

**NOTA TÉCNICA**

**Aprovechamiento e industrialización de árboles de *Alnus acuminata* Kuntz de plantaciones de rápido crecimiento en Costa Rica**

Róger Moya Roque<sup>1</sup>  
Edwin Esquivel Segura<sup>2</sup>  
Erika Urueña Parada<sup>3</sup>

**Resumen**

La especie *Alnus acuminata* Kuntz es utilizada en Costa Rica en sistemas agroforestales y en plantaciones puras. La información sobre la operación de aprovechamiento y su comportamiento en el proceso de aserrío es muy limitada para árboles creciendo en estas condiciones. Con el objetivo de mostrar las características cualitativas y cuantitativas relacionadas al aprovechamiento e industrialización de árboles de *A. acuminata*, fue muestreada una plantación de ocho años de edad cerca del volcán Irazú en Costa Rica y posteriormente raleada a una intensidad de 40%. Se encontró que durante el aprovechamiento de los fustes (trozas), las herramientas de corte no presentaron problemas relacionados al desafilado y que la caída durante el corte es fácil de dirigir. La cantidad de ramas (3.3 ramas por metro lineal) y su diámetro no dificultaron las labores de desrame. La cantidad de trozas mayor a 2 cm de diámetro obtenidas por árbol varió entre 4 y 5 trozas y se obtuvieron 480 trozas por hectárea con una variación de diámetros de 13 a 30 cm. El 84% de los diámetros de las trozas se concentraron entre 13 y 20 cm. Durante el proceso de aserrío, los equipos y la tecnología existentes en Costa Rica permiten un buen desempeño de esta labor. En lo referente a la calidad de la madera, se encontró que las tablas presentaban algún grado de torceduras y nudos que no limitan su comercialización. Además se determinó que del volumen en pie existente en la plantación (234 m<sup>3</sup>/ha), el 57% corresponde a trozas para la industria de aserrío, y a su vez, solamente el 14% del volumen corresponde a madera aserrada comercializable.

**Palabras claves:** Calidad de madera, Productividad, Diámetros menores, Rendimiento, *Alnus acuminata*, Costa Rica.

**Abstract**

**Loggings and industrialization of *Alnus acuminata* Kuntz trees from fast-growth plantation in Costa Rica.** *Alnus acuminata* Kuntz is widely used in Costa Rica in agroforestry systems and plantation. Information about logging and behavior during sawmilling processes is limited for trees from fast-grown plantations. Samples of 8-years-old plantation trees from the Irazú volcano in Costa Rica were obtained, with the objective to show the qualitative and quantitative characteristics related to logging and industrialization for *A. acuminata* trees. Problems related to tool dulling, as well as trunk falling direction were not found during logging. The amount of branches (3.3 branches/linear meter) and their diameter were not a problem during debranching process. Yield produced 4-5 logs per tree. If 40% thinning intensity at 9 years old is

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Costa Rica. rmoya@itcr.ac.cr

<sup>2</sup>Universidad de Concepción, Chile. hddedwin@gmail.com

<sup>3</sup>Universidad de Tolima, Colombia. erikajohana18@hotmail.com

applied, 480 logs/hectare ranging from 13 to 30 cm. in diameter can be obtained. 84% percent of the logs are within 13-20 cm in diameter. No problems were detected with the Costa Rica's processing technology for small diameter logs. With respect to wood quality, little twists and some knots were found in all boards, which do not limit their commercialization. It was determined that 57% of the total tree volume was present as sawlogs (234 m<sup>3</sup>/ha) and only 14% of the total volume correspond to merchantable lumber.

**Key words:** Wood quality, Productivity, Small diameter logs, Lumber recovery, *Alnus acuminata*, Costa Rica.

## INTRODUCCIÓN

Luego de una alarmante tasa de deforestación, alcanzada a inicios de los años 80, en donde se llegó a cortar cerca del 75% de la cobertura forestal (Sader y Joyce, 1988), Costa Rica inició un proceso de reforestación con la finalidad de recuperar los sitios de aptitud forestal y de esta manera contar con una fuente de abastecimiento de madera en pocos años (Castro *et al*, 1998). Muchas fueron las especies utilizadas, desde especies exóticas (González, 1981), hasta nativas y entre ellas destaca la especie *Alnus acuminata* (jaúl), que es plantada en sitios con elevaciones superiores a los 1100 msnm (Murillo *et al*, 2001; Russo, 1990).

En los últimas dos décadas, en Costa Rica se utiliza cada vez más madera de plantaciones para abastecer el mercado (Barrantes, 2009), lo que ha hecho que las operaciones de aprovechamiento y aserrío hayan sufrido cambios importantes, especialmente entre 1990 y el año 2000. La causa de este ajuste se debe a que los árboles de plantaciones presentan diámetros por lo general inferiores a los 35 cm, mientras que aquellos provenientes de los bosques naturales se caracterizan por sus grandes diámetros.

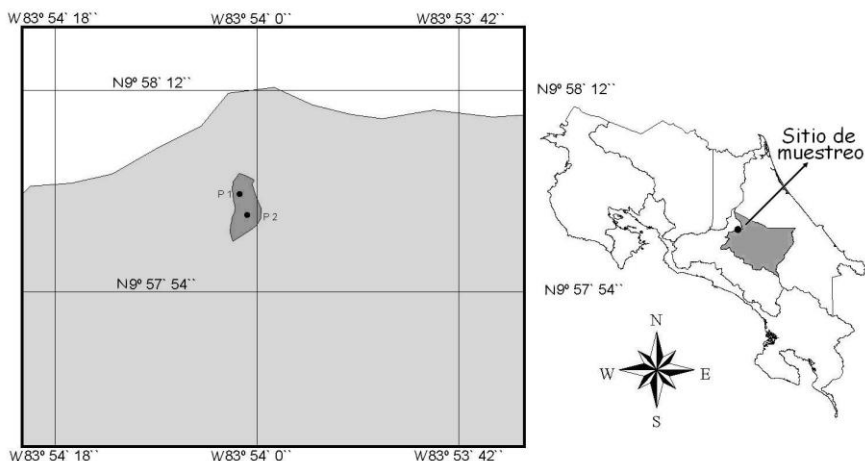
La operación de aprovechamiento, aunque parezca una operación sencilla de ejecutar, debe adaptarse a las condiciones del sitio, la edad o tamaño de los individuos, fisonomía de la especie y el método de extracción, entre otros (Dykstra y Heinrich, 1996). En este sentido, el aserrío de trozas con diámetros pequeños presenta condiciones diferentes al de trozas con grandes dimensiones (Moya, 2004). En países como Costa Rica, que cuenta con poca área dedicada a plantaciones forestales, se han desarrollado equipos y métodos para el aserrío adaptados a esta condición y que pueden ser aplicados a otras regiones o situaciones de similares características (Moya, 2004).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento de árboles de *Alnus acuminata*, creciendo en plantaciones de rápido crecimiento en sitios de alta pendiente, en las operaciones de aprovechamiento e industrialización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características del área de estudio y plantación

La plantación muestreada posee una extensión de 2 hectáreas y está ubicada en las inmediaciones del poblado de Padua, distrito de Tierra Blanca, provincia de Cartago, Costa Rica (coordenadas geográficas entre W 83°54'18" - W 83°53'42" y N 9°57'54" - N 9°58'12") (Figura 1). De acuerdo con Holdridge (1967), el sitio corresponde a la Zona de Vida Bosque Pluvial Montano, con precipitación anual entre 2200 y 4000 mm y temperaturas de 6 a 12°C en relación a la estación meteorológica de nombre Rancho Redondo (ubicación 09°58' latitud norte, 83°57' longitud este y a una altura de 1780 m).



**Figura 1.** Ubicación geográfica de la plantación de *Alnus acuminata* estudiada.

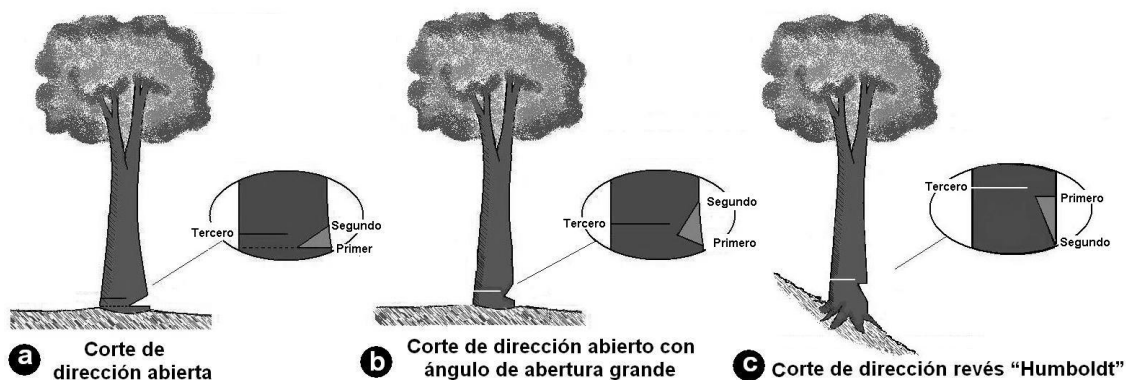
### Características de la plantación

El sitio donde se ubica la plantación presenta una topografía quebrada con pendientes que oscilan entre 60% y 70%. En su establecimiento, se utilizaron plantas de vivero producidas en bolsas, que se plantaron a un espaciamiento de 3 x 3 m (1100 árboles/hectárea). Durante el desarrollo de la plantación fueron aplicados dos raleos a los 3 y 6 años de edad, además de las limpiezas anuales de la vegetación arbustiva. En el momento del muestreo, la plantación tenía 8 años de edad, presentaba una densidad de 338 árboles por hectárea; un área basal de 19.0 m<sup>2</sup>/ha y un volumen comercial total de 234.32 m<sup>3</sup>/ha. El diámetro promedio se estimó en 26.7 cm y la altura promedio en 18.9 m. Se aplicó la metodología propuesta por Murillo y Badilla (2004) para obtener los parámetros anteriores.

### Aprovechamiento

Esta operación se aplicó en un área de aproximadamente 2000 m<sup>2</sup>, que se consideró representativa del resto del área (2 ha). La cantidad de árboles en esta área fue de 68, a los cuales se aplicó un raleo con intensidad del 40%, es decir, se cortaron 27 árboles y se dejaron 41 remanentes. En el corte de los árboles se utilizó una motosierra Husqvarna 55. Se evaluaron aspectos cualitativos de esta operación, tales como la corta, el troceo y el desrame (eliminación de las ramas). Se aplicaron tres tipos diferentes de corte: corte de dirección abierta, conocido como tradicional (Figura 2a), corte de dirección abierta con ángulo de abertura grande (Figura 2b) y corte de dirección revés "Humboldt" (Figura 2c). Además, se evaluó la facilidad de caída natural del árbol, la factibilidad de cambio de dirección de la caída natural, la facilidad de troceo y desrame y la susceptibilidad de quebraduras en el fuste por la caída.

Entre los aspectos cuantitativos del aprovechamiento, se estimó el volumen total y comercial presente en los árboles en pie utilizando la fórmula propuesta por Chávez y Fonseca (1995). Posteriormente, en cada uno de los árboles cortados, se cuantificó la cantidad de trozas comerciales extraídas, el volumen comercial obtenido en troza y el volumen de leña. Estos volúmenes de madera fueron expresados porcentualmente del volumen total de los árboles en pie. En Costa Rica se considera como leña aquellas trozas no industrializables cuyo diámetro es inferior a 12 cm (Moya, 2007), así como trozas con severas torceduras o bien ramas con diámetro mayor a 2.5 cm.



**Figura 2.** Diferentes tipos de cortes aplicados en la corta de los árboles de *Alnus acuminata* en plantaciones forestales.

### Aserrió

Las trozas de 2.5 m de largo fueron aserradas con el equipo utilizado comúnmente en Costa Rica para la industrialización de trozas provenientes de plantaciones forestales (Moya, 2004). Estos equipos consisten de una sierra circular doble para la obtención de un bloque central, una sierra circular múltiple para el reaserrío del bloque y una línea de reaserrío de costillas o costaneras compuesta nuevamente de una sierra doble y una reaserradora (Moya, 2000). El aserradero del Instituto Tecnológico de Costa Rica, donde fue aserrada la madera, cuenta con una velocidad de alimentación en las diferentes máquinas de 12 - 15 m/min. Las trozas fueron aserradas en diferentes espesores (1.25, 2.5, 3.75, 5.0, 6.25 y 7.5 cm) con anchos de 7.5 cm.

En esta operación fue evaluado el desempeño de las trozas ante la herramienta de corte. Se contempló la facilidad de corte y el embotamiento de las sierras por gomas o resinas en los dientes de las sierras. Posteriormente, fue evaluada la calidad visual de la madera aserrada que comprende la presencia o no de nudos. Además se cuantificó la presencia de torceduras en la madera aserrada por liberación de las tensiones de crecimiento que contempla los siguientes defectos: aladeo, encorvadura, acanaladura, arqueadura, grietas y rajaduras. Estos defectos fueron contados y expresados porcentualmente, mientras que para medir la magnitud se aplicó la metodología propuesta por Hallock y Malcolm (1972) y Milota (1996). Así mismo se evaluó el tipo de grano presente en la madera y se cuantificó el porcentaje de rendimiento que presentan las trozas, el cual representa el porcentaje de madera aserrada obtenida en relación al volumen de madera en troza (Moya, 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación cualitativa del aprovechamiento

El corte de los árboles de *A. acuminata* mostró que es posible realizar la aplicación de los tres tipos de cortes propuestos en las dimensiones y condiciones de la plantación muestreada. No obstante, el corte al revés o "Humboldt" (Figura 2c) demostró un mejor desempeño puesto que en la base del árbol se logró recuperar alrededor de 20 cm del fuste (mayor aprovechamiento), debido a que en este corte se siguió la inclinación del terreno. De acuerdo con el fabricante de la motosierra, el corte de dirección abierto (Figura 2a) es recomendado en sitios planos de poca inclinación, el corte de dirección abierto con ángulo de abertura más grande (Figura 2b) es utilizado en sitios planos a inclinados, mientras que el corte con dirección al revés o "Humboldt" (Figura 2c) es recomendado para árboles gruesos o en terrenos inclinados.

En cuanto al desempeño de la motosierra al corte, se observó que la madera obtenida no embotó la cadena con ningún tipo de resina y el filo de la misma se mantuvo dentro de los estándares indicados por el fabricante. El excelente desempeño de la motosierra al corte de estos árboles está fundamentado por el hecho de que el peso específico, o densidad básica promedio de los árboles muestreados fue de 0.343, considerada como madera de muy baja densidad acorde con la clasificación de la Asociación Anatomista de la Madera (IAWA

Comminute, 1989), que establece como maderas de baja densidad menor a  $450 \text{ kg/m}^3$  y por tanto de menor desgaste de las herramientas de corte.

Los árboles de *A. acuminata* muestreados y las dimensiones de los árboles encontradas no presenta problemas con la caída natural, o bien si se quiera modificar su caída natural para producir el menor impacto posible en sus vecinos o bien mantener las condiciones del sitio. Algunos operadores de motosierra consideran que la especie es susceptible a presentar quebraduras al momento de caer. No obstante, en ninguno de los árboles cortados se presentó este problema, debido probablemente a que el sitio estaba cubierto de maleza y no había rocas sobresaliendo de la superficie. No fue necesario el uso de accesorios de aprovechamiento tales como "ganchos o perros" para orientar o re-direccionar la caída. Cabe destacar que la copa de uno de los árboles cortados quedó prensada entre dos árboles, debido a que no se efectuó bien el corte, lo que no permitió dirigir la caída adecuadamente. La rectitud del fuste, la altura de inicio de la copa, a 13.5 metros en promedio, la poca cantidad de ramas (promedio de 20.8 ramas por árbol), la poca densidad de plantación (338 individuos/ha) y la fisonomía del fuste permiten dirigir fácilmente la caída del árbol por los operarios. La pendiente del terreno (entre 60 y 70%) causó incomodidad al operario en el momento de hacer algunos de los cortes, lo cual se espera que no afecte cuando los árboles a cortar se encuentran en sitios de mucho menor pendiente o en sitios planos.

La baja incidencia de ramas (promedio de 3.3 ramas/metro lineal en la copa) facilitó la operación de desrame, siendo más favorable en comparación con la de *Cupressus lusitanica*, especie también utilizada en la reforestación en Costa Rica en sitios sobre los 1500 msnm (Chaverri *et al.* 1999). La ausencia de tensiones de crecimiento facilitó también la operación de troceo.

Se utilizó únicamente fuerza humana en el transporte de las trozas al sitio de acopio. Las trozas de 2.5 m de largo y con diámetro de 20 cm en promedio (en la condición verde presentan una densidad de  $684 \text{ kg/m}^3$ ), poseen un peso de aproximadamente 53 kg/troza peso que dificultó el transporte de la troza por una sola persona hasta donde se ubicaba el sitio de carga. Otro aspecto que ayudó notablemente al acarreo de la troza al patio de acopio fue la pendiente del terreno, ya que las trozas fueron arrojadas a favor de la pendiente.

### **Evaluación cuantitativa del aprovechamiento**

Por árbol, se extrajo en promedio 3.5 trozas de 2.5 m de longitud (con variación de 2 a 6 trozas) con un diámetro mayor a 13 cm, el cual corresponde al mínimo comercializable en Costa Rica (Moya, 2004).

Respecto al volumen comercial real de los árboles muestreados, se cuantificó  $8.16 \text{ m}^3$  en troza. Al extrapolar los valores a una unidad individual por árbol o de superficie, se tiene lo detallado en el Cuadro 1. En el caso de la proyección por área, y considerando la aplicación de un raleo del 40% de la cantidad de árboles existentes, se tendría un volumen de leña susceptible de comercializar (Figura 3) de 5.784 metros estéreos (ms), lo cual significa que en promedio por árbol se tendrían 0.215 ms y en una hectárea se obtendrían aproximadamente 29.025 ms.



**Figura 3.** Leña con diámetro mayor a 2.5 cm obtenido del aprovechamiento de los árboles de *Alnus acuminata*.

**Cuadro 1.** Volumen de madera en troza en las diferentes etapas del aprovechamiento en una plantación de *Alnus acuminata* de ocho años de edad, Cartago, Costa Rica.

Tipo de volumen	Por árbol	Por hectárea	Porcentaje del volumen total en pie
Volumen comercial de los árboles a cortar calculado en pie (m <sup>3</sup> )	0.61	82.04	87.5
Volumen en troza (m <sup>3</sup> )	0.30	40.82	55.7
Volumen aserrado (m <sup>3</sup> )	0.09	13.60	14.5
Volumen estéreo de leña	0.22	29.03	21.8
Total en pie (m <sup>3</sup> )	0.69	93.73	100.0

En el área raleada se obtuvieron 96 trozas con un diámetro promedio de 19.3 cm, en un rango de 13. a 30.9 cm. La distribución diamétrica de las trozas mostró que el mayor porcentaje de trozas se ubican entre las categorías de 13 a 20 cm, y en menor proporción en la categoría de mayor diámetro (Cuadro 2). La proyección de la cantidad de trozas por hectárea obtenida del raleo se estima en 480 trozas con valor comercial.

Las trozas para aserrío presentaron una conicidad promedio de 0.73 cm por metro lineal (rango: 0.90 – 3.36 cm por metro lineal), un índice de achatamiento promedio de 2.74 (rango: 0.0 – 6.35), un promedio de 8.25 nudos por trozas de 2.5 m (rango: 3 - 21), que representa un promedio de 3.3 nudos/metro lineal (rango: 1.7 – 8.4). En los árboles con el mayor diámetro, las trozas provenientes de la parte baja evidenciaron la presencia de pocos nudos, producto del buen manejo aplicado a la plantación durante su crecimiento; en tanto que las trozas obtenidas de las partes más altas presentaron la mayor cantidad y/o frecuencia de nudos, producto de la no eliminación de las ramas en esa parte del árbol. Así mismo, se observó que un alto porcentaje de los nudos presentes

correspondían a nudos muertos, posiblemente debido a que en esta especie, las ramas tienden a caerse naturalmente (Dunn *et al*, 1990).

**Cuadro 2.** Diámetro de las trozas muestreadas y por hectárea en una plantación de *Alnus acuminata* de ocho años de edad, Cartago, Costa Rica.

Rango de diámetro (cm)	Trozas	
	Muestreadas (n)	Por hectárea (n/ha)
13 - 15	36	180
15 - 20	45	225
20 - 25	12	60
25 - 30	3	15
<b>Total</b>	<b>96</b>	<b>480</b>

## Evaluación del proceso de aserrío

### Desempeño en aserrío

Se puede considerar que el aserrío de las trozas de *A. acuminata* es de mediana dificultad, puesto que es frecuente que se produzcan entramientos (atascamientos) de las sierras de corte. La utilización de sierras múltiples radiales en procesamiento de trozas de plantaciones jóvenes se ve afectada por la presencia de grano vellosa ubicado cerca de las ramas, lo que produce una fricción entre la madera y el cuerpo de sierra. No obstante este problema se logró disminuir cuando el operario de la máquina disminuyó la velocidad de alimentación a 6 m/min.

### Calidad de la madera

Los defectos evaluados se presentan en el Cuadro 3. Durante el proceso de aserrío o desdoblado de trozas de *A. acuminata* se observó la ocurrencia de liberación de las tensiones de crecimiento, la cual se refleja en la presencia de torceduras en la madera aserrada. La arqueadura (Figura 4a) fue el problema de mayor incidencia en la madera aserrada, mientras que no se observó defectos de acanalado. La presencia de otros defectos como arqueadura y encorvadura en la madera aserrada oscilaron entre el 31 y 44%. Durante el crecimiento del árbol se producen fuerzas internas con el fin de contrarrestar las fuerzas externas que inciden en el árbol, tales como las producidas por el viento, que tienen como finalidad mantener la rectitud del fuste (Archer, 1986; Archer y Byrnes,

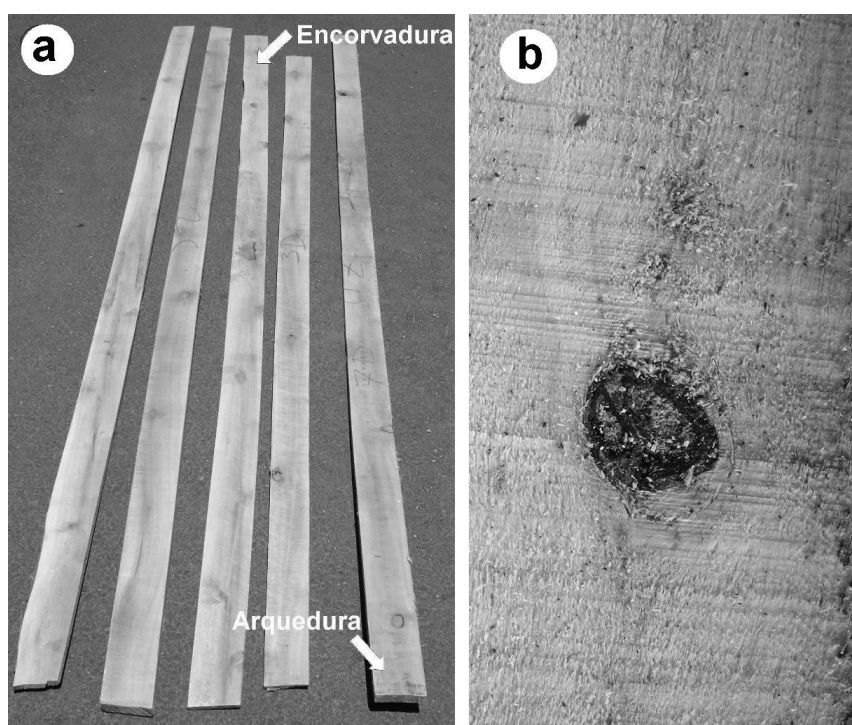
1974). Estas fuerzas son liberadas durante el proceso de aserrío y producen torceduras en la madera (Okuyama y Sasaki, 1979).

**Cuadro 3.** Defectos encontrados en la madera aserrada de *Alnus acuminata* de ocho años de edad, Cartago, Costa Rica.

Tipo de defecto	Tamaño promedio (cm)	Presencia en la madera aserrada (%)
Arqueadura	1.22	92.2
Rajaduras	11.14	44.0
Aladeo	0.80	43.8
Encorvadura	1.14	32.6
Grietas	4.53	31.2
Acanaladura	0.00	0.0

Por otra parte, se observó una alta incidencia de madera con grano vellosa, en especial aquella proveniente de las regiones próximas a las ramas (Figura 4b), dando como resultado una mala calidad de la madera aserrada. Así mismo, se observó que el 10% de las tablas producidas presentaban grano arrancado en las regiones alrededor de los nudos.

Para la eliminación de estos dos últimos problemas o defectos en la madera aserrada, se hace hincapié en la necesidad de aplicar debidamente las podas para evitar la formación de nudos y así disminuir las regiones con grano vellosa o con grano arrancado, logrando de esta manera aumentar la calidad de la madera, así como facilitar el proceso de aserrío.



**Figura 4.** Calidad de la madera aserrada (a) y presencia de encorvadura y arqueadura (a) y grano vellosa alrededor de los nudos (b) en *Alnus acuminata* de plantaciones de ocho años de edad.

#### Rendimiento de la madera

En el cuadro 4 se muestra el rendimiento promedio por clase diamétrica obtenido para las trozas procesadas. Se observa que el rendimiento aumentó con aumento del diámetro promedio de la categoría, como lo ha propuesto Steele (1984). Proyectando los valores obtenidos a la totalidad del volumen estimado en los árboles a ralear antes de la corta, se tiene que solamente el 14.5% es aprovechado en producto para el mercado de madera, siendo este valor bastante bajo.

**Cuadro 4.** Rendimientos obtenidos para *Alnus acuminata* de ocho años de edad, Cartago, Costa Rica.

Tipo de clasificación	Cantidad de trozas	Diámetro promedio (cm)	Rendimiento <sup>a</sup> (%)
10 - 15	36	13.67	30.3
15 - 25	45	17.14	33.3
20 - 25	12	22.30	37.3
25 - 30 <sup>b</sup>	3	-	-
<b>Promedio</b>		<b>17.70</b>	<b>33.3</b>

<sup>a</sup> Rendimiento fue calculado utilizando la fórmula: volumen de madera aserrada\*100/volumen en troza

<sup>b</sup> No fue considerado por poca cantidad de muestras.

Comparando los rendimientos comerciales obtenidos en el aserrío de las trozas con el rendimiento promedio nacional que alcanza un 46% para los aserraderos convencionales de Costa Rica con trozas superior a 30 cm de los bosques naturales (Barrantes y Salazar, 2006), se nota una disminución de aproximadamente el 13%. En México, con trozas de *Pinus* sp. con diámetros superiores a 25 cm de diámetro, se presentaron rendimientos superiores a 49% (Davalas y Hernández, 2000), cifra también superior a lo obtenido en el presente trabajo. Por lo general la madera de diámetros pequeños, y en especial aquellas provenientes de los primeros raleos, presenta bajos rendimientos (Abebe y Holm, 2003).



Steele (1984) en un detallado análisis sobre el efecto de las condiciones del aserradero y las características de las trozas sobre el rendimiento de árboles de rápido crecimiento anota que la disminución en el rendimiento de la madera es atribuida principalmente a la disminución en el diámetro de las trozas. También se ha señalado que bajos rendimientos de trozas producen un mayor porcentaje de productos secundarios del proceso de aserrío, tales como astillas para la producción de pulpa o producción de calor (Abebe y Holm, 2003). Sin embargo, en Costa Rica actualmente es muy limitada la cantidad de industrias que cuentan con procesos para los productos secundarios del aserrío (Moya, 2007).

Al comparar los resultados con otras especies tropicales en condiciones de rápido crecimiento se tiene que los rendimientos en *A. acuminata* es similar, e incluso en algunos casos superior, a los obtenidos en otras especies también plantadas en el trópico de Costa Rica. Por ejemplo en *Gmelina arborea* se encontró que el rendimiento fue de 39% (Quirós *et al*, 2005), de 33% en *Acacia magnium* (Quirós *et al*, 2005), *Terminalia amazonia* de 27-35% (Quirós *et al*, 2005; Moya, 2000), en *Bombacopsis quinatum* de 36% (Moya y Córdoba, 1995) y de 35.27% en *Vochysia guatemalensis* (Barquero y Rodríguez, 2002).

## CONCLUSIONES

El aprovechamiento de *Alnus acuminata* proveniente de plantaciones de rápido crecimiento es posible de realizar a nivel industrial, con el personal y equipos comúnmente utilizados en Costa Rica.

En el presente estudio se encontró un promedio de 3 a 4 trozas de 2.5 m de largo, por árbol aprovechado, dando como resultados una cantidad de 480 trozas por hectárea con un rango de diámetro que varía de 13 a 30 cm. Esta cantidad de madera representa alrededor de 55% del volumen de madera que se estimó en pie.

La cantidad de madera aserrada para el mercado representa solamente el 14.51% de la totalidad de madera presente en los árboles en pie y el restante 85.5% es dejado en los diferentes procesos de saneo del árbol, troceo y aserrío.

El rendimiento de la trozas fue de solamente 33.31%, aunque es considerado como bajo, este se encuentra dentro del rango de valores establecido para otras especies provenientes de plantaciones de rápido crecimiento utilizadas en la reforestación comercial de Costa Rica.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Ricardo Solano propietario de la plantación donde se realizó el muestreo y a todo el personal de la finca. A Nancy Guzmán Solano, por la elaboración de los esquemas de corte, a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica por el apoyo financiero brindado al Proyecto de Investigación "MADERHAS".

## BIBLIOGRAFÍA

- Abebe, T.; Holm, S. 2003. Estimation of wood residues from small-scale commercial selective logging and sawmilling in tropical rain forests of South-Western Ethiopia. *International Forestry Review*. 5(1):45-52.
- Archer, R. 1986. *Growth stresses and strains in trees*. New York, US, Springer-Verlag. 240 p.
- Archer, R; Byrnes, F. 1974. On the distribution of tree growth stresses Part I: an anisotropic plane strain theory. *Wood Science and Technology*. 8:184-196.
- Barquero, A; Rodríguez, D. 2002. Rendimiento del proceso de aserrío de chancho (*Vochysia guatemalensis*) de cuatro años de edad. En Memoria del Taller-Seminario de Especies Forestales

- Nativas. (4-5 de abril de 2002: Heredia Costa Rica). Instituto de Investigaciones y Servicios Forestales. Universidad Nacional de Costa Rica (Eds). Costa Rica. pp. 138-141.
- Barrantes, A. 2009. Usos y aportes de la madera en Costa Rica. Estadística 2008. San José, CR, Oficina Nacional Forestal. Ministerio de Energía y Minas (MINAET)-Gobierno de Costa Rica. 31 p.
- Barrantes, A; Salazar, G. 2006. Usos y aportes de la madera en Costa Rica. San José, CR, Oficina Nacional Forestal, Ministerio de Energía y Minas. 28 p. (Estadísticas 2005)
- Castro, R; Tatterbach, F; Arias, G. 1998. Costa Rica: hacia la sostenibilidad de sus recursos naturales. San José, CR, Fondo Nacional para el Financiamiento Forestal. 24 p.
- Chaverri, A; Zúñiga, E; Fuentes, A. 1999. Initial growth of *Quercus*, *Cornus*, *Alnus* and *Cupressus* in a mixed plantation in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 45(2):777-782.
- Chávez, E; Fonseca, W. 1995. Jaúl (*Alnus acuminata* spp *arguta* (Schlechtendal) Furlow), especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, CR, CATIE. Colección de guías silviculturales (Serie técnica; Informe técnico N° 248). 44 p.
- Davalas, D; Hernández, R. 2000. Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino. *Madera y Bosques*. 6(2):41-55.
- Dunn, WW; Morgan, P; Lynch, AM. 1990. Production of alder (*Alnus jorullensis*) to meet fuelwood demand in the Sierra of Ecuador. *Agroforestry Systems*. 10(3):199-211.
- Dykstra, D; Heinrich, R. 1996. Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO. Roma, IT, Servicio de Aprovechamiento y Transporte Forestales, Departamento de Montes de la FAO. 110 p.
- González, R. 1981. Plantaciones forestales a nivel experimental en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 44(1):99-109.
- Hallock, HY; Malcolm, FB. 1972. Sawing to reduce warp in plantation red pine studs. Madison, US, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. (Research paper FLP-164) 35 p.
- Holdridge, LR. 1967. Life Zone Ecology. San José, CR, Tropical Science Center. 70p.
- IAWA (International Association of Wood Anatomy, Nederland). 1989. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull*. 10:226-332.
- Milota, MR. 1996. Method of measurement of bow and crook. *Forest Products Journal*. 41(9):65-68.
- Moya, R. 2000. Comportamiento y rendimiento en aserrío de trozas de *Terminalia amazonia* de 6 años de edad provenientes de la zona sur de Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*. 29(1):14-19.
- Moya, R. 2004. Wood of *Gmelina arborea* in Costa Rica. *New Forest*. 28:299-307.
- Moya, R. 2007. Industrialización y comercialización de madera proveniente de plantaciones forestales en Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente*. 49:167-175
- Moya, R; Córdoba, R. 1995. Evaluación de aserrío y trabajabilidad de madera de pochote (*Bombacopsis quinatum* (Jacq.), Dugand) de 8 años de edad. *Revista Forestal Centroamericana*. 12(4):19-24.
- Murillo, O; Badilla, Y. 2004. Calidad y valoración de las plantaciones forestales. Cartago, CR, Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica. 51 p.
- Murillo, O; Obando, G; Badilla, Y; Sánchez, S. 2001. Perspectivas de reforestación en las zonas altas de Costa Rica. *Biocenosis*. 15(1-2):66-71.
- Okuyama, T; Sasaki, Y. 1979. Crooking during lumbering due to residual stresses in the tree. *Journal of the Japan wood Research Society*. 25(1):681-687.
- Quirós, R; Chinchilla, O; Gómez, M. 2005. Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales. *Agronomía Costarricense*. 7(2):7-15.

Russo, R. 1990. Evaluating *Alnus acuminata* as a component in agroforestry systems. *Agroforestry Systems*. 10(3):241-252

Sader, SA; Joyce, A. 1988. Deforestation rates and trees in Costa Rica, 1940 to 1983. *Biotropica*. 20(1):11-19.

Steele, P. 1984. Factors determining lumber recovery in sawmilling. Madison, US, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory (General Technical Report FPL-39) 8 p.