos de producción. Aunque la forma y el aspecto de los lápices se han mantenido hasta nuestros días, no es posible comparar los lápices anteriores con la pureza y la fiabilidad de los productos actuales. FABER-CASTELL® es todavía en la actualidad, el fabricante de lápices más importante del mundo, con más de 1800 millones de lápices de madera producidos anualmente (Faber Castell, 2006).

³ Ubicada en el Distrito Corredor, Cantón de Corredores, Ciudad Neily, Provincia de Puntarenas, Costa Rica.

La empresa MADERÍN ECO S.A., fabricante y exportador de lápices perteneciente al grupo FABER-CASTELL®, reporta los siguientes rendimientos en el proceso de aserrío de melina en Costa Rica, para la producción de ripas y posterior elaboración de lápices (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentajes de rendimiento en aserrío en la empresa MADERÍN ECO S.A.

Producto	Rango de rendimiento (%)	
Corteza	10,43	13,17
Aserrín	34,33	35,96
Astillas	13,37	16,37
Aprovechado (rendimiento)	38,10	44,10
Espesor de sierra (mm)	2,40	2,60

Fuente: Biason, 2002.

La madera de melina es de color amarillento grisáceo o blanco-rosáceo. La diferenciación entre la albura y el duramen no es marcada. El grano de la madera es recto en la mayoría de los casos, pero no se exceptúan individuos con grano moderadamente entrecruzado y a veces velloso (“mechudo”). Los anillos de crecimiento no están bien delimitados, pero es posible observarlos en árboles con diámetros mayores, debido a la concentración de poros en los límites de esas secciones. Los radios son visibles a simple vista y se pueden encontrar uniseriados y multiseriados (Murillo y Valerio, 1991).

La madera formada en las primeras etapas del desarrollo de un árbol se conoce como madera juvenil y está relacionada a los anillos de crecimiento más cercanos a la médula. Sin importar la altura del árbol, esta porción contiene madera de menor resistencia mecánica y peso específico, mayor contracción longitudinal, el ángulo de las microfibrillas es mayor que el promedio y la longitud de las células es menor que el promedio (Senft *et al*, 1985). En árboles plantados, la madera juvenil está relacionada con rápidos crecimientos cerca de la médula (Alfaro, 1992). La calidad de esta madera es usualmente menor que la de madera adulta, cuando la madera se obtiene de árboles viejos, la proporción de madera juvenil es baja (Araya, 2001). Según Moya (2000) el ancho de los anillos de crecimiento aumenta con los raleos o aclareos y se mantiene por un período de tiempo determinado, dependiendo de la intensidad aplicada, e incluso, se mantiene por muchos años en algunas especies. Debido a esta situación la cantidad de madera adulta aumenta, dando como resultado un incremento en la madera de este tipo. La madera juvenil presenta mayor tendencia a presentar grano en espiral que la madera adulta, además posee un ángulo de inclinación de las microfibrillas en la capa S2 mayor a esta última, típico de la madera de reacción de zonas juveniles, y cuanto mayor sea esta inclinación mayor es la contracción longitudinal, es menor el valor de contracción transversal y disminuye la resistencia a la tensión (Córdoba y Serrano, 2002). En melina, este tipo de madera se presenta hasta los tres o cuatro años, para luego estabilizarse como madera adulta a los cinco o seis años (Murillo y Valerio, 1991).

La melina posee una madera relativamente fácil de aserrar, presenta buena trabajabilidad y en general, produce una superficie lisa de buen acabado. Sin embargo, la presencia de nudos y de granos entrecruzados dificultan esas labores (Murillo y Valerio, 1991).

Existen defectos tales como torceduras y rajaduras que pueden presentarse según el corte efectuado en la troza; por ejemplo, en madera aserrada verde de trozas de diámetros menores, la arqueadura se presenta principalmente en corte tangencial o plano, mientras que la encorvadura se encuentra en piezas de corte radial o cuarteado. En zonas de transición de ambos cortes, se pueden presentar los dos tipos de torceduras (Cassens y Serrano, 2004). Alfaro (1992), afirma que la melina presenta alta manifestación de tensiones de crecimiento por poseer madera de

reacción, al aplicar cortes opuestos se reducen dichas manifestaciones de tensiones, así como las distorsiones en la madera aserrada con trozas de 2,5 m de largo; por tanto, al momento del aserrío se da la aparición de defectos internos, tales como nudos vivos y muertos. De acuerdo con Serrano (1989, 1993), el rendimiento en productos aserrados de madera de diámetros pequeños, o sea, aquellos que oscilan entre 15 y 40 cm, es relativamente bajo (25-50%). La calidad de las trozas incide notoriamente en los resultados de producción y rendimiento. Según la Norma Brasileña para Medición y Clasificación de Trozas (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1983), las trozas pueden ser clasificadas de acuerdo a su forma en general, así como por los defectos visibles y anomalías en su superficie. De acuerdo con Alfaro (1999), el 50% de las trozas de melina producidas en plantaciones de pequeña y mediana escala fueron de regular a mala calidad. Al mismo tiempo, en maderas de rápido crecimiento y sobre todo en trozas provenientes de raleos, la calidad de las mismas disminuye, se ven incrementados los defectos como la conicidad, torcedura, curvatura, nudosidad y otros; obviamente, esto impide el procesamiento de trozas de gran longitud (Alfaro, 1992). Para disminuir las repercusiones de los defectos citados, se recomienda el procesamiento de trozas de 2,5 m de longitud o menores (Serrano, 1993).

La madera de melina es fácil de desenrollar, por lo que industrialmente se utiliza para plywood y “paletas”, las cuales permanecen planas y lisas posterior al proceso de secado, lo que facilita encolar con sustancias adhesivas. Uno de los problemas que se han encontrado en el momento de producir contrachapados, es la baja calidad por rectitud y forma del fuste (Murillo y Valerio, 1991).

La melina requiere de un secado lento, por lo que si se acondiciona el programa de secado, puede no presentar problemas por rajaduras o reventaduras durante el proceso. Además, piezas desde 1,25 cm a 2,54 cm tienden a rajarse por el centro si no se secan correctamente. Por ejemplo, para piezas de hasta 3,8 cm de grosor, es recomendable una temperatura inicial de 71°C, especialmente con el propósito de potenciar productos que requieren estabilidad dimensional. Algunas piezas con dimensiones de 1,60 cm a 2,54 cm pueden durar de 70 a 105 días para secarse al aire libre (Murillo y Valerio, 1991).

Entre los usos más importantes de esta especie están muebles, instrumentos musicales, carpintería, ebanistería, paneles, cajonería en general, tallado, palillos de fósforos, en exteriores, pulpa blanqueada como no blanqueada (producción de papel), chapas y láminas contrachapadas, leña y otros (Murillo y Valerio, 1991).

METODOLOGÍA

Las trozas utilizadas para la realización de este estudio fueron obtenidas de la empresa MADERÍN ECO S.A. (Faber Castell®), las cuales provienen de plantaciones de melina manejadas por la empresa reforestadora Ston Forestal. Ambas empresas se encuentran ubicadas en la región del Pacífico Sur de Costa Rica.

En la empresa MADERÍN ECO S.A., el Departamento de Lápiz y Aserrío se rige por los estándares de la SCS (Scientific Certification Systems, 2006) para la certificación, según el Consejo de Manejo Forestal (Forest Stewardship Council, 2006, FSC por sus siglas en inglés).

Para poder establecer los criterios de calidad de las trozas, inicialmente se realizó la medición de treinta y dos trozas seleccionadas como muestra en la clasificación por calidades (Calidad A y Calidad B). La selección de la muestra se realizó en forma aleatoria, según la ubicación en el patio de la fábrica utilizando números al azar.

El sistema empleado para clasificar las trozas se basó en la Norma Brasileña para Medición y Clasificación (IBDF, 1983).

La clasificación de las trozas se normalizó mediante la siguiente expresión matemática:

$$\{ [(A + Ex M) / 2] + [(C + Cu) * 2] / 2 \} / 2 \} / 10$$

Esta ecuación se diseñó para evaluar el efecto producido por las variables consideradas: Achatadura (A), Excentricidad de médula (ExM), Conicidad (C) y Curvatura (Cu) y así poder realizar comparaciones entre ellas. El coeficiente promedio obtenido fue igual a 3,4; por lo tanto, si la expresión es menor o igual a 3,4 pertenece a la Calidad A y si es mayor a 3,4 la troza corresponde a Calidad B.

Posterior a la definición de los límites de las variables, se agrupó un total de ciento veinte trozas en Calidad A y cuarenta trozas en Calidad B. La diferencia en el número de trozas refleja las calidades de la muestra, según la distribución en el patio de trozas. Para este estudio no se consideró la división de las trozas por categoría diamétrica, debido al interés de la empresa de aserrar cualquier dimensión de troza que ingrese a la fábrica.

El siguiente paso fue dividir aleatoriamente la materia prima en dos patrones de corte (Corte 1 y Corte 2). Así se obtuvieron cuatro grupos de trozas:

- Grupo 1: Calidad A, Patrón de Corte 1 (60 trozas)
- Grupo 2: Calidad A, Patrón de Corte 2 (60 trozas)
- Grupo 3: Calidad B, Patrón de Corte 1 (20 trozas)
- Grupo 4: Calidad B, Patrón de Corte 2 (20 trozas)

Cada grupo contó con sus respectivas réplicas⁴ con el fin de validar estadísticamente la población de trozas.

El patrón actual que utiliza la empresa para procesar la madera se divide en dos tipos dependiendo de los diámetros de las trozas que se procesan, es así como el patrón de corte A1 se utiliza para diámetros mayores a 24 cm y el patrón de corte B1 para diámetros menores a 24 cm (Figura 1). El patrón de corte 2 fue considerado debido a que la Faber Castell® de Brasil, utiliza este patrón de corte con pino, con el cual han obtenido buenos resultados.

Con el patrón de corte 1 se obtuvieron bloques centrales de 76 mm de espesor, luego se obtuvo piezas conocidas como ripas (equivalente al largo de la troza), 74 mm de ancho aproximadamente y 5,3 mm de espesor. Luego se obtuvieron tablitas con tamaño equivalente a 4 y 5 lápices. Con el patrón de corte 2 se obtuvieron bloques centrales de 41 mm de espesor. Las ripas y tablitas presentan las mismas dimensiones anteriormente descritas para el patrón de corte actual.

⁴ Grupo 1 y 2 contaron con 6 réplicas de 10 trozas cada uno, Grupos 3 y 4 contaron con 2 réplicas de 10 trozas cada uno.

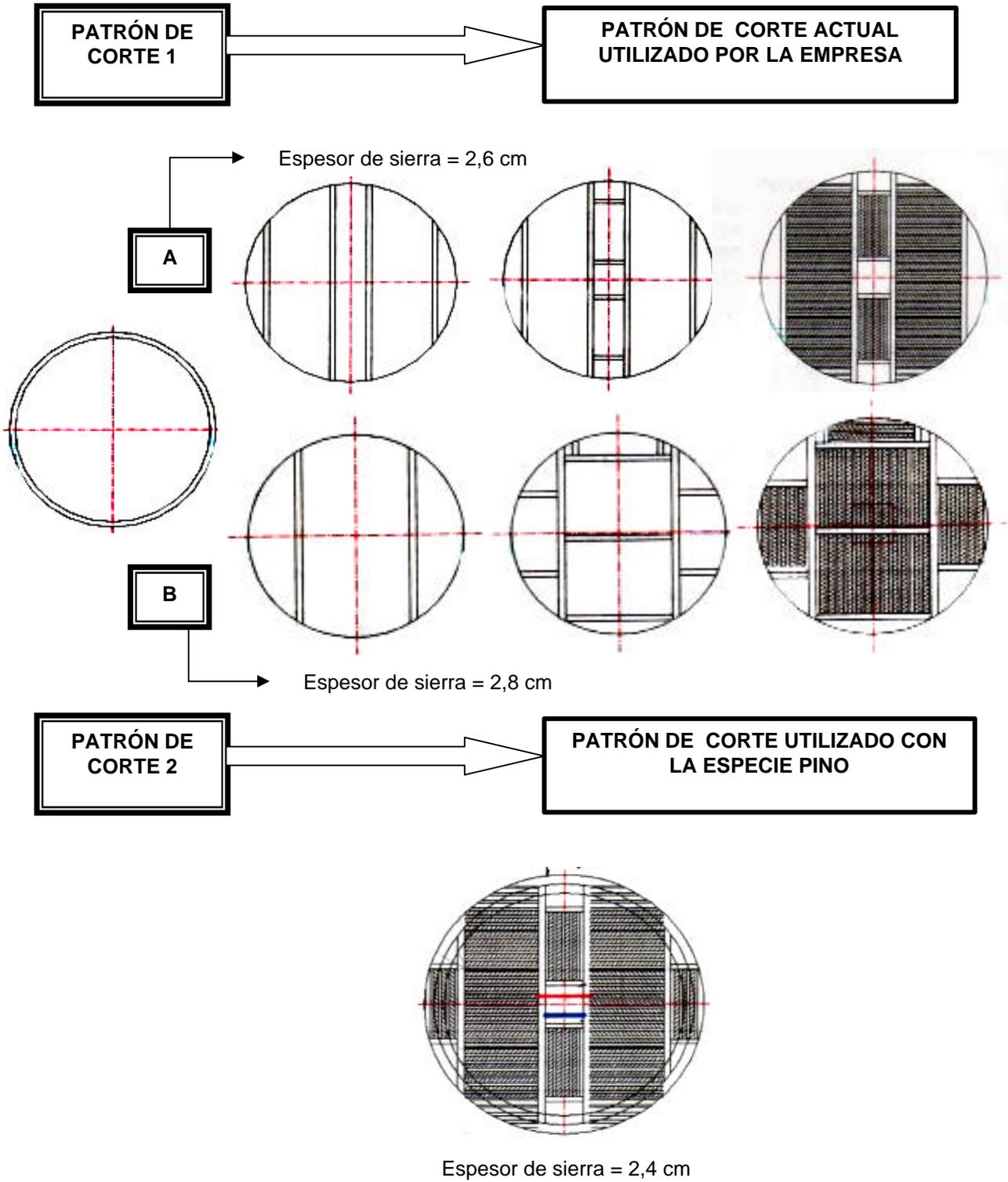


Figura 1. Patrones de corte en estudio. MADERÍN ECO S.A. Puntarenas, Costa Rica. 2002.

Para el proceso de aserrío se utilizaron una sierra circular múltiple de reducción, conocida como S1, que cuenta con 12 sierras; seguidamente se pasan a la sierra reaserradora, conocida como KP1, con 4 sierras circulares y posteriormente a las sierras múltiples reaserradoras, conocidas como multiláminas, con 10 sierras circulares cada unidad; finalmente de las tiras largas (ripas) se obtienen tablitas en las sierras de cinta.

La materia prima aserrada se dividió según el corte efectuado, corte radial o corte tangencial, tanto para ripas como para tablitas.

El rendimiento volumétrico permite obtener el factor de recuperación de la madera (FRM), que se define como la relación existente entre el volumen de la madera aserrada o elaborada y el volumen de la madera en troza utilizada para la producción.

$$FRM = \frac{\text{dm}^3 \text{ madera aserrada}}{\text{dm}^3 \text{ de madera en troza}} \times 100$$

Para el volumen de la troza se consideró el diámetro promedio según las mediciones de diámetro menor y mayor en cada extremo. Este volumen se calculó mediante la siguiente expresión:

$$V \text{ (m}^3\text{)} = 0,7854 * dp^2 * L$$

Donde: V: volumen real de troza en metros cúbicos.
 dp: diámetro promedio en metros.
 L: es el largo de la troza en metros.

Se realizó un análisis para la variable diámetro mediante estadísticas descriptivas, con el fin de conocer el comportamiento de esta variable según los patrones de corte (1 y 2).

Además, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) donde la variable de respuesta fue el rendimiento y las variables independientes fueron la calidad de las trozas, el patrón de corte y los planos de corte.

El modelo factorial consistió en 2 calidades de troza * 2 patrones de corte * 2 planos de corte y las interacciones entre estos.

El factor de recuperación de la madera a considerar en este estudio, involucra los centros de maquinado multiláminas y sierras de cinta, que corresponde a los productos finales de ripas y de tablitas, para las cuales se toma en consideración el volumen en troza.

Detalles adicionales sobre los materiales y métodos pueden ser consultados en Góngora (2002).

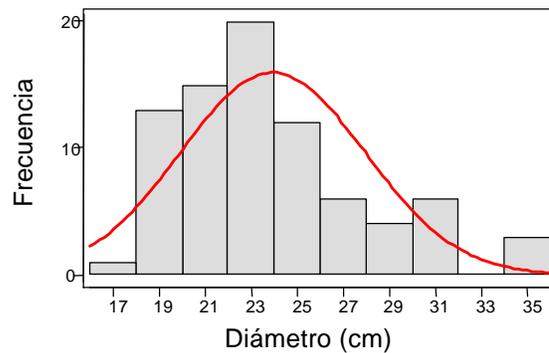
RESULTADOS

Al definir los límites de cada defecto en las trozas, se obtuvo un coeficiente aplicado a las cuatro variables para la definición de los límites de calidad de cada clase, donde se obtiene una calidad de troza A (superior) y una calidad B (inferior). La clasificación se efectuó siguiendo el criterio que se muestra en el Cuadro 2.

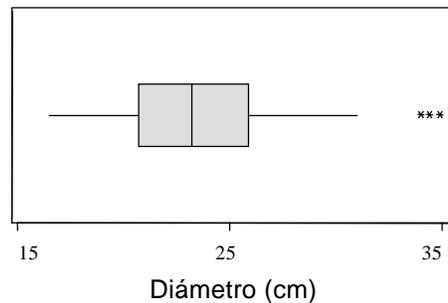
Cuadro 2. Límites de los defectos para la clasificación de las trozas. MADERÍN ECO S.A. Puntarenas, Costa Rica. 2002.

Defecto	Calidad (%)	
	A	B
Achatamiento	= 98,0 %	< 98,0 %
Conicidad	= 1,2 %	> 1,2 %
Curvatura	= 2,3%	> 2,3%
Excentricidad de la médula	= 16,45%	> 16,45%

Las Figuras 2 y 3 muestran la distribución de los diámetros de la muestra del estudio, considerando los valores mínimos y máximos para las 160 trozas.

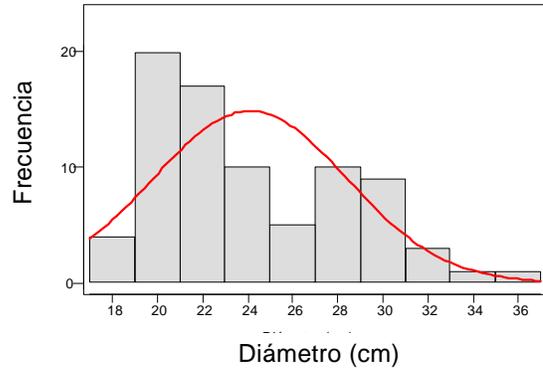


Cajón-bigotes para diámetro (cm). Patrón de Corte 1

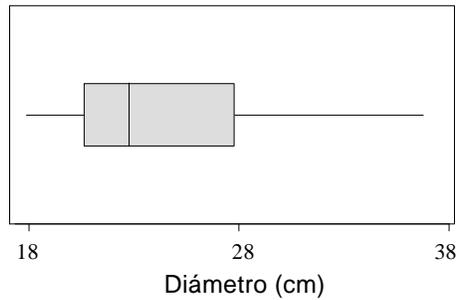


Fuente: Minitab, 1996

Figura 2. Histograma y diagrama caja y sesgo para la relación diámetro y patrón de corte 1. MADERÍN ECO S.A. Puntarenas, Costa Rica. 2002.



Cajón - bigotes para Diámetro (cm) Patrón de Corte 2



Fuente: Minitab, 1996

Figura 3. Histograma y diagrama caja y sesgo para la relación diámetro y patrón de **corte 2**. MADERÍN ECO S.A. Puntarenas, Costa Rica. 2002.

La Figura 4 considera los promedios de los datos de rendimiento según la calidad de la troza y el patrón de corte utilizado en el procesamiento de la madera elaborada.

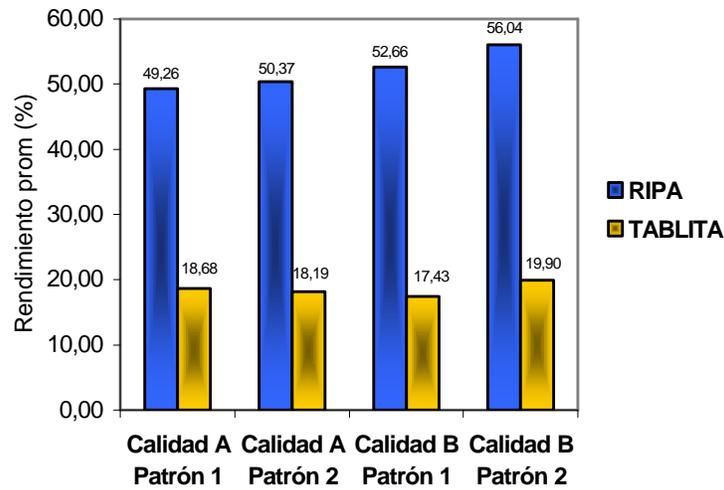


Figura 4. Promedios de rendimiento para los cuatro grupos trabajados en la empresa MADERÍN ECO S.A. Puntarenas, Costa Rica. 2002.

El rendimiento por plano de corte presentó diferencias significativas, o sea que la cantidad de madera radial (lo deseado) fue significativamente superior que la madera tangencial, esto tanto para la producción de ripas como de tablitas ($p = 0,000$). En las figuras 5 y 6 se muestra la interacción del patrón de corte y la posición o plano de corte (radial o tangencial) donde se observa un pequeño incremento del rendimiento (tendencia promedio) para el patrón de corte 2 en corte radial (material deseado), con respecto al patrón de corte 1, que a la vez, reduce el material tangencial a obtener para ripa y tablita.

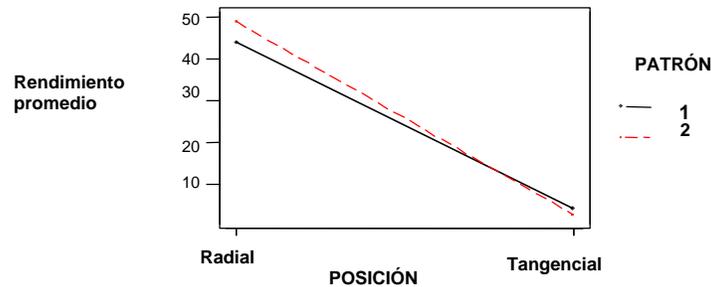


Figura 5. Interacción del rendimiento entre el patrón de corte y la posición en el plano de corte en la obtención de ripas. MADERÍN ECO S.A. Puntarenas, Costa Rica. 2002.

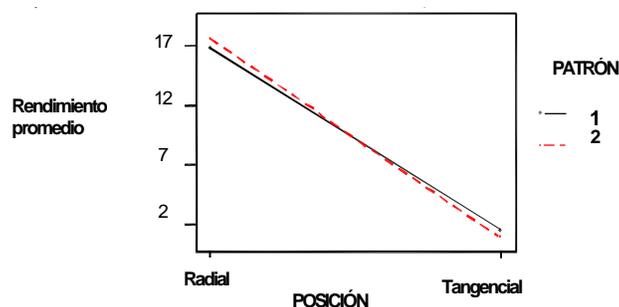


Figura 6. Interacción del rendimiento entre el patrón de corte y la posición de radial y tangencial en la obtención de tablitas. MADERÍN ECO S.A. Puntarenas, Costa Rica. 2002.

El Cuadro 3 muestra la productividad obtenida para los dos patrones de corte evaluados, donde se obtendría una diferencia de 512,43 m³ anuales en tablita. Esto podría significar un ingreso adicional de \$409 942,4 m³/año al considerar una venta de \$800/m³ por exportación de tablitas.

Cuadro 3. Producción de tablitas de *Gmelina arborea* con corte radial según promedios de rendimiento. MADERÍN ECO S.A. Puntarenas, Costa Rica. 2002.

	Rendimiento	Consumo	Producción (m ³ /año)
Patrón 1	0,165678	28 000	4 638,984
Patrón 2	0,183979	28 000	5 151,412
Diferencia	0,018301		512,428

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Figura 2 se observa un comportamiento del patrón de corte 1, tendiente a agrupar los diámetros de la media hacia diámetros mayores pero con bajas frecuencias. En cambio, la Figura 3, presenta las características de los diámetros para el patrón de corte 2, donde se muestra una situación similar, pero con fluctuaciones menos severas en las categorías diamétricas. Para el patrón de corte 1, el 25% de los diámetros se ubican por debajo de los 20,72 cm, mientras que el 75% de los diámetros se encuentran arriba de los 25,90 cm. Para el patrón de corte 2, el primer cuartil reporta 20,62 cm, mientras que el tercer cuartil reporta un diámetro de 27,77 cm de diámetro.

La Figura 3 permite visualizar los rendimientos para la materia final de aserrío en los cuatro grupos trabajados. Las trozas con calidad B y patrón de corte 2, son las que reportan el promedio más alto tanto para ripa como para tablita, en comparación a los demás grupos conformados según la calidad y el patrón. Con este resultado, el patrón de corte 2 podría acondicionar mejor las trozas con características de forma de baja calidad o menos deseable, lo que pareciera transformarse en una leve tendencia para lograr un mayor provecho de la madera y para aumentar los rendimientos, y al basarse el estudio mayoritariamente en trozas de calidad A (120 trozas en total), permite garantizar un provecho mayor al aplicar dicho patrón de corte.

El paso de troza a ripa no muestra valores que dependan de una calidad o patrón, es en el transcurso de la madera por las sierras reaserradoras multilaminas y las sierras de cinta, donde se deben controlar los rendimientos basados en la calidad. Sin embargo, los fines de producción de la empresa causan altos porcentajes de residuos, debido a la alta calidad del producto que exige el mercado. Según lo dicho por Brown y Bethel (1981) en la elaboración del producto, se consideran de importancia las características de calidad como el espesor, el ancho, longitud y contenido de humedad, entre otras, las cuales se controlan de manera exigente en la empresa y que se requieren en el mercado certificado.

Según las Figuras 5 y 6, al derivar un semibloque central de menor dimensión (patrón 2 de 41 mm de espesor) en comparación con el patrón 1 con 76 mm de espesor, se produce un mayor número de ripas al efectuarse el corte, pues la diferencia en dimensión de ese semibloque es de 35 mm, lo que permite aprovechar mayor cantidad de madera de los costados de la troza, para obtener madera de corte radial del producto ripa. Boyd (1950) y Spannagel (1975) exponen que los cortes múltiples simultáneos y la obtención de “tablitas estrechas” que se derivan de estos patrones, producen mayor volumen del producto en secciones de la troza, tales como costillas.

A pesar de la no significancia entre los factores y sus respectivas interacciones, y al observar la gráfica de la interacción entre patrón de corte y posición (plano de corte radial o tangencial), se logra ver que el patrón de corte 2 manifiesta una leve tendencia (no significativa estadísticamente, $p = 0,542$), en el rendimiento para las tablitas radiales en comparación con el patrón de corte 2 (Figura 6).

Al ser el patrón de corte 2 tendiente a eliminar la médula, provoca una disminución de producto con madera juvenil y por lo tanto provoca un aumento en la calidad de la madera restante.

Otro aspecto que influye en estos resultados es el tamaño de las piezas elaboradas, pues según Valenciano (1997), trabajar piezas pequeñas con longitudes menores evita bajos rendimientos por defectos, y al trabajar aquí con ripas y tablitas de un grosor relativamente pequeño, no se reportan resultados significativos en las diferentes calidades de trozas aserradas en el proceso, con cualquiera de los dos patrones de corte.

Murillo (1994) indica la probabilidad de disminuir el efecto de las características de las trozas cuando el largo es de aproximadamente 2,5 m o menos, donde las dimensiones de las trozas influyen en la determinación de los porcentajes de defectos, es decir, en la calidad de las trozas. Es una explicación que apoya los resultados no significativos para las trozas en relación con el análisis de los factores, pues las trozas que ingresan a MADERÍN ECO S.A. tienen longitudes de 2,4 y 1,2 m.

De los promedios para rendimiento según las interacciones, se podrían derivar relaciones económicas importantes (Cuadro 2), pues aún cuando las diferencias no son significativas estadísticamente, por la escala de producción de la empresa y los volúmenes diarios que se procesan en el aserrío, son de gran significado al considerar el volumen entregado en troza a MADERÍN ECO de 28 000 m³/año por parte de Ston Forestal, o los 150 m³ diarios que en promedio se procesan en el aserrío en 16 horas de labor (Biaison, 2002).

Debe aclararse que aún cuando la cantidad de trozas difiere para ambas calidades, el programa estadístico (modelo lineal general con ajuste para diferentes unidades experimentales por tratamiento) realiza las relaciones proporcionales para derivar datos válidos estadísticamente.

Estas proyecciones en los valores de producción anual, se logran solamente cuando se consideran aspectos tales como la infraestructura adecuada, el volumen, una idónea capacidad de planta,

recursos humanos y capital disponible, ya que el volumen producido de madera aserrada es el que determina el resultado económico del trabajo, según Serrano (1993). Para permitir un adecuado ambiente al procesar los 28 000 m³ anuales que rige la demanda, se debe aprovechar al máximo el producto proveniente de las plantaciones y disminuir el volumen de residuos que causan una disminución en la productividad de la empresa.

No debe dejarse de lado la influencia del mejoramiento constante de las prácticas silviculturales y el manejo de las plantaciones, aún cuando en esta fábrica no se contemplan estos aspectos en el tipo de contrato existente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al relacionar los factores de calidad de trozas, patrones de corte y posición (radial o tangencial), no existen diferencias significativas que ameriten establecer prioridades para una clasificación de la materia prima en el patio de trozas de la empresa.

La interacción (no significativa) entre patrón de corte y posición (pieza radial o tangencial) es la que muestra una leve tendencia a producir efectos en el rendimiento al aumentar el promedio de éste, para el patrón de corte 2 en madera de corte radial, tanto para ripa como para tablita.

Aun cuando estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los factores, considerando un consumo de materia prima igual a 28 000 m³/año, y un mayor rendimiento (1,83% en promedio para el patrón de corte 2 con respecto al patrón de corte 1), para la madera radial con un valor de venta de \$800/m³, los ingresos por exportación podrían aumentar en un valor estimado de \$409 942,4 m³/año.

Se recomienda una supervisión del personal en el momento de seleccionar las tablitas en las sierras de cinta, pues se observó una diferencia entre jornadas que puede influir en la producción diaria de tablitas, y por ende, en los resultados del presente estudio. También se recomienda una selección estricta de ripas tangenciales y radiales, ya que se pudo comprobar que las ripas tangenciales que se desechan, llevan consigo ripas radiales, que aún conociendo lo difícil de decidir al encontrar una combinación de ambos cortes en una pieza, factor que no deja de ser importante para optimizar la selección.

Se recomienda finalmente realizar un cambio de patrón de corte en un periodo de prueba, pues al ser una muestra de estudio relativamente pequeña, sería importante verificar algunas tendencias con valores reales de la producción diaria en aserrío.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, J. 1992. Estudio tecnológico para determinar posibilidades de uso industrial en madera de raleo de *Gmelina arborea*. Práctica de Especialidad. Cartago CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería en Maderas. 127 p.
- Alfaro, M. 1999. Producción forestal en Costa Rica: Perspectivas y limitaciones. In XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, (1999, San José, CR). Memoria. San José, CR: Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica. Vol. 3. p. 467-470.
- Araya, L. 2001. Efectos del manejo forestal sobre el duramen, corteza y médula de *Gmelina arborea* plantada en la Zona Norte y el Pacífico Seco de Costa Rica. Práctica de Especialidad. Cartago CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería en Maderas. 72p.

- Boyd, JD. 1950. Tree growth stresses. The origin of growth stresses. *Australian J. Sci. Res. B. (Biological Sciences)* 3(3):294-309.
- Brown, N; Bethel, J. 1981. La industria maderera. Distrito Federal, MX. Editorial LIMUSA. p. 283-304.
- Cassens, D; Serrano, R. 2004. Growth stress in hardwood timber. *In* 14th Central Hardwood Forest Conference, (2004, Wooster, OH, US). Proceedings. Wooster, OH, USDA, Forest Service, Northeastern Research Station. p. 106-115.
- Córdoba, R; Serrano, R. 2002. Material didáctico Curso: Algunos aspectos de tecnología de la madera. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. 66 p.
- Faber Castell. 2002. The company facts & figures. (en línea). Consultado 10 mayo 2006. Disponible en http://www.faber-castell.de/docs/index_ebene3.asp?id=17199&domid=1010&sp=E&addlastid=&m1=10329&m2=17138&m3=17179&m4=17199
- Forest Stewardship Council. 2006. About FSC. (en línea). Consultado 10 mayo 2006. Disponible en <http://www.fsc.org/en/about>.
- Góngora, E. 2002. Pruebas de rendimiento para obtener tablitas de melina (*Gmelina arborea* (Roxb.)) Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. 116p.
- IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal). 1983. Norma para classificação de madeira serrada de folhosas. Brasília, BR, Ministerio de Agricultura. Laboratorio de Productos Florestais. 67 p.
- Minitab. 1996. User's guide. Pennsylvania, State Collage, US. 260 p.
- Moya, R. 2000. Efectos del manejo forestal sobre las características de la madera. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. Serie de Apoyo Académico N° 33: 120 p.
- Murillo, F. 1994. El efecto del rendimiento en el aserrío sobre la rentabilidad en trozas de *Gmelina arborea*, provenientes de una plantación de 6 años. Práctica de Especialidad. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. 123 p.
- Murillo, O; Valerio, J. 1991. Melina (*Gmelina arborea*) especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, CR, CATIE. Serie Técnica, Informe Técnico N°18: 169 p.
- Scientific Certification Systems. 2006. Forest Conservation Program. (en línea). Consultado. 10 mayo 2006. Disponible en <http://www.scscertified.com/forestry/>
- Senft, JF; Bendtsen BA; Galligan, WL. 1985. Weak wood. *Journal of Forestry* 83:476-485.
- Serrano, JR. 1989. Estudios de rendimientos de aserraderos. *Rev. Ing. en Maderas* 1(2):2-3.
- Serrano, JR. 1993. Tecnología para el aserrío de trozas de diámetros menores. *Revista Tecnología en Marcha* 12(1):89-98.
- Spannagel, F. 1975. Tratado de ebanistería. 3ª ed. Barcelona ES, Editorial Gustavo Gil. p. 14, 54-55.
- Valenciano, J. 1997. Evaluación de la calidad de plantaciones y rendimientos de aserrío. Finca Ganadera La Esperanza. Práctica de Especialidad. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. 99 p.
- Volni, B. 2002. Datos de producción y rendimientos obtenidos por la empresa Maderín Eco S.A. (Entrevista). Ciudad Neily, Puntarenas, CR. (E-mail: vbiason@faber-castell.com.br).