

Ensayos para evaluar la trabajabilidad de la madera de *Alnus nepalensis* D. Don

Tests to evaluate the workability of *Alnus nepalensis* D. Don wood

Jonathan Alexis Merino López¹, Luis Alfredo Yaguache Ordóñez¹, Manuel Guillermo Ruales Segarra²

¹Universidad Nacional de Loja.

²Técnico del centro de la madera de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Autor de correspondencia: Jonathan.a.amerino@unl.edu.ec

Recibido: 10/04/2023. Aceptado: 30/07/2023
Publicado el 20 de diciembre de 2023

Resumen

El estudio se realizó en el Centro de la Madera de la Universidad Nacional de Loja con el objetivo de evaluar la trabajabilidad de la madera de *Alnus nepalensis* D. Don (aliso) mediante ensayos de cepillado, lijado, taladrado y torneado, de acuerdo a lo establecido en las normas ASTM-D 1999.87 (ASTM, 1999). Las probetas para los ensayos se sometieron a dos condiciones de secado, un programa de secado al aire libre y otro en condiciones controladas en un secador solar. Las probetas fueron secadas durante 90 días y los resultados mostraron que el contenido de humedad es significativamente diferente entre los dos programas de secado, resultando de 7.85 % para las probetas del secador solar y 14.12 % para las probetas de secado al aire libre. De acuerdo con la trabajabilidad de la madera, las probetas presentaron grano arrancado y levantado durante el cepillado, en el lijado se obtuvo una superficie lisa sin defectos por rayaduras ni grano velloso, en el taladrado se obtuvieron mejores resultados con la broca para metal y el torneado presentó defectos por grano arrancado dejando una textura con aspereza. Como conclusión podemos decir que no existe diferencia significativa de resultados de trabajabilidad entre las probetas con diferentes contenidos de humedad, probablemente por ser una especie de densidad media (0.46 g/cm³), por lo tanto, es una especie altamente recomendable para la carpintería, ebanistería y estructuras simples.

Palabras clave: trabajabilidad de la madera, aliso, cepillado, lijado, torneado, taladrado.

Abstract

The study was conducted at the Wood Center of the National University of Loja with the aim of evaluating the workability of *Alnus nepalensis* D. Don wood (alder) through planing, sanding, drilling, and turning tests, according to the standards established in ASTM-D 1999.87 (ASTM, 1999). The test specimens were subjected to two drying conditions, a program of outdoor air drying and another under controlled conditions in a solar dryer. The specimens were dried for 90 days, and the results showed that the moisture content is significantly different between the two drying programs, resulting in 7.85% for the solar dryer specimens and 14.12% for the specimens dried in open air. With regard to wood workability, the specimens exhibited torn and lifted grain during planing. Sanding resulted in a smooth surface without scratching defects or fuzzy grain. Drilling yielded better results using a metal drill bit, and turning showed defects due to torn grain, resulting in a rough texture. In conclusion, there is no significant difference in workability results between specimens with different moisture contents, possibly due to the species being of medium density (0.46 g/cm³). Therefore, it is highly recommended for carpentry, joinery, and simple structures.

Keywords: Woodworking, aliso, planing, sanding, turning, drilling.

Introducción

La madera, debido a sus características físicas, mecánicas y de trabajabilidad es uno de los materiales más utilizados a lo largo de la historia (Guindeo, 1994), ya que se la puede destinar para uso estructural, confección de muebles, ebanistería y de igual manera, se puede usar en estructuras simples como paneles de corte, molduras, puertas, ventanas, entre otros (INEN, 2011). De acuerdo con Cuevas (1988) es necesario ajustar el contenido de humedad a las características requeridas por el producto final, por lo tanto, ésta debe pasar por un proceso de secado donde el porcentaje de humedad y calidad de la madera variará, dependiendo del sitio y método empleado (Franco *et al.*, 2009).

Actualmente se utilizan dos métodos de secado, el secado natural o al aire libre, que consiste en secar la madera con la humedad relativa del medio en el que se encuentra (Cerrón, 2014), y el secado artificial, en el que utiliza estructuras simples o complejas como hornos para manipular las variables del secado. El secador solar es una alternativa a secadores artificiales convencionales ya que no utiliza combustibles ni electricidad para funcionar, si no, que capta la energía del sol y eleva la temperatura dentro de la estructura, lo que provoca la disminución de la humedad dentro de la cámara de secado y, con ello, se acelera el proceso de secado (Stangerlin *et al.*, 2009), al finalizar el proceso de secado la madera, cambia sus características, se vuelve más resistente y facilita su trabajabilidad (Barcenás *et al.*, 2010).

La industria del mueble en Ecuador constituye el segmento más importante de la industria maderera secundaria del país, esta actividad se lleva a cabo en su mayoría por medianas y pequeñas empresas familiares, con limitaciones tecnológicas y de maquinaria (Jácome *et al.*, 2011), y con industrias altamente tecnificadas y de alcance nacional. Para dar el uso adecuado a la madera, es necesario generar información técnica científica a través de ensayos de trabajabilidad, que permitan determinar la respuesta de la madera al uso de equipos y herramientas de trabajo, el resultado determinará o no la idoneidad para generar productos acabados, en la industria de la ebanistería, carpintería, entre otros (ASTM, 1999).

En Ecuador, especialmente en la provincia de Imbabura, la industria del mueble viene utilizando como materia prima la madera de *Alnus nepalensis* D. Don, debido a que la especie forestal presenta un crecimiento acelerado, con fustes cilíndricos, escasa ramificación y buenas características de trabajabilidad. De acuerdo con Añazco *et al.* (2018) la especie *A. nepalensis* en Ecuador registra valores de incremento medio anual (IMA) en altura de 2.73 m a los tres años, durante el periodo entre el tercer y séptimo año Se registra un crecimiento constante de 2.66 m por año, a partir del 8 año la velocidad de crecimiento comienza disminuir. Mediane el análisis dasométrico, se concluye que el crecimiento de esta especie en Ecuador es superior al alcanzado en otros países, incluido su país de origen, Nepal (Añazco *et al.*, 2018).

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la trabajabilidad de la madera de *A. nepalensis* a través de los ensayos de cepillado, lijado, taladrado y torneado de acuerdo con la normativa técnica ASTM D 1666-87 (ASTM, 1999).

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Centro de la Madera de la Universidad Nacional de Loja, barrio Capulí, Parroquia San Sebastián, cantón Loja, ubicado a una altura de 2,108 m s.n.m., en las coordenadas: $-4^{\circ} 2' 3.0768''$ Latitud Sur y $-79^{\circ} 11' 58.3368''$ Longitud Este (Figura 1).



Figura 1. Mapa de Ubicación del Área de estudio-Centro de la Madera. Fuente: imagen obtenida de Google Earth. Proyección Universal Transverse Mercator WGS84 Zona 17S (Maxar Technologies, 2021)

El aprovechamiento de los árboles, de los cuales se obtuvieron las probetas para los distintos ensayos, se efectuó en una plantación de 5 años de *A. nepalensis* en el sector Cola Cola del cantón Célida en la provincia de Loja. Se aparearon dos individuos y a cada árbol se lo dividió en tres trozas de 1 m de longitud cada una, de donde se extrajeron ocho probetas por cada troza (48 probetas en total) con las siguientes medidas: 1 m de largo x 0.22 m de ancho x 0.05 m de espesor, de las cuales 18 fueron utilizadas para los ensayos de trabajabilidad. La edad de los árboles se calculó en el laboratorio de dendrocronología de la Universidad Nacional de Loja, y los resultados fueron contrastados con la información proporcionada por el propietario de la plantación.

Para el secado de la madera se emplearon dos programas de secado, uno al ambiente (bajo techo) con temperaturas máximas de 38.30°C y mínimas de 7.90°C , y otro en secador solar diseñado y construido en el Centro de la Madera de la Universidad Nacional de Loja, la estructura total es de 1 m^3 y puede alcanzar temperaturas máximas de 71.10°C y temperaturas mínimas de 9.80°C .

Los ensayos se efectuaron con una humedad de 7.85 % obtenida mediante el programa de secado en secador solar, y de 14.12 % de humedad final para las probetas del programa

de secado al aire.

Las pruebas de trabajabilidad se efectuaron según las normas ASTM D 1666-87 siendo las escuadrías de las probetas, de acuerdo con esta norma, las que se detallan a continuación:

- Ensayo de cepillado (probetas de 100 cm x 10 cm x 6 cm)
- Ensayo de lijado (probetas de 100 cm x 10 cm x 6 cm)
- Ensayo de Taladrado (probetas de 100 cm x 9 cm x 6 cm)
- Ensayo de Torneado (probetas de 15 cm x 5 cm x 5 cm)

En el cepillado se codificaron las probetas de acuerdo a su procedencia, orden y orientación de la probeta, se identificó y marcó la dirección de alimentación a favor y en contra del grano. Se empleó una máquina cepilladora con una velocidad de alimentación promedio de $4.68 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, con cuchillas de acero dispuestas en un ángulo de corte de 30° y 1 750 revoluciones por minuto (rpm).



Figura 2. Prueba de trabajabilidad de cepillado

Para el lijado se reutilizó las probetas del ensayo del cepillado y se empleó una lijadora orbital de 12,000 rpm. Para la evaluación se usaron cuatro lijas con diferentes granos, N° 80, 150, 240 y 360, por lo que se dividió en cuatro fases. La lija N° 80 se empleó para obtener una superficie lisa, las lijas N° 150, 240, y 360 se utilizaron para evaluar la calidad superficial y los posibles defectos ocasionados durante el proceso.



Figura 3. Prueba de trabajabilidad de lijado

Para el ensayo de taladrado se utilizó una probeta por cada tipo de secado, y se dividieron en cuatro secciones de $4 \times 4 \text{ cm}$ para cada broca especializada en madera, metal y mixta. En cada sección se realizaron 12 perforaciones en total. En este ensayo se empleó un taladro de columna que ejerce 1,730 rpm.



Figura 4. Prueba de trabajabilidad de taladrado

En el ensayo de torneado se utilizó un torno mecánico que ejerce 1,730 rpm, las piezas fueron marcadas para facilitar el trabajo de torneado, y se procedió a dar forma a las probetas. Posteriormente se aplicó las lijas de N° 60 y 150 para mejorar el acabado de la pieza y evaluar la calidad.



Figura 5. Prueba de trabajabilidad de torneado

Resultados y discusión

Luego de haberse efectuado el ensayo de cepillado, se presentaron defectos en la madera catalogados como grano arrancado y grano levantado, y de acuerdo a los resultados obtenidos, se clasificó a la madera con calidad de segundo grado (Tabla 1), es decir, buena calidad, tanto para las probetas obtenidas de la madera secada al aire, como para las probetas de la madera secada en horno solar. En las Figuras 6 A y 6 B se ilustran los resultados del cepillado en la cara tangencial de la madera. De acuerdo con Hoheisel y Holzvirt (1989), el ángulo de 30° es adecuado para maderas con densidad que va de 0.2 a 0.5 g.cm³, así mismo, Koch (1964) citado por Machuca *et al.* (2012) manifiesta que el ángulo de 30° es el más recomendable para cepillar maderas suaves.

Tabla 1. Ensayo de cepillado en los dos programas de secado

Tipo de secado	CH (%)	N° Probeta	DEFECTOS						CALIDAD
			Grano arrancado			Grano levantado			
			Grado	Grado	Grado	Grado	Grado	Grado	
L1	L2	Promedio	L1	L2	Promedio				
Secador solar	7.85	1	x	x	x	2	2	2	Bueno
	7.85	2	2	2	2	x	x	x	Bueno
	7.85	3	x	x	x	1	1	1	Excelente
	7.85	4	2	2	2	x	x	x	Bueno
	7.85	5	2	2	2	x	x	x	Bueno
	7.85	6	x	x	x	1	2	1.5	Bueno
	7.85	7	x	x	x	1	2	1.5	Bueno
	7.85	8	2	2	2	x	x	x	Bueno
	7.85	9	1	2	1.5	x	x	x	Bueno
Secado bajo techo	14.12	1	2	3	2.5	x	x	x	Bueno
	14.12	2	1	3	2	x	x	x	Bueno
	14.12	3	1	3	2	x	x	x	Bueno
	14.12	4	1	3	2	x	x	x	Bueno
	14.12	5	2	2	2	x	x	x	Bueno
	14.12	6	1	2	1.5	x	x	x	Bueno
	14.12	7	3	3	3	x	x	x	Bueno
	14.12	8	2	2	2	x	x	x	Bueno
	14.12	9	1	2	1.5	x	x	x	Bueno

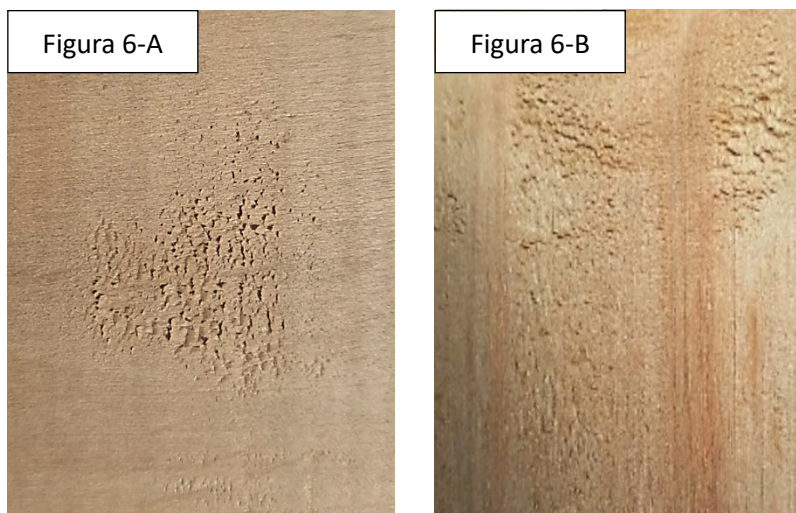


Figura 6. 6-A cepillado de madera de *A. nepalensis* con arrancado en corte tangencial; 6-B cepillado de *Alnus nepalensis* D. Don con grano levantado en corte tangencial. Tabla 2. Ensayo de lijado en la madera de *A. nepalensis* mediante el empleo de distintos tipos de grano de lija

Tabla 2. Ensayo de lijado en la madera de *A. nepalensis* mediante el empleo de distintos tipos de grano de lija

Tipo de secado	N° Lija	CH (%)	Probeta	Rayado		Vellosidad		Calidad
				Grado		Grado		
				L1	L2	L1	L2	
Secador solar	Grano 80	7.85	1	1	1	1	1	Excelente
		7.85	2	1	1	1	1	Excelente
		7.85	3	1	1	1	1	Excelente
		7.85	4	1	1	1	1	Excelente
		7.85	5	1	1	1	1	Excelente
		7.85	6	1	1	1	1	Excelente
		7.85	7	2	2	1	1	Buena
		7.85	8	2	2	1	1	Buena
		7.85	9	2	2	1	1	Buena
Secado bajo techo	Grano 80	14.12	1	1	2	2	1	Buena
		14.12	2	2	2	1	1	Buena
		14.12	3	2	2	1	1	Buena
		14.12	4	2	2	1	1	Buena
		14.12	5	2	2	1	1	Buena
		14.12	6	2	2	1	1	Buena
		14.12	7	1	1	1	1	Excelente
		14.12	8	1	1	1	1	Excelente
		14.12	9	1	1	1	1	Excelente

		7.85	1	1	1	1	1	Excelente
		7.85	2	2	1	1	1	Excelente
		7.85	3	3	1	1	1	Excelente
		7.85	4	4	1	1	1	Excelente
Secador solar	Grano 150	7.85	5	5	1	1	1	Excelente
		7.85	6	6	1	1	1	Excelente
		7.85	7	7	1	1	1	Excelente
		7.85	8	8	1	1	1	Excelente
		7.85	9	9	1	1	1	Excelente
		14.12	1	1	1	1	1	Excelente
		14.12	2	2	1	1	1	Excelente
		14.12	3	3	1	1	1	Excelente
		14.12	4	4	1	1	1	Excelente
Secado bajo techo	Grano 150	14.12	5	5	1	1	1	Excelente
		14.12	6	6	1	1	1	Excelente
		14.12	7	7	1	1	1	Excelente
		14.12	8	8	1	1	1	Excelente
		14.12	9	9	1	1	1	Excelente
		7.85	1	1	1	1	1	Excelente
		7.85	2	1	1	1	1	Excelente
		7.85	3	1	1	1	1	Excelente
		7.85	4	1	1	1	1	Excelente
Secador solar	Grano 240	7.85	5	1	1	1	1	Excelente
		7.85	6	1	1	1	1	Excelente
		7.85	7	1	1	1	1	Excelente
		7.85	8	1	1	1	1	Excelente
		7.85	9	1	1	1	1	Excelente
		14.12	1	1	1	1	1	Excelente
		14.12	2	1	1	1	1	Excelente
		14.12	3	1	1	1	1	Excelente
		14.12	4	1	1	1	1	Excelente
Secado bajo techo	Grano 240	14.12	5	1	1	1	1	Excelente
		14.12	6	1	1	1	1	Excelente
		14.12	7	1	1	1	1	Excelente
		14.12	8	1	1	1	1	Excelente
		14.12	9	1	1	1	1	Excelente

Secador solar	Grano 360	7.85	1	1	1	1	1	Excelente
		7.85	2	1	1	1	1	Excelente
		7.85	3	1	1	1	1	Excelente
		7.85	4	1	1	1	1	Excelente
		7.85	5	1	1	1	1	Excelente
		7.85	6	1	1	1	1	Excelente
		7.85	7	1	1	1	1	Excelente
		7.85	8	1	1	1	1	Excelente
		7.85	9	1	1	1	1	Excelente
Secado bajo techo	Grano 360	14.12	1	1	1	1	1	Excelente
		14.12	2	1	1	1	1	Excelente
		14.12	3	1	1	1	1	Excelente
		14.12	4	1	1	1	1	Excelente
		14.12	5	1	1	1	1	Excelente
		14.12	6	1	1	1	1	Excelente
		14.12	7	1	1	1	1	Excelente
		14.12	8	1	1	1	1	Excelente
		14.12	9	1	1	1	1	Excelente



Figura 7. Resultados del lijado de la madera de *A. nepalensis* en corte tangencial

Como se puede observar en la Tabla 2, las probetas del secador solar lijadas con grano número 80 obtuvieron en promedio de 66.6 % libre de defectos y las probetas que fueron secadas al aire obtuvieron un 33.3 % libre de defectos, mostrando una diferencia entre los dos contenidos de humedad obtenidos en estos procesos de secado. Las lijas con grano N° 150, 240 y 360 no causaron defectos en las probetas, después del lijado se obtuvo un acabado limpio (Figura 7). De acuerdo con Moya *et al.* (2010), al realizar pruebas de trabajabilidad con la especie *Alnus acuminata* Kunth, perteneciente a la misma familia de la especie utilizada en este estudio, encontró

resultados similares, reportando facilidad al lijar la superficie de la madera, y de presentarse defectos como grano velloso o arrancado se pueden solucionar con una sola pasada de la lijadora, de ser requerido se puede obtener un mejor acabado utilizando lijas de grano superior al N°100.

El ensayo de taladrado tanto para las probetas con el 7.85 % y 14.12 % de humedad, dio como resultado una calidad de segundo grado al utilizar la broca para metal, mientras que las brocas para madera y broca mixta, dieron como resultado una calidad regular (Tabla 3), especialmente en los orificios de salida, en los que se presentaron la mayoría de defectos. Los resultados del ensayo de taladrado en la cara tangencial de la madera de *A. nepalensis* se pueden observar en la Figura 8. Vargas y Giraldo (2002) describieron la trabajabilidad del *Didimopanax morototoni* (Aubl.) Decne. & Planch. la cual tiene una densidad de 0.42 g.cm³, similar al *A. nepalensis* indicando que, en la trabajabilidad de la madera de esta especie, en cuanto al taladrado, se obtienen resultados de superficie satisfactorio.

Tabla 3. Ensayo de taladrado en los dos programas de secado de la madera de *A. nepalensis* empleando distintos tipos de broca

Tipo de secado	Broca	CH (%)	N° Probeta	DEFECTOS						CALIDAD
				Grano vellosa			Grano arrancado			
				Grado			Grado			
				Entrada	Salida	Promedio	Entrada	Salida	Promedio	
Secador solar	Broca de Metal	7.85	1	2	2	2	x	x	x	Buena
		7.85	2	2	2	2	x	x	x	Buena
		7.85	3	2	2	2	x	x	x	Buena
		7.85	4	2	2	2	x	x	x	Buena
Secado bajo techo	Broca de Metal	14.12	1	2	2	2	x	x	x	Buena
		14.12	2	2	2	2	x	x	x	Buena
		14.12	3	2	2	2	x	x	x	Buena
		14.12	4	2	2	2	x	x	x	Buena
Secador solar	Broca de madera	7.85	1	2	4	3	x	x	x	Regular
		7.85	2	2	4	3	x	x	x	Regular
		7.85	3	2	4	3	x	x	x	Regular
		7.85	4	2	4	3	x	x	x	Regular
Secado bajo techo	Broca de madera	14.12	1	2	4	3	x	x	x	Regular
		14.12	2	2	4	3	x	x	x	Regular
		14.12	3	2	4	3	x	x	x	Regular
		14.12	4	2	4	3	x	x	x	Regular
Secador solar	Broca mixta	7.85	1	2	4	3	x	x	x	Regular
		7.85	2	2	4	3	x	x	x	Regular
		7.85	3	2	4	3	x	x	x	Regular
		7.85	4	2	4	3	x	x	x	Regular
Secado bajo techo	Broca mixta	14.12	1	2	4	3	x	x	x	Regular
		14.12	2	2	4	3	x	x	x	Regular
		14.12	3	2	4	3	x	x	x	Regular
		14.12	4	2	4	3	x	x	x	Regular

**Figura 8. Aspecto de la madera de *A. nepalensis* D. Don. luego del ensayo de taladrado en la cara tangencial**

Después de efectuado el ensayo de torneado, se determinó una calidad de segundo grado para la madera de *A. nepalensis* proveniente de ambos métodos de secado, identificándose además aspereza en las piezas torneadas sin lijar (Tabla 4). De igual manera se obtuvo el mismo resultado después de lijar la pieza con la lija N° 60. Posterior al lijado con la lija N° 150, el examen visual clasificó como primer grado de calidad a las piezas. El aspecto final de la pieza torneada se presenta en la Figura 9.

Koch (1964) citado por Machuca *et al.* (2012) menciona que en relación al torneado se obtiene mejor calidad si el contenido de la humedad de la madera se encuentra entre el 6 % y 20%.

Tabla 4. Ensayo de torneado en la madera de *A. nepalensis* a dos contenidos de humedad y empleando distintos tipos de lijado

Tipo de secado	N° Lija	CH (%)	N° Probeta	DEFECTOS		CALIDAD
				Grano Velloso	Grano Arrancado	
				Grado	Grado	
Secador solar	Sin lijado	7.85	1	x	2	Bueno
		7.85	2	x	2	Bueno
		7.85	3	x	2	Bueno
Secado bajo techo	Sin lijado	14.12	1	x	2	Bueno
		14.12	2	x	2	Bueno
		14.12	3	x	2	Bueno
Secador solar	Grano 60	7.85	1	x	2	Bueno
		7.85	2	x	2	Bueno
		7.85	3	x	2	Bueno
Secado bajo techo	Grano 60	14.12	1	x	2	Bueno
		14.12	2	x	2	Bueno
		14.12	3	x	2	Bueno
Secador solar	Grano 150	7.85	1	x	1	Excelente
		7.85	2	x	1	Excelente
		7.85	3	x	1	Excelente
Secado bajo techo	Grano 150	14.12	1	x	1	Excelente
		14.12	2	x	1	Excelente
		14.12	3	x	1	Excelente



Figura 9. Aspecto final del torneado de la madera de *A. nepalensis*

Conclusiones

Los ensayos de trabajabilidad realizados a la madera *A. nepalensis* en este estudio (cepillado, lijado, taladrado y torneado) mostraron que es una madera apta para ser utilizada en la industria del mueble y ebanistería, ya que se clasificó

en su gran mayoría como buena y de excelente calidad. Por lo tanto, es importante fomentar las plantaciones para el uso de esta especie no solo con fines de conservación por sus bondades ecológicas como la fijación de nitrógeno atmosférico al suelo, incorporación de materia orgánica, forraje y sombra para el ganado, sino que también puede ser utilizada con fines maderables

Referencias bibliográficas

- Añazco, M., Vallejos, H., y Maria., V. (2018). Dinámica de crecimiento de *Alnus nepalensis* D. Don en el noroccidente de Ecuador continental. *CFORES*, 6(3), 354–365. <http://scielo.sld.cu/pdf/cfp/v6n3/2310-3469-cfp-6-03-354.pdf>
- ASTM. (1999). Conducting Machining Tests of Wood and Wood-Base Materials. En *Annual Book of ASTM Standards* (Vol. 04). Wood American Society for Testing and Materials.
- Bárcenas, M., Guadalupe, M., Martines, J., Rodriguez, R., Grellmann, K., y Quintanar, J. (2010). *Estufa solar de secado de madera* (Primera ed). CONAFOR. <http://www.conafor.gob.mx/BIBLIOTECA/secado-madera>.

- pdf
- Cerrón, R. (2014). *Manual de preservado y secado de la madera* (Primera Ed). Universidad Nacional del Centro de Perú. <https://pdfcoffee.com/manual-de-secado-y-preservados-de-la-madera-10-08-2-pdf-free.html>
- Cuevas, H. (1988). Un criterio de selección y consideraciones de uso de la madera en construcción. *Bosque*, 9(2), 71–76. <https://doi.org/10.4206/bosque.1988.v9n2-01>
- Franco, J., Castaño, N., y Ortiz, L. (2009). *Secado natural, manejo y transformación de la madera*. (Primera ed). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/secado_maderas.pdf
- Guindeo, A. (1994). La madera como materia prima y su transformación industrial. *Tecnología*, 16, 43–50. http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_2196_9960.pdf
- Hoheisel, H., y Holzwirt, D. (1989). *Manual del grupo andino para aserrío y afilado de sierras cintas y sierras circulares* (Primera ed). Carvajal S.A.
- INEN. (2011). Sistema de clasificación y calificación de madera aserrada proveniente de bosques húmedos tropicales. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 21. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2580.pdf>
- Jácome, H., Oleas, J., y Trávez, C. (2011). Boletín mensual de análisis sectorial de MIPYMES No.3. *Flacso-Mipro*, 15, 5. <https://www.flacso.edu.ec/portal/pnTemp/PageMaster/lswuu6fcs3om3boynvtipvvejnkkxz.pdf>
- Machuca, R., Borja, A., Morales, E., y Flores, R. (2012). Trabajabilidad de la madera de Pinus oaxacana Mirov. proveniente de una plantación en el Estado de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18(2), 193–205. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.01.001>
- Maxar Technologies. (2021). Universidad Nacional de Loja. [Imagen satelital]. Google Earth. <https://earth.google.com/web/@-4.0341353,-79.20016259,2124.4798591a,755.99066524d,35y,0h,0t,0r>
- Moya, R., Muñoz, F., Salas, C., Berrocal, A., Leandro, L., y Segura, E. (2010). Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 7(18-19), 42–55. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/383/2355>
- Stangerlin, D., Santini, E., Susin, F., Susin, R., Gatto, D., y Haselein, C. (2009). Uso de estufa solar para secagem de madeira serrada. *Ciência Florestal*, 19 (4), 461–472. <https://doi.org/https://doi.org/10.5902/19805098900>
- Vargas, G., y Giraldo, B. (2002). *Propiedades fisicomecánicas y de trabajabilidad de la madera de cinco especies cultivadas en el ecosistema guaviarensis* (Primera ed). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. <https://www.researchgate.net/publication/44411451>

