

Parámetros básicos de aserrado con sierra cinta para la capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker f. ex Schuman)

Basic parameters of sawing with bandsaw mill for capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker f. ex Schuman)

Miguel Meléndez Cárdenas¹ y Wilder Valenzuela Andrade²

Resumen

Los aserraderos de cinta en el Perú operan con limitado dominio de los parámetros de corte para cada dureza de madera. Por esta razón, se plantea el análisis de los parámetros de aserrado con el perfil de diente NU en 12 trozas de capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker f. ex Schuman). Se obtuvieron en promedio una velocidad de avance de 10,6 m/min, una velocidad de corte de 1494 m/min y una altura de corte de 43,4 cm; destacando la primera por su variabilidad y correlación lineal con la altura de corte. Además se encontró que las alturas de corte agrupadas, sólo influyen en forma significativa sobre la velocidad de avance.

Palabras clave: *Calycophyllum spruceanum*; velocidad de avance; velocidad de corte; altura de corte; perfil de diente.

Abstract

The band sawmills in Peru work taking into account only a few hard wood cutting parameters. For this reason, here we propose the sawing parameters analysis using the tooth profile NU in twelve capirona logs (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker f. ex Schuman). In average, it was obtained a 10,6 m/min feed speed, a 1494 m/min cutting speed and a 43,4 cm cutting height, being the first parameter for its variability and the lineal correlation with cutting height. Furthermore, it was found that the grouped cutting heights have a significative influence over the feed speed.

Key words: *Calycophyllum spruceanum*; feed speed; cutting speed; cutting height; tooth profile.

¹ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. E-mail: mmeccd@lamolina.edu.pe

² Universidad Nacional Tecnológica del Cono Sur de Lima, Perú.

Introducción

La industria nacional del aserrío, modernizada en Pucallpa con sierras de cinta, se desenvuelve con limitado conocimiento de los parámetros de corte inherentes a la dureza de la madera. El cambio a las sierras de cinta obliga al dominio de procesos adecuados a especies tropicales de grandes diámetros, muchas veces marginadas, pero apreciadas por su abundancia, dureza y acogida en el mercado, como ocurre con la capirona que alcanza un diámetro promedio de 69 cm (CNF 1996).

Según Viscarra y Lara (1992) la capirona presenta una densidad básica de 0,75 g/cm³, un PSF de aproximadamente 26% y una dureza lateral de 979 kg/cm² al 30% de contenido de humedad. Esta madera a pesar de su elevada densidad no presenta dificultades en el aserrío, aun empleando tecnología tradicional (CNM 1994).

Gauthier (1986) reporta para las sierras de cinta de Ucayali una velocidad promedio de corte de 1653 m/min y una velocidad de avance de 14,6 m/min, aunque la Cámara Nacional Forestal (1991) sugiere una velocidad de cinta entre 1000 y 1800 m/min para las maderas de densidad alta. El PRID-MADERA (1989) fija los requerimientos de velocidad de avance y otros parámetros de aserrío para una altura de corte de referencia de 30 cm, aunque puede alcanzar valores cercanos o superiores a 60 cm.

Ante este contexto, los aserraderos de cinta deben recabar información sobre la variabilidad de los parámetros de corte. A fin de fijar las bases para el aserrado por grupos de dureza con especies patrones, se analiza y evalúa los parámetros velocidad de corte, velocidad de avance y altura de corte en el aserrío de la capirona con el diente tipo lobo, recomendado por Gutiérrez y Gutiérrez (1982) especialmente para maderas duras, por tratarse de un diente resistente y estable.

Materiales y Métodos

Lugar de ejecución

El estudio se realizó en un aserradero de cinta de la ciudad de Pucallpa y en el Laboratorio de Tecnología de la Madera del Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú.

Condiciones del estudio

Se aserraron 12 trozas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker f. ex Schuman (capirona), empleándose 6 hojas de sierra cinta con dientes tipo lobo o de perfil NU, conforme se observa en la Figura 1 y de 1,47 mm de espesor (calibre BWG 17), 2,75 mm de ancho promedio del diente y 179 mm de ancho promedio de la cinta. Se utilizó una sierra principal de cinta, marca Schiffer con una volante de 1,50 m x 7", impulsada con un motor de 100 CV.

Caracterización de las trozas

Para cada troza se anotaron los siguientes datos: estado fitosanitario, diámetro con corteza de cada extremo de la troza medido en forma de cruz y en centímetros (Gauthier 1986), espesor de corteza en mm, longitud de la troza en m, ahusamiento en cm/m, contenido de humedad y densidad básica a partir de un mínimo de 4 probetas.

Registro de datos

En cada línea de corte se midieron simultáneamente la velocidad angular del volante superior, el tiempo de corte propiamente dicho y el ancho del tablón o cantonera estimado de la altura de corte en ambos extremos. La velocidad angular se controló cada 15 segundos con un tacómetro y el tiempo con un cronómetro digital de división centesimal.

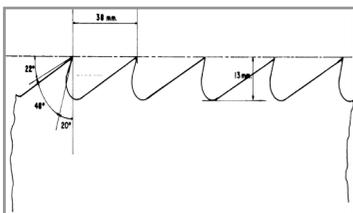


Figura 1. Elementos geométricos de la dentadura utilizada en el aserrío de la capirona.

Grupo energético	D al 12% (g/cm ³)	Dureza lateral (g/cm ²)
I	0,20 - 0,50	150 - 300
II	0,50 - 0,60	300 - 500
III	0,60 - 0,70	500 - 700
IV	0,70 - 0,85	700 - 900
V	0,85 - 1,00	900 - 1300
VI	³ 1,00	1300 - 1800

Cuadro 1. Grupos energéticos propuestos por Ninin (1986).

Estimación del grupo energético para aserrío

La densidad de la madera de capirona al 12% estimada a partir de su densidad básica con el PSF de Viscarra y Lara (1992), se utilizó para su ubicación en uno de los seis grupos energéticos propuestos por Ninin (1986) de acuerdo al Cuadro 1.

Cálculo de los parámetros básicos de aserrado

a) Determinación de la velocidad de corte aplicando a cada línea de corte la expresión $V_c = D_v \times \omega \times 3.14$

donde:

V_c = velocidad de corte en m/min

D_v = diámetro de volante en m.

ω = velocidad angular en RPM

b) Determinación de la velocidad de avance mediante la relación $V_a = L/T_c$

donde:

V_a = velocidad de avance en m/min

L = longitud de la troza en m.

T_c = tiempo por línea de corte en min

c) Determinación de la altura de corte H_c en cm promediando los anchos medidos en ambos extremos del tablón o cantonera.

Análisis estadístico

Con ayuda del Excel y siguiendo la metodología de Calzada (1982) se estimó las diferentes variancias de los parámetros calculados. Se analizó la correlación entre diámetro promedio de troza y altura promedio de corte por troza, luego se calculó su ecuación de regresión lineal y logarítmica. Mediante el programa estadístico Minitab se halló las correlaciones por troza entre H_c , V_a y V_c ; planteándose las siguientes hipótesis:

H_0 : No existe correlación entre los parámetros de corte ($r \neq 0$).

H_1 : Existe correlación entre los parámetros de corte ($r = 0$).

Los coeficientes obtenidos se examinaron con los valores tabulares para una significancia al nivel del 5% conforme estipula Calzada (1982). El procedimiento de regresión del programa Minitab se aplicó exclusivamente, a cada pareja de parámetros que mostró correlación significativa para su ajuste a una ecuación de la forma $y = b_0 + b_1 x$.

Las ecuaciones lineales de velocidad de avance en función de la altura de corte obtenida, se ajustaron agrupando las trozas de capirona en dos categorías separadas por su diámetro promedio (DPT) en el presente estudio. En la categoría A se incluyeron 7 trozas con un DPT menor o igual a 76 cm y en la categoría B, 5 trozas cuyo DPT superó dicho límite. En el ajuste de la curva con cada grupo de datos se probó un modelo de regresión exponencial de la forma $y = a.b^x$ descrita por Calzada (1982). Previamente se determinó el coeficiente de correlación entre V_a y H_c para ambas categorías.

Las alturas de corte (en cm) encontradas se agruparon en 4 categorías según los siguientes intervalos simbolizados:

- H_1 (categoría pequeña): $H_c < 30$
- H_2 (categoría mediana): $30 < H_c < 50$
- H_3 (categoría grande): $50 < H_c < 70$
- H_4 (categoría muy grande): $H_c > 70$

Para cada troza se promediaron las velocidades de avance y de corte comprendidas dentro de las categorías fijadas y luego, se ejecutó al análisis de variancia con un diseño completamente al azar mediante el procedimiento ANOVA del programa Minitab. El efecto de las alturas de corte sobre la velocidad de avance y de corte se analizó bajo las hipótesis:

H_0 : No existen diferencias entre las velocidades promedio de avance obtenidas con 4 niveles de H_c .

H_1 : No existen diferencias entre las velocidades promedio de corte obtenidas con 4 niveles de H_c .

Finalmente, se adoptó la Prueba de Tukey para examinar las diferencias entre los promedios de V_a y V_c con cada altura de corte categorizada para la capirona.

Resultados

Características inherentes a las trozas y madera de capirona

El Cuadro 2 reúne las dimensiones y ahusamiento de cada troza con sus contenidos de humedad y densidades básicas. El diámetro promedio de trozas oscila entre 50,5 y 109,2 cm, para alcanzar al final un promedio general de 75,9 cm con un coeficiente de variación de 25%. Se observa un ahusamiento promedio de 2,4 cm/m observado con un coeficiente de variación de 79%, se verifica la presencia de trozas tanto cilíndricas, como ahusadas, destacando entre las primeras la número 06, 12 y 03, y entre las otras, las trozas 02, 04 y 05. También se aprecia que las trozas se aserraron verdes con un contenido de humedad promedio de 46,4% y de una densidad básica promedio de 0,73 g/cm³.

Valores estimados de los parámetros de aserrado de la capirona

El promedio y la variabilidad de Hc, Va y Vc se desagregan por troza en el Cuadro 3. El parámetro más variable es la velocidad

Troza N°	Diámetro promedio (cm)	Largo (m)	Ahusamiento (cm/m)	CH (%)	DB (g/cm ³)
01	109,2	3,45	1,3	61,6	0,69
02	74,5	3,38	7,1	37,6	0,80
03	66,2	3,18	0,8	47,0	0,75
04	100,8	3,15	3,7	43,1	0,72
05	94,0	3,78	3,4	63,7	0,68
06	61,8	3,48	0,4	38,7	0,77
07	76,0	3,73	3,2	37,6	0,72
08	50,5	3,10	1,3	38,6	0,78
09	80,2	3,41	1,9	52,6	0,67
10	51,0	3,18	2,8	50,0	0,67
11	58,2	3,53	1,6	37,5	0,78
12	88,8	3,68	0,7	49,1	0,69
X	75,9	3,42	2,4	46,4	0,73
S	19,3	0,23	1,9	9,3	0,05
CV	25,4	6,7	79,4	20,0	6,8

Cuadro 2. Características de las trozas de capirona evaluadas en el estudio de aserrado. Donde: X = promedio, S = desviación estándar, CV = coeficiente de variación (%), CH = contenido de humedad, DB = densidad básica.

de avance con promedios por troza de 5,8 a 17,9 m/min; en comparación al reducido rango de variación de la velocidad de corte de 1388 a 1562 m/min. La altura de corte por troza conservó una variación intermedia de 31,4 a 52,3 cm.

Análisis de regresión y correlación

En el Cuadro 4 se aprecian las ecuaciones de altura de corte por troza en función del diámetro promedio de troza en el aserrado de la capirona, con sus coeficientes de correlación

Troza N°	Parámetro	Hc (cm)	Va (m/min)	Vc (m/min)
01	Promedio	52,3	8,0	1548
	CV (%)	38,4	75,8	7,0
02	Promedio	37,5	10,0	1533
	CV (%)	21,4	93,1	5,6
03	Promedio	41,1	8,4	1435
	CV (%)	26,5	61,2	17,2
04	Promedio	49,7	5,8	1520
	CV (%)	37,8	69,3	8,6
05	Promedio	47,1	7,8	1501
	CV (%)	32,4	43,8	10,7
06	Promedio	36,4	12,5	1562
	CV (%)	25,1	69,1	2,6
07	Promedio	41,9	13,3	1400
	CV (%)	22,7	41,7	17,1
08	Promedio	31,4	17,9	1545
	CV (%)	31,7	34,2	2,1
09	Promedio	42,0	13,2	1493
	CV (%)	29,7	39,2	10,9
10	Promedio	34,9	12,1	1527
	CV (%)	21,5	33,0	10,5
11	Promedio	33,6	12,9	1513
	CV (%)	27,0	23,1	10,0
12	Promedio	47,0	13,5	1388
	CV (%)	28,7	62,8	20,7
Promedio general		43,4	10,6	1494
SDET		30,9	15,1	276,5
CVET		71,2	142,3	18,5
CVDT		32,3	57,0	11,7
CVT		34,8	63,1	12,0

Cuadro 3. Valores estimados por troza y promedio para la especie de los parámetros básicos de aserrado. Donde: SDET = Desviación estándar entre trozas, CVET = Coeficiente de variación entre trozas (%), CVDT = Coeficiente de variación dentro de trozas (%), CVT = Coeficiente de variación total (%), Hc = Altura de corte, Va = Velocidad de avance y Vc = Velocidad de corte.

Ecuaciones	Coeficientes		
	r	r _{0,01}	r ² (%)
HCT = 15,872 + 0,334 DPT	0,967	0,708	93,4
HCT = 22,055 x 1,008 ^{DPT}	0,959	0,708	92,1

Cuadro 4. Ecuaciones de la altura de corte por troza (HCT) en función del diámetro promedio de troza (DPT) correspondiente a la capirona.

Troza No.	Correlaciones de:			r _{0,05}
	Va-Hc	Vc-Hc	Vc-Va	
01	- 0,793*	0,160	- 0,103	0,335
02	- 0,659*	- 0,152	0,064	0,468
03	- 0,842*	0,066	0,035	0,497
04	- 0,767*	- 0,045	0,012	0,355
05	- 0,478*	0,202	0,032	0,381
06	- 0,813*	- 0,313	0,164	0,514
07	- 0,497*	- 0,162	0,142	0,456
08	- 0,405	- 0,693*	0,292	0,602
09	- 0,695*	- 0,343	0,227	0,404
10	- 0,426	0,343	- 0,564*	0,514
11	- 0,736*	0,182	0,018	0,514
12	- 0,738*	- 0,218	0,265	0,355

Cuadro 5. Coeficientes de correlación entre velocidad de avance (Va), velocidad de corte (Vc) y altura de corte (Hc) para 12 trozas de capirona. Donde: * = Significativa.

Troza No.	Ecuaciones	Coefficiente de determinación (%)
01	Va = 20,5 - 0,240 Hc	62,9
02	Va = 38,8 - 0,768 Hc	43,4
03	Va = 24,9 - 0,400 Hc	71,0
04	Va = 14,1 - 0,165 Hc	58,9
05	Va = 12,9 - 0,107 Hc	22,8
06	Va = 40,5 - 0,768 Hc	66,1
07	Va = 25,4 - 0,289 Hc	24,7
09	Va = 25,3 - 0,289 Hc	48,4
11	Va = 21,0 - 0,241 Hc	54,2
12	Va = 35,2 - 0,463 Hc	54,5

Cuadro 6. Ecuaciones de regresión lineal y coeficientes de determinación entre velocidad de avance (Va) y altura de corte (Hc) para 10 trozas de capirona.

Diámetro promedio de troza (cm)	Ecuaciones	Coeficientes		
		r	r _{0,05}	r ² (%)
≤ 76	Va = 40,045 x 0,965 ^{Hc}	- 0,642	0,189	41,2
> 76	Va = 31,817 x 0,971 ^{Hc}	- 0,764	0,161	58,4

Cuadro 7. Ecuaciones de la velocidad de avance (Va) en función de la altura de corte (Hc) para trozas de capirona agrupadas por su diámetro promedio.

ación. El Cuadro 5 recopila los coeficientes de correlación lineal entre los parámetros de corte evaluados en 12 trozas de capirona. El Cuadro 6 muestra las ecuaciones de regresión lineal con sus coeficientes de determinación entre la velocidad de avance (Va) y la altura de corte (Hc) para 10 trozas de capirona. El Cuadro 7 muestra las ecuaciones de velocidad de avance (Va) en función la altura de corte (Hc) para dos grupos de trozas agrupadas por su diámetro promedio.

Agrupamiento de alturas de corte por categoría

Las alturas de corte obtenidas en el aserrío de la capirona se aprecian distribuidas en el Cuadro 8. Se observa que más del 50% de las alturas de corte se sitúan en el rango de 30 a 50 cm para diámetros de troza a partir de 50 cm. También presupone que las trozas con diámetros mayores de 76 cm generan alturas de corte desde 30 hasta más de 70 cm.

Análisis de varianza y pruebas de significación

El Cuadro 9 resume el análisis de varianza de las velocidades de avance y de corte con 4 categorías de altura de corte. En los Cuadros 10 y 11 se muestran respectivamente, las pruebas de Tukey aplicadas a los promedios de velocidad de avance y velocidad de corte.

Troza No.	Alturas de corte por categoría				Total
	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	
01	4	17	5	9	35
02	4	13	1		18
03	2	12	2		16
04	3	13	10	5	31
05		16	8	3	27
06	3	11	1		15
07	2	14	3		19
08	4	7			11
09	3	14	6	1	24
10	4	11			15
11	4	11			15
12	3	17	10	1	31
Total	36	156	46	19	257
%	14	61	18	7	100

Cuadro 8. Distribución de las alturas de corte obtenidas con 12 trozas de capirona. Donde: H₁ = Altura de corte menor de 30 cm, H₂ = Altura de corte de 30 a menos de 50 cm, H₃ = Altura de corte de 50 a menos de 70 cm y H₄ = Altura de corte igual o mayor a 70 cm.

Parámetro analizado	Fuente de variación	g.l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fcalc	Sig.
Va CV=32,3%	Trto	3	1250,7	416,9	31,63	*
	Error	33	434,9	13,2		
	Total	36	1685,7			
Vc CV= 8,4%	Trto	3	52050	17350	1,09	N.S
	Error	33	523019	15849		
	Total	36	575069			

Categoría de altura de corte	Símbolo	VPA (m/min)	Diferencia entre VPA	Significación al 5%
Pequeña	H ₁	19,33	H ₁ - H ₃	*
Mediana	H ₂	10,96	H ₂ - H ₃	*
Grande	H ₃	5,72	H ₃ - H ₁	*
Muy grande	H ₄	4,08	H ₄ - H ₁	*
			H ₄ - H ₂	*
			H ₄ - H ₃	N.S

Cuadro 10. Prueba de Tukey para la velocidad promedio de avance (VPA) en el aserrío de la capirona con 4 categorías de altura de corte. Donde: *= Significativa y N.S = No significativa.

Categoría de altura de corte	Símbolo	VPC (m/min)	Diferencia entre VPC	Significación al 5%
Pequeña	H ₁	1535	H ₁ - H ₂	N.S
Mediana	H ₂	1498	H ₂ - H ₃	N.S
Grande	H ₃	1490	H ₃ - H ₁	N.S
Muy grande	H ₄	1412	H ₄ - H ₁	N.S
			H ₄ - H ₂	N.S
			H ₄ - H ₃	N.S

Cuadro 11. Prueba de Tukey para la velocidad promedio de corte (VPC) en el aserrío de la capirona con 4 categorías de altura de corte. Donde: *= Significativa y N.S = No significativa.

Discusión

Variación de los parámetros inherentes a las trozas y madera de capirona

El promedio de las trozas difiere del estimado por la Cámara Nacional Forestal (1996), posiblemente por el menor número de trozas estudiadas. En el largo, las trozas promedian 3,42 m con escasa variación. La densidad básica promedio de las trozas fue algo menor a la reportada por la Confederación Nacional de la Madera (1994) y Viscarra y Lara (1992).

Aplicando el PSF de Viscarra y Lara (1992) a la densidad básica de 0,73 g/cm³ se puede esperar una densidad de 0,91 g/cm³ al 12% de contenido de humedad, que ubica a la capirona en

Cuadro 9. Análisis de varianza para la velocidad de avance (Va) y velocidad de corte (Vc) en el aserrío de la capirona con 4 categorías de altura de corte. Donde: Sig = Nivel de significación, *= Significativo y N.S = No significativo.

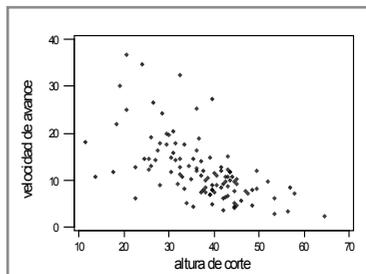


Figura 2. Diagrama de dispersión entre velocidad de avance y altura de corte para la categoría diamétrica A.

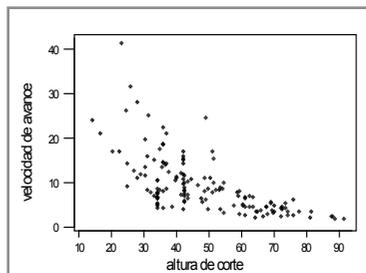


Figura 3. Diagrama de dispersión entre velocidad de avance y altura de corte para la categoría diamétrica B.

el grupo energético V dentro de la clasificación de Ninin (1986) por densidad seca al aire y dureza de lados Janka. Cotejando con la dureza reportada por Viscarra y Lara (1992), también se asignaría a la capirona en el grupo V.

Estudio de los parámetros básicos de aserrío de la capirona

Según el Cuadro 2 los coeficientes de variación revelan una alta variabilidad en las velocidades de avance de las trozas 02, 01, 04 y 06; y una variación algo menor en las alturas de corte de las trozas 01, 04 y 05. La variación de la altura de corte es explicable por el mayor diámetro de las trozas y sus secciones poco circulares.

La gran variación de la velocidad de avance por troza se atribuye al criterio del aserrador, cuando encuentra trozas complicadas por un gran diámetro y/o ahusamiento pronunciado. La velocidad promedio de avance de 10,6 m/min es 4 m/min menor que la estimada por Gauthier (1986) y no alcanza los niveles de 15 a 70 m/min dados por el PRID-MADERA (1989); pero se encuentra dentro del rango de 10 a 15 m/min propuesto por Ninin (1986) para durezas similares trabajadas con una altura de corte cercana a 60 cm.

La velocidad promedio de corte de 1494 m/min se encuentra dentro de la recomendación de la Cámara Nacional Forestal (1991) para maderas de densidad similar, aunque está por debajo de los 1653 m/min estimados por Gauthier (1986) para un grupo de especies de la región de Ucayali; y queda fuera del rango de 2591 a 2743 m/min sugerido por Williston (1983). Su escasa variación es un indicio indirecto de que la potencia de 100 CV instalada en la sierra principal es suficiente para el aserrío de la capirona. Sin embargo, a veces se producen cambios repentinos en la velocidad de corte, por la heterogeneidad y la anisotropía que regulan en parte los esfuerzos de corte en la troza, en un plano generalmente oblicuo. Entre estos cambios, las caídas de velocidad son más críticas, ya que alejan del óptimo a los espesores de viruta y repercuten en la rectitud de los cortes.

Análisis de regresión y correlación

Las ecuaciones mostradas en el Cuadro 3 describen el aumento proporcional de la altura de corte por troza con el diámetro promedio de troza. Los coeficientes de correlación significativos en cada modelo de ecuación, indican que la relación establecida se ajusta mejor con una regresión lineal, por lo tanto es suficiente con la primera ecuación del cuadro aludido.

La mayoría de los coeficientes de correlación lineal del Cuadro 4 se pueden calificar de razonablemente altos según Calzada (1982). Revisando sus valores por troza se deduce una relación más definida y constante entre V_a y H_c . Del Cuadro 5 destaca que la relación alu-

da es inversa y su modelo lineal sólo explica del 23 al 71% de la variación de la velocidad de avance con la altura de corte por troza, excepto las trozas 08 y 10 que escapan a tal relación, posiblemente por tratarse de trozas pequeñas con diámetros próximos a 50 cm que generan cortes reducidos en número y similares en altura.

Las ecuaciones del Cuadro 6 para las trozas agrupadas por su diámetro promedio, confirman la relación inversa entre V_a y H_c , pero descartan su tendencia lineal a nivel de trozas, para aproximarse a una función exponencial más consistente, como la obtenida con el agrupamiento de trozas con diámetros promedio superiores a 76 cm. Ello implica una función exponencial resultante del agrupamiento de trozas, si consideramos a las funciones lineales presentadas inicialmente en el Cuadro 5 como partes del comportamiento de la misma relación.

De acuerdo a la Figura 3, dicho comportamiento no llega a ajustarse totalmente a la curva exponencial, a pesar de su tendencia asintótica más definida que en la Figura 2. Del análisis se desprende que la tendencia de la relación entre V_a y H_c para las categorías fijadas depende efectivamente del diámetro promedio de las trozas incluidas en cada categoría.

Análisis de varianza y pruebas de significación

En el Cuadro 8 la significancia obtenida pone de manifiesto la gran influencia de la altura de corte sobre la velocidad de avance, la cual baja considerablemente cuando la altura de corte sube de una categoría a otra; en cambio la velocidad de corte no responde de la misma forma.

Del Cuadro 9 se puede inferir la velocidad de avance requerida para alturas de corte pequeñas, medianas y grandes con trozas de capirona. De acuerdo al Cuadro 10 se establece que las velocidades de corte son muy similares al pasar de una altura de corte pequeña a muy grande, corroborando la poca influencia de la altura de corte sobre la velocidad de corte.

Conclusiones

La correlación lineal entre diámetro de troza y altura promedio de corte permite el agrupamiento de las trozas de capirona para estimar la velocidad de avance.

La altura de corte sólo afecta en forma significativa a la velocidad de avance, pero no a la velocidad de corte.

Las alturas de corte trabajadas en el aserrado de la capirona con el diente tipo lobo obligan a una regulación en la velocidad de avance.

La sierra principal utilizada con un motor de 100 CV permite el aserrío de la capirona, sin variaciones considerables en la velocidad de corte.

stales-Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 114p.

PRID-MADERA. 1989. Manual del Grupo Andino para aserrío y afilado de sierras cintas y sierras circulares. JUNAC. Cali, Colombia. 309p.

Viscarra, S; Lara, R. 1992. Maderas de Bolivia. CUMAT/Cámara Nacional Forestal. Santa Cruz, Bolivia. 295p.

Williston, EM. 1983. Saws: design, selection, operation and maintenance. Miller Freeman Publications Inc. San Francisco, USA. 288p.

Presentado: 02/11/2011

Aceptado: 03/05/2017

Bibliografía

Calzada, BJ. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Ed. Milagros S.A. Lima, Perú. 644p.

CNF (Cámara Nacional Forestal). 1991. Utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú-Fase I. PROYECTO ITTO PD 37/88 revisión 3. ANEXO I. Investigación Tecnológica Industrial. Lima, Perú. 91p.

CNF (Cámara Nacional Forestal). 1996. Utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú. PROYECTO OIMT PD 37/88 (I) Rev. 3, Fases I y II. Lima, Perú. 240p.

CNM (Confederación Nacional de la Madera). 1994. Compendio de información técnica de 32 especies forestales. Tomo I. R.C Servigraf S.R.L. Lima, Perú. 146p.

Gauthier, R. 1986. Diagnóstico de los aserraderos de la región del Ucayali, Provincia Coronel Portillo. Programa de Desarrollo Forestal Perú-Canadá. Informe. Lima, Perú. 143p.

Gutierrez, M; Gutierrez, G. 1982. La madera y su proceso de corte. I Parte: Teoría del corte, interacción corte y madera, taller de afilado y equipos. Suplemento de Chile Forestal, Año 7, N° 82. Santiago. 8p.

Ninin, SL. 1986. Manual de aserrío y afilado. Laboratorio Nacional de Productos Fore-