

## Rendimiento en madera aserrada por grados de calidad de *Virola* sp. (cumala) en el aserradero J. J. Boris S. A. C., Iquitos, Perú

Yield on graded sawn wood of *Virola* sp. (cumala) in the J. J. Boris S. A. C. sawmill, Iquitos, Peru

Jorge M. Espíritu P.<sup>1</sup> y César A. Soto<sup>2</sup>

Recibido: diciembre 2009

Aceptado: agosto 2010

### RESUMEN

El estudio se realizó en las instalaciones del aserradero J. J. Boris S. A. C. en la ciudad de Iquitos, con la finalidad de determinar el rendimiento por grados de calidad en el aserrío de la madera de *Virola* sp. Se evaluó una muestra de veintidós trozas, determinada mediante un muestreo piloto realizado entre las trozas existentes en la boya, tomando como criterio de evaluación el volumen rollizo de cada troza. Se obtuvo un rendimiento promedio general en madera aserrada de 58%. Del volumen total de madera aserrada un 28% fue clasificado como FAS (*first and seconds*), un 11% como selecta, un 21% como # 1A común, un 10% como # 2A común, un 6% como # 3A común y un 24% como # 3B común. Los defectos de las trozas, tanto internos como externos, como manchas, pudrición y grietas, influyen directamente en el rendimiento. El análisis de correlación mostró una tendencia positiva ( $r = 0,93$ ) entre el volumen de madera rolliza y el volumen de madera aserrada, lo que indica que a mayor volumen de madera rolliza, mayor volumen de madera aserrada, comprobada mediante la prueba de t correspondiente.

**Palabras claves:** rendimiento, *Virola* sp., clasificación de madera aserrada, Loreto.

### ABSTRACT

This study was conducted at the J. J. Boris S. A. C. sawmilling plant in Iquitos, with the purpose of determining the yield per quality grades when sawing wood of *Virola* sp. A sample of 22 logs chosen randomly by means of a pilot sampling from the existing stock in the log pond was evaluated taking as criteria for evaluation the volume of each log. An average yield of sawn wood of 58% was obtained. From this gross volume, 28% was FAS (*first and seconds*), 11% select, 21% # 1A common, 10% # 2A common, 6% # 3A common and 24% # 3B common. Internal as well as external defects in logs, such as stain, rot and cracks directly influenced in the yield. The correlation analysis shows a positive trend ( $r = 0,93$ ) when correlating round wood volume versus sawn wood volume; thus, the higher volume of logs the higher volume of sawn wood evaluated through the corresponding t tests.

**Key words:** yield, *Virola* sp., sawn wood grading, Loreto.

### INTRODUCCIÓN

La madera es utilizada desde siempre por el ser humano de diferentes maneras; una de las maneras más frecuentes de utilizarla es como madera aserrada en forma de tablas

luego de un proceso de aserrío en planta. En la Amazonía peruana existen algunas especies forestales maderables consideradas como valiosas, entre ellas *Virola* sp., con gran demanda en el mercado internacional y utilizada en la fabricación

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Pevas 584, Iquitos, Perú. Correo electrónico: jmespiritupe@hotmail.com

<sup>2</sup> Corporación Petrolera S. A. C. Iquitos, Perú.

de muebles, molduras e interiores. La mayoría de la producción regional es exportada a diferentes mercados, entre ellos, México, Estados Unidos y China, principalmente (Bosques Amazónicos, 2008).

El mercado internacional de maderas exige que la madera aserrada cumpla con ciertos estándares de calidad, para lo cual la empresa debe adaptar su línea de producción a fin de satisfacer los requerimientos del exportador/importador. Esta situación influye en el volumen de producción y en el rendimiento por grados de calidad, lo que finalmente repercute en la rentabilidad de la empresa.

El rendimiento en madera aserrada varía entre 50% y 55% (Cenfor IX, 1987), dependiendo de la especie y los defectos de la troza de origen. La fórmula de cálculo del volumen rollizo y la clasificación por grados de calidad también influyen en el rendimiento (Medina, 2002). Por lo general se utiliza la fórmula oficial del Inrena (2008) que calcula el área basal en función del diámetro promedio de la troza. Otra fórmula a usar es la de Huber que toma el diámetro en el medio de la troza (Gonzales y Cuadra, 2004). Medina (2002), en un estudio de rendimientos en *Virola* sp. en Deforsa, Iquitos, concluye que el rendimiento por grados de calidad obtenido sobre la base de la cubicación usando la fórmula de Huber, indica una sumatoria de promedios de los tres grados del orden del 58,36%, siendo el de primera calidad el que presenta mayor promedio con 46,30%; seguido por el de segunda calidad con 6,52% y por último el de tercera calidad con 5,54%. Odicio (1993), en un estudio de cuantificación de residuos en la zona de Pucallpa, determinó que el volumen promedio de residuos en general equivale al 45,78% por troza; en donde los cantos representan el mayor porcentaje de residuos

generados con un 20,66%, seguido de los despuntes con 10,23%, las cantoneras con 6,68% y por último el aserrín con 8,21%. También concluye, que los defectos de las trozas así como los factores técnicos del proceso de aserrío y la forma intrínseca de las trozas, son factores que influyen en la generación de residuos. Los rendimientos también pueden variar según el uso a que se destine la madera aserrada y de los defectos tales como rajaduras, nudos, podredumbres, diámetros irregulares que presente la troza, así 75% son piezas aprovechables y el resto son residuos de poco valor comercial (Taranco, 1978; Pezo, 1985).

Un estudio de rendimiento es la evaluación del volumen de madera aserrada que se obtiene de cada troza procesada. Es decir, es la relación entre el volumen producido de madera aserrada y el volumen en troza (Proyecto Bolfor, 1997). También se define como la determinación del volumen de productos obtenidos versus el volumen de troza empleada. El factor que más afecta el rendimiento de los aserraderos es el abastecimiento inadecuado de trozas, es decir que el abastecimiento no satisface los requerimientos de la capacidad instalada: calidad, especie y oportunidad de compra (David, 1963) y para aumentar el rendimiento es necesario evitar los daños físicos y mecánicos cuando se manipulan y transportan las trozas (Engalichev, 1980) mencionado por Sinacay (2005). Sudan (1981), informa que los análisis de rendimiento en términos porcentuales son muy engañosos, pues comparando los rendimientos de madera aserrada de treinta especies amazónicas es absolutamente relativo. Asimismo, asevera que el rendimiento es muy diferenciado entre especies, e indica que estudios más profundos deben ser realizados para determinar las mejores formas y tipos de procedimiento teniendo en consideración

la condición sanitaria de las trozas, su tiempo y forma de extracción, y el tiempo de corte y tensión interna a que están sujetas.

La calidad de la madera aserrada decrece con la calidad de las trozas y el coeficiente de aserrío se reduce con el aumento de los defectos de las trozas (Zavala y Hernández, 2000); el diámetro de las trozas tiene un efecto directo en la calidad y cantidad de madera aserrada, es decir, que si aumenta el diámetro de las trozas aumentará su rendimiento. Los residuos, en términos generales, son de dos tipos: aserrín y porciones sólidas. Las porciones sólidas más comunes que se tienen en cada fase del proceso de aserrío son cantoneras, cantos, costaneras o largueras y despuntes o retazos (Otero, 1985 citado por Medina, 2002).

## MATERIAL Y MÉTODO

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del aserradero J. J. Boris S. A. C., situado en calle Unión s/n, 9 de Octubre, distrito de Belén, provincia de Maynas, departamento de Loreto, en el segundo semestre de 2008.

La investigación fue del tipo cuantitativo, descriptivo e inferencial. Esto es, sobre la base de la observación del rendimiento de la especie en madera aserrada tomada de una muestra representativa de la población de trozas existentes en la boya de acopio se cuantificaron los volúmenes por grados de calidad, se describieron los factores que influyeron en el rendimiento y se establecieron las conclusiones respectivas. Se consideró realizar el estudio de rendimiento en *Virola* sp., por ser la especie forestal maderable con el mayor volumen de exportación a nivel de la región Loreto (24 910 m<sup>3</sup>, para el año 2010), según la Oficina de Información Forestal y de Fauna Silvestre del PRMRFFS del Gobierno Regional de Loreto (Gorel).

La población de estudio estuvo conformada por 500 trozas existentes en la boya al momento de llevar a cabo el estudio. La muestra representativa fue de veintidós trozas determinada mediante un muestreo piloto de 31 trozas y calculada mediante la siguiente expresión matemática para poblaciones finitas indicada por Bencardini (1999):

$$n = \frac{Z^2 N C V^2}{N E^2 + Z^2 C V^2}$$

Donde:  $n$  = número de trozas necesarias para el cálculo del rendimiento,  $N$  = número total de trozas existentes en boya,  $Z$  = valor tabular al 95% de confiabilidad (1,96),  $CV$  = coeficiente de variación,  $E$  = error permisible (5%).

## Procedimiento

Se realizó un muestreo piloto en la boya de trozas del aserradero con el fin de calcular el tamaño mínimo de la muestra representativa de la población. Una vez calculado el tamaño de la muestra se seleccionaron las trozas a evaluar, luego se hizo el seguimiento a cada una de las trozas seleccionadas en todo el proceso de aserrío no sin antes realizar el cálculo del volumen de madera rolliza para cada una de las trozas seleccionadas, para el cual se utilizó la fórmula oficial del Ministerio de Agricultura e Inreña (2008) para el cálculo del volumen:

$$V = 0,7854 (D_p)^2 L$$

Donde:  $V$  = volumen de la troza en metros cúbicos (m<sup>3</sup>),  $D_p$  = diámetro promedio en metros,  $L$  = longitud de la troza en metros.

Una vez realizado el cálculo del volumen de las trozas, se midió cada una de las tablas resultantes de cada troza de manera individual para conocer el volumen de

éstas, utilizando la siguiente fórmula (Meléndez y Bustamante, 2005):

$$V = \frac{L * A * E}{10\ 000}$$

Donde:  $V$  = volumen en metros cúbicos,  $L$  = longitud de la tabla en metros,  $A$  = ancho de la tabla en centímetros,  $E$  = espesor de la tabla en centímetros.

La clasificación de las tablas resultantes del proceso se hizo teniendo en cuenta los requisitos establecidos por la National Hardwood Lumber Association (NHLA, 1994). Luego de clasificado se calculó el rendimiento general y por grados de calidad en madera aserrada, para lo cual se utilizaron las siguientes fórmulas (Torres, 1983; Nájera et al., 2006):

$$RT = \frac{Vs(m^3)}{Vr(m^3)} * 100$$

$$Rf = \frac{Vs1(m^3)}{Vr(m^3)} * 100$$

$$Rs = \frac{Vss(m^3)}{Vr(m^3)} * 100$$

$$R1A = \frac{Vs1A(m^3)}{Vr(m^3)} * 100$$

$$R2A = \frac{Vs2A(m^3)}{Vr(m^3)} * 100$$

$$R3A = \frac{Vs3A(m^3)}{Vr(m^3)} * 100$$

$$R3B = \frac{Vs3B(m^3)}{Vr(m^3)} * 100$$

Donde:  $RT$  = rendimiento total en porcentaje,  $Rf$  = rendimiento de madera FAS en porcentaje,  $Rs$  = rendimiento de madera selecta en porcentaje,  $R1A$  = rendimiento de madera # 1A común en porcentaje,  $R2A$  = rendimiento de madera # 2A común en porcentaje,  $R3A$  = rendimiento de madera # 3A común en porcentaje,  $R3B$  = rendimiento de madera # 3B común en porcentaje,  $Vs$  = volumen de madera aserrada en  $m^3$ ,  $Vr$  = volumen de madera rolliza en  $m^3$ ,  $Vsf$  = volumen de madera aserrada FAS en  $m^3$ ,  $Vss$  = volumen de madera aserrada selecta en  $m^3$ ,  $Vs1A$  = volumen de madera aserrada # 1A común en  $m^3$ ,  $Vs2A$  = volumen de madera aserrada # 2A común en  $m^3$ ,  $Vs3A$  = volumen de madera aserrada # 3A común en  $m^3$ ,  $Vs3B$  = volumen de madera aserrada # 3B común en  $m^3$ .

El porcentaje de madera de recuperación se determinó utilizando la fórmula (Sánchez, 2008):

$$D = 100 - RT$$

Donde:  $D$  = madera de recuperación (%) y  $RT$  = rendimiento total (%). Finalmente, se realizó un análisis de regresión y correlación y se efectuó la prueba de  $t$  para determinar si existe una relación significativa entre el volumen de madera rolliza y aserrada.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Volúmenes de madera rolliza

En la tabla 1 se puede apreciar que las longitudes de las trozas varían de 4 m a 5 m, siendo estas longitudes poco comunes en el mercado de madera rolliza; además, como producto de una extracción mecanizada, los diámetros promedios presentan una variación de 0,49 m a 0,68 m. De acuerdo a la rectitud de las trozas evaluadas se observa que diecinueve son rectas y tres son

semicurvadas; también se aprecia que dos presentan ataque de insectos, una tiene pudrición en al menos uno de sus extremos y cinco son agrietadas. Finalmente, las trozas tienen un volumen mínimo de 0,77 m<sup>3</sup> y un máximo de 1,52 m<sup>3</sup>.

**Tabla 1.** Volúmenes de las trozas seleccionadas para el estudio de madera de *Virola* sp.

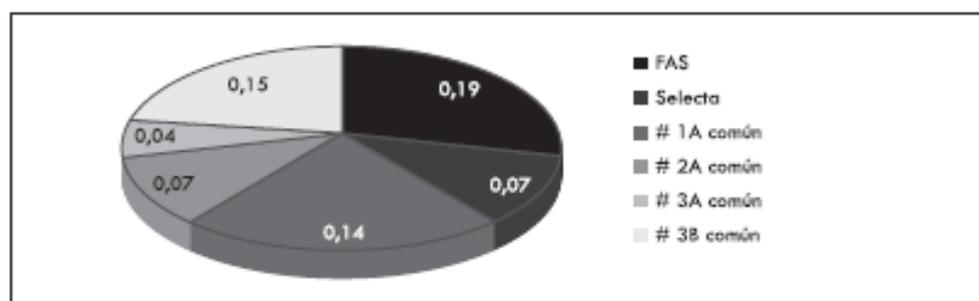
Nº troza	Diámetro			Largo (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Características de la troza			
	Mayor (cm)	Menor (cm)	Prom. (m)			Forma	Rajadura o grieta	Ataque de insectos	Pudrición en extremos
1	64,5	54,5	0,60	5,00	1,41	Recta	x		
2	55,7	49,6	0,53	5,18	1,14	Recta			
3	55,3	51,8	0,54	5,19	1,19	Semicurvada			
4	68,9	67,9	0,68	4,18	1,52	Recta			
5	60,9	57,1	0,59	5,04	1,38	Recta			
6	55,2	46,5	0,51	5,09	1,04	Recta			
7	63,5	57,4	0,60	4,69	1,33	Semicurvada			
8	57,4	56,6	0,57	4,14	1,06	Recta			
9	52,9	51,2	0,52	5,05	1,07	Recta	x		
10	49,2	47,9	0,49	4,08	0,77	Recta		Leve	
11	61,6	58,5	0,60	4,19	1,18	Recta	x		
12	54,2	48,7	0,51	4,70	0,96	Recta			
13	50,6	49,5	0,50	5,07	0,99	Recta			
14	56,3	47,9	0,52	5,13	1,09	Recta			
15	61,3	52,7	0,57	5,24	1,34	Recta			
16	61,7	55,0	0,58	5,02	1,33	Recta			
17	61,5	55,2	0,58	5,04	1,30	Semicurvada	x		
18	53,9	48,5	0,51	5,05	1,03	Recta			
19	54,5	47,8	0,51	5,06	1,03	Recta	x		
20	54,5	51,3	0,53	4,42	0,97	Recta			
21	52,7	52,2	0,52	5,08	1,08	Recta			
22	51,1	46,9	0,49	4,75	0,89	Recta		Ligero	x

Fuente: Estudio de campo (los autores).

### Volúmenes de madera aserrada por grados de calidad

Del volumen total de madera aserrada se tiene como promedio que 0,19 m<sup>3</sup> (28%) corresponde al grado FAS; 0,07 m<sup>3</sup> (11%) al

grado de selecta; 0,14 m<sup>3</sup> (21%) al grado # 1A común; 0,07 m<sup>3</sup> (10%) al grado de # 2A común; 0,04 m<sup>3</sup> (6%) al grado de # 3A común y 0,15 m<sup>3</sup> (24%) al grado de # 3B común, tal como se muestra en la figura 1 y la tabla 2.



**Figura 1.** Volúmenes de madera aserrada de *Virola* sp. por grados de calidad.

Tabla 2. Volúmenes de madera aserrada de *Virolo* sp. por grados de calidad en m<sup>3</sup> y porcentaje.

Trazas	Volúmenes de madera aserrada por grados de calidad																			
	FAS		Selecta		# 1A común		# 2A común		# 3A común		# 3B común		Total							
N° tablas	Vol (m <sup>3</sup> )	%	N° tablas	Vol (m <sup>3</sup> )	%	N° tablas	Vol (m <sup>3</sup> )	%	N° tablas	Vol (m <sup>3</sup> )	%	N° tablas	Vol (m <sup>3</sup> )	%	m <sup>3</sup>					
1	12	0,29	36,16	13	0,17	21,57	7	0,10	12,34	5	0,04	4,74	3	0,05	5,74	4	0,16	19,45	0,80	
2	10	0,17	28,57	3	0,07	12,74	7	0,09	16,01	10	0,10	17,90	1	0,01	2,24	3	0,13	22,55	0,58	
3	9	0,21	34,39	6	0,10	16,28	9	0,11	19,10	12	0,13	20,93	0	0,00	0,00	2	0,06	9,30	0,60	
4	14	0,53	52,01	1	0,01	0,98	6	0,22	21,88	5	0,06	6,08	2	0,02	2,45	5	0,17	16,58	1,02	
5	9	0,18	24,90	5	0,07	10,49	16	0,22	30,49	15	0,17	24,06	6	0,05	7,41	1	0,02	2,66	0,71	
6	9	0,16	28,75	8	0,14	25,00	3	0,10	17,14	8	0,07	12,14	1	0,01	1,43	2	0,09	15,54	0,56	
7	8	0,20	25,47	8	0,18	22,32	12	0,21	26,61	6	0,07	8,58	0	0,00	0,00	3	0,13	17,02	0,79	
8	10	0,24	41,08	1	0,01	1,85	7	0,15	25,59	5	0,06	10,10	0	0,00	0,00	5	0,13	21,38	0,59	
9	8	0,18	25,87	6	0,11	15,70	6	0,10	14,24	3	0,06	9,01	2	0,03	5,09	5	0,21	30,09	0,69	
10	2	0,05	11,40	2	0,02	3,87	6	0,14	30,97	4	0,05	11,61	0	0,00	0,00	6	0,20	42,15	0,46	
11	10	0,30	47,01	0	0,00	0,00	7	0,24	38,21	2	0,02	3,46	1	0,02	3,14	1	0,05	8,18	0,64	
12	7	0,20	32,26	6	0,11	18,14	4	0,11	18,14	3	0,05	7,70	1	0,01	2,09	3	0,13	21,67	0,62	
13	6	0,12	20,72	7	0,14	24,14	7	0,11	19,01	2	0,02	4,11	3	0,07	12,33	2	0,11	19,69	0,58	
14	8	0,21	30,13	7	0,11	15,93	6	0,14	20,66	3	0,06	9,33	2	0,05	7,60	2	0,11	16,36	0,70	
15	13	0,28	34,01	7	0,09	10,34	10	0,14	17,19	9	0,11	13,94	2	0,03	3,85	4	0,17	20,67	0,83	
16	1	0,01	1,78	1	0,01	1,78	7	0,10	13,10	8	0,10	12,72	2	0,03	4,45	18	0,52	66,16	0,79	
17	8	0,16	20,97	5	0,07	9,17	12	0,27	35,12	3	0,05	6,42	4	0,05	6,82	3	0,16	21,49	0,76	
18	9	0,23	37,30	3	0,07	10,95	5	0,10	16,19	2	0,04	6,35	4	0,06	9,68	4	0,12	19,52	0,63	
19	5	0,11	19,03	10	0,12	21,18	9	0,09	16,52	6	0,08	14,00	1	0,01	2,33	5	0,15	26,93	0,56	
20	3	0,07	14,68	0	0,00	0,00	7	0,10	19,84	2	0,03	5,36	1	0,02	3,57	8	0,28	56,55	0,50	
21	7	0,18	33,33	2	0,04	6,56	4	0,13	24,04	6	0,07	12,02	3	0,06	11,48	3	0,07	12,57	0,55	
22	1	0,02	3,73	1	0,01	1,57	5	0,08	15,13	2	0,02	3,73	9	0,24	47,54	4	0,14	28,29	0,51	
<b>Total</b>	<b>169</b>	<b>4,11</b>		<b>102</b>	<b>1,65</b>		<b>162</b>	<b>3,05</b>		<b>121</b>	<b>1,47</b>		<b>48</b>	<b>0,85</b>		<b>93</b>	<b>3,33</b>		<b>14,50</b>	
<b>Prom</b>		<b>0,19</b>	<b>27,43</b>		<b>0,07</b>	<b>11,39</b>		<b>0,14</b>	<b>21,25</b>		<b>0,07</b>	<b>10,20</b>		<b>0,04</b>	<b>6,33</b>		<b>0,15</b>	<b>23,40</b>		<b>0,66</b>

### Rendimientos en madera aserrada por troza

En la tabla 3 se muestran los rendimientos en madera aserrada por troza para *Virola* sp., donde se aprecia que el menor rendimiento es de 50,63% y el mayor rendimiento es de 67,13%, con un rendimiento promedio general de 57,55%.

En lo que respecta al rendimiento promedio general, se considera el resultado como aceptable teniendo en cuenta que Medina (2002) obtuvo un rendimiento

general promedio para *Virola* sp. de 58,36%; en otro estudio Santillán (2003) evaluó las especies añuje rumo, caracolillo, marupá, isma moena, obteniendo un rendimiento promedio de 54,98%; Rojas (2000), determinó un rendimiento promedio en aserrío de 42,63% para cumala, marupá, añuje rumo, caracolillo, moena y lagarto caspi; este rendimiento pudo estar influenciado por los defectos internos y externos de las trozas. Sánchez (2008), señala que el rendimiento promedio de la especie azúcar huayo obtenido fue de 21,79%.

**Tabla 3.** Rendimientos en madera aserrada por troza para *Virola* sp.

Nº de troza	Volumen troza (m <sup>3</sup> )	Volumen aserrado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (%)
1	1,41	0,80	56,72
2	1,14	0,58	50,83
3	1,19	0,60	50,63
4	1,52	1,02	67,13
5	1,38	0,71	51,89
6	1,04	0,56	53,85
7	1,33	0,79	59,80
8	1,06	0,59	56,25
9	1,07	0,69	64,18
10	0,77	0,46	60,47
11	1,18	0,64	53,67
12	0,96	0,62	64,90
13	0,99	0,58	58,69
14	1,09	0,70	64,00
15	1,34	0,83	62,23
16	1,33	0,79	59,28
17	1,30	0,76	57,28
18	1,03	0,63	61,05
19	1,03	0,56	53,87
20	0,97	0,50	51,69
21	1,08	0,55	50,88
22	0,89	0,51	56,81
<b>Promedio</b>	<b>1,14</b>	<b>0,65</b>	<b>57,55</b>

### Rendimientos en madera aserrada por grados de calidad

En la tabla 4 se muestran los rendimientos en madera aserrada por grados de calidad, para cada una de las veintidós trozas, expresados en porcentaje con relación al volumen de

madera rolliza. Se observa que los rendimientos obtenidos tienen variaciones debido a la presencia o ausencia de defectos externos e internos acentuados de las trozas; una troza sin defectos externos como pudrición y grietas puede presentar defectos internos como manchas naturales o

putridi3n interna, lo cual influye en la merma del rendimiento de calidades superiores y el incremento de calidades inferiores o tambi3n puede ser consecuencia

de trozas que no presentan defectos externos ni internos acentuados, por lo cual aumenta el rendimiento de calidades superiores y disminuye el de calidades inferiores.

**Tabla 4.** Rendimientos en madera aserrada por grados de calidad de *Virola* sp.

N° troza	Volumen trozas (m <sup>3</sup> )	Volumen madera aserrada						Rendimiento					
		FAS (m <sup>3</sup> )	Selecta (m <sup>3</sup> )	# 1A com3n (m <sup>3</sup> )	# 2A com3n (m <sup>3</sup> )	# 3A com3n (m <sup>3</sup> )	# 3B com3n (m <sup>3</sup> )	FAS (%)	Selecta (%)	# 1A com3n (%)	# 2A com3n (%)	# 3A com3n (%)	# 3B com3n (%)
1	1,41	0,29	0,17	0,10	0,04	0,05	0,16	20,51	12,23	7,00	2,69	3,25	11,03
2	1,14	0,17	0,07	0,09	0,10	0,01	0,13	14,52	6,47	8,14	9,10	1,14	11,46
3	1,19	0,21	0,10	0,11	0,13	0,00	0,06	17,41	8,24	9,67	10,60	0,00	4,71
4	1,52	0,53	0,01	0,22	0,06	0,02	0,17	34,91	0,66	14,69	4,08	1,65	11,13
5	1,38	0,18	0,07	0,22	0,17	0,05	0,02	12,92	5,44	15,82	12,48	3,85	1,38
6	1,04	0,16	0,14	0,10	0,07	0,01	0,09	15,48	13,46	9,23	6,54	0,77	8,37
7	1,33	0,20	0,18	0,21	0,07	0,00	0,13	15,23	13,35	15,91	5,13	0,00	10,18
8	1,06	0,24	0,01	0,15	0,06	0,00	0,13	23,11	1,04	14,39	5,68	0,00	12,03
9	1,07	0,18	0,11	0,10	0,06	0,03	0,21	16,60	10,07	9,14	5,78	3,26	19,31
10	0,77	0,05	0,02	0,14	0,05	0,00	0,20	6,89	2,34	18,73	7,02	0,00	25,49
11	1,18	0,30	0,00	0,24	0,02	0,02	0,05	25,23	0,00	20,51	1,86	1,69	4,39
12	0,96	0,20	0,11	0,11	0,05	0,01	0,13	20,94	11,77	11,77	5,00	1,35	14,06
13	0,99	0,12	0,14	0,11	0,02	0,07	0,11	12,16	14,17	11,16	2,41	7,24	11,56
14	1,09	0,21	0,11	0,14	0,06	0,05	0,11	19,28	10,19	13,22	5,97	4,87	10,47
15	1,34	0,28	0,09	0,14	0,11	0,03	0,17	21,17	6,43	10,70	8,68	2,39	12,86
16	1,33	0,01	0,01	0,10	0,10	0,03	0,52	1,06	1,06	7,77	7,54	2,64	39,22
17	1,30	0,16	0,07	0,27	0,05	0,05	0,16	12,01	5,26	20,12	3,68	3,90	12,31
18	1,03	0,23	0,07	0,10	0,04	0,06	0,12	22,77	6,69	9,88	3,88	5,91	11,92
19	1,03	0,11	0,12	0,09	0,08	0,01	0,15	10,25	11,41	8,90	7,54	1,26	14,51
20	0,97	0,07	0,00	0,10	0,03	0,02	0,28	7,59	0,00	10,26	2,77	1,85	29,23
21	1,08	0,18	0,04	0,13	0,07	0,06	0,07	16,96	3,34	12,23	6,12	5,84	6,39
22	0,89	0,02	0,01	0,08	0,02	0,24	0,14	2,12	0,89	8,59	2,12	27,01	16,07
<b>Promedio</b>	<b>25,10</b>	<b>4,10</b>	<b>1,65</b>	<b>3,05</b>	<b>1,46</b>	<b>0,82</b>	<b>3,31</b>	<b>15,87</b>	<b>6,57</b>	<b>12,17</b>	<b>5,76</b>	<b>3,63</b>	<b>13,55</b>

### C3lculo del porcentaje de madera de recuperaci3n

En la tabla 5 se muestra el c3lculo del porcentaje de madera de recuperaci3n para cada una de las trozas de *Virola* sp. El porcentaje

promedio es de 42,45%, el porcentaje m3nimo de 32,87% y el porcentaje m3ximo de 49,37% (figura 2). El porcentaje de madera de recuperaci3n se incrementa cuando las trozas presentan defectos externos o internos acentuados explicados en el 3tem anterior.

**Tabla 5.** Madera de recuperaci3n en el aserri3 de *Virola* sp.

N° de troza	Volumen rollizo (m <sup>3</sup> )	Volumen aserrado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (%)	Madera de recuperaci3n (%)
1	1,41	0,80	56,72	43,28
2	1,14	0,58	50,83	49,17
3	1,19	0,60	50,63	49,37

Continúa...

Continúa...

Nº de troza	Volumen rollizo (m <sup>3</sup> )	Volumen aserrado (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (%)	Madera de recuperación (%)
4	1,52	1,02	67,13	32,87
5	1,38	0,71	51,89	48,11
6	1,04	0,56	53,85	46,15
7	1,33	0,79	59,80	40,20
8	1,06	0,59	56,25	43,75
9	1,07	0,69	64,18	35,82
10	0,77	0,46	60,47	39,53
11	1,18	0,64	53,67	46,33
12	0,96	0,62	64,90	35,10
13	0,99	0,58	58,69	41,31
14	1,09	0,70	64,00	36,00
15	1,34	0,83	62,23	37,77
16	1,33	0,79	59,28	40,72
17	1,30	0,76	57,28	42,72
18	1,03	0,63	61,05	38,95
19	1,03	0,56	53,87	46,13
20	0,97	0,50	51,69	48,31
21	1,08	0,55	50,88	49,12
22	0,89	0,51	56,81	43,19
Total	25,15	14,47	1266,10	933,90
<b>Promedio</b>	<b>1,14</b>	<b>0,659</b>	<b>57,55</b>	<b>42,45</b>

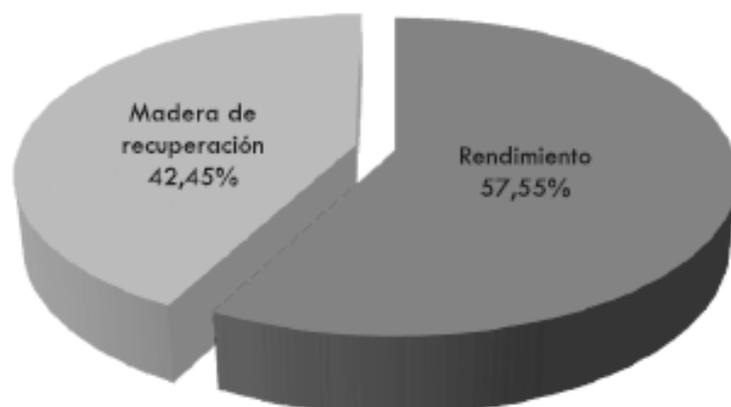


Figura 2. Porcentaje promedio de rendimiento y madera de recuperación.

### Análisis de regresión y correlación

En la tabla 6 se muestran los datos para el volumen de madera rolliza y aserrada por cada troza. En la tabla 7 se presentan los resultados del análisis entre ambos parámetros en el cual se estableció que la

relación entre el volumen de madera en troza y el rendimiento en madera aserrada para *Virola* sp. se determina mediante la ecuación  $y = -0,082 + 0,648 (x)$ . Con los datos obtenidos (tabla 6) se determinó el coeficiente de correlación  $r$  que para las dos variables en estudio es de  $r = 0,932$ . Esto nos

demuestra que existe una correlación excelente (Bencardini, 1999) entre las dos variables y además que esta relación es positiva. El coeficiente de determinación  $r^2 =$

0,87, indica que aproximadamente el 87% del rendimiento de la madera aserrada depende del volumen de madera en troza, y el 13% se debe a otros factores.

**Tabla 6.** Datos para el análisis de regresión y correlación.

Troza	Vol. troza (m <sup>3</sup> )	Vol. aserrado (m <sup>3</sup> )			
Número	X	Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
1	1,414	0,802	2,00	0,64	1,13
2	1,143	0,581	1,31	0,34	0,66
3	1,189	0,602	1,41	0,36	0,72
4	1,518	1,019	2,30	1,04	1,55
5	1,378	0,715	1,90	0,51	0,99
6	1,040	0,560	1,08	0,31	0,58
7	1,326	0,793	1,76	0,63	1,05
8	1,056	0,594	1,12	0,35	0,63
9	1,072	0,688	1,15	0,47	0,74
10	0,769	0,465	0,59	0,22	0,36
11	1,185	0,636	1,40	0,40	0,75
12	0,960	0,623	0,92	0,39	0,6
13	0,995	0,584	0,99	0,34	0,58
14	1,089	0,697	1,19	0,49	0,76
15	1,337	0,832	1,79	0,69	1,11
16	1,326	0,786	1,76	0,62	1,04
17	1,332	0,763	1,77	0,58	1,02
18	1,032	0,630	1,06	0,40	0,65
19	1,034	0,557	1,07	0,31	0,58
20	0,975	0,504	0,95	0,25	0,49
21	1,079	0,549	1,16	0,30	0,59
22	0,896	0,509	0,80	0,26	0,46
Σ	25,145	14,489	29,48	9,90	17,04
<b>Promedio</b>	<b>1,143</b>	<b>0,659</b>			

**Tabla 7.** Relación entre el volumen de madera en trozas y el volumen de madera aserrada.

Parámetros	Tamaño muestra	Ecuación	r	r <sup>2</sup>
Volumen rollizo vs. Volumen aserrado	22	$y = - 0,082 + 0,648 (x)$	0,93	0,87

La ecuación lineal muestra un alto grado de correlación ( $r = 0,93$ ) que indica una tendencia lineal creciente positiva en el rendimiento en madera aserrada esperado

por troza (figura 3), es decir, con un mayor volumen de trozas se obtiene un mayor volumen de madera aserrada.

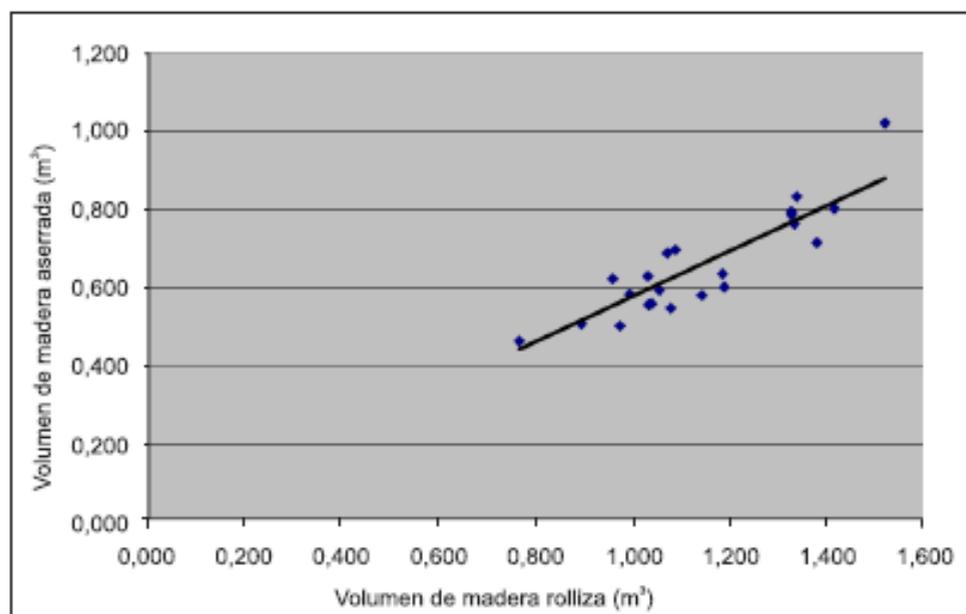


Figura 3. Relación entre el volumen rollizo ( $m^3$ ) y el volumen de madera aserrada ( $m^3$ ) de *Virola* sp.

### Prueba de hipótesis

La prueba de significancia mediante el cálculo de  $t$  tabular ( $\pm 2,086$ ) y  $t$  calculada ( $+11,499$ ) corroboró la hipótesis de que existe una correlación lineal positiva significativa entre el volumen de madera rolliza y el volumen de madera aserrada; esto es, a mayor volumen de madera rolliza mayor volumen de madera aserrada.

### CONCLUSIONES

El rendimiento promedio de las veintidós trozas evaluadas es de 57,55% de madera aserrada de anchos variables, con un máximo de 67,13% y un mínimo de 50,63%. Después del proceso de aserrío se obtuvieron un total de 695 tablas, de las cuales 169 pertenecen a la calidad FAS, 102 a selecta, 162 a # 1A común, 121 a # 2A común, 48 a # 3A común y 93 a # 3B

común. Del volumen total de madera aserrada se obtuvo un rendimiento promedio de 27,43% para FAS, 11,39% para selecta, 21,25% para # 1A común, 10,20% para # 2A común, 6,33% para # 3A común y 23,40% para # 3B común. El rendimiento promedio por troza y por grados de calidad registró 15,87% ( $4,10 m^3$ ) para FAS; 6,57% ( $1,65 m^3$ ) para selecta; 12,17% ( $3,05 m^3$ ) para # 1A común; 5,76% ( $1,46 m^3$ ) para # 2A común; 3,63% ( $0,82 m^3$ ) para # 3A común y 13,55% ( $3,31 m^3$ ) para # 3B común. Por último, el análisis de correlación mostró una tendencia positiva ( $r = 0,932$ ) entre el volumen de madera rolliza y el volumen de madera aserrada, lo que indica que a mayor volumen de madera rolliza mayor volumen de madera aserrada, lo que fue comprobado mediante la prueba de  $t$  correspondiente. Asimismo, se observó que es posible aumentar el rendimiento uniformizando el largo de las trozas que

ingresan al aserradero, utilizando sierras de cinta afiladas y trabadas según las características de la especie a aserrar, contando con personal capacitado y eficiente en el aserrado, canteado, despuntado y clasificación por grados de calidad. Es importante también, para lograr mayores rendimientos, contar con la maquinaria y equipo actualizados y eficientes en cada fase del aserrío.

## AGRADECIMIENTOS

Al señor Jhovanny Gárate por permitirnos realizar la investigación en las instalaciones del aserradero de la empresa J. J. Boris S. A. C. Al señor Jorge Gallardo del PRMRFFS del Gorel, por facilitarnos los datos de exportación de madera aserrada de Loreto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bencardini C. 1999. Estadística y muestreo. 9na edición. Santa Fe de Bogotá, Colombia, ECOE. 886 pp.

Bosques Amazónicos. 2008. Directorio Forestal de Loreto 2008-2009. Iquitos, Perú. 98 pp.

Cenfor IX. 1987. Plan de desarrollo forestal industrial maderero de Loreto. Iquitos, Perú. Documento de trabajo. 205 pp.

David E. 1963. Estudio económico de la industria de aserrío en la región forestal. Instituto de Investigación Forestal. UNAP. Iquitos, Perú. 19 pp.

Gonzales Y, Cuadra M. 2004. Estandarización de unidades de medida y cálculo de volúmenes de madera. Instituto Nacional Forestal. Nicaragua. 22 pp.

IFFS-Inrena. 2008. Criterios básicos a ser considerados en las metodologías para

estudios de rendimiento (propuesta): Metodología para determinar el coeficiente de rendimiento en el aserrío de madera rolliza. Intendencia Forestal y de Fauna Silvestre (IFFS) del Instituto Nacional de Recursos Naturales (Inrena). Lima, Perú. 26 pp.

Medina J. 2002. Rendimiento por grados de calidad de la madera aserrada de cumala (*Virola* sp.) sobre la base de las reglas de la Asociación Nacional de Maderas Duras (NHLA). Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. UNAP. Iquitos, Perú. 79 pp.

Meléndez M, Bustamante N. 2005. Cubicación de Madera Aserrada (separata de capacitación). Universidad Nacional Agraria La Molina/Usaid. 15 pp.

Nájera J, Rodríguez I, Méndez J, Garciano J, Rosas F, Hernández F. 2006. Evaluación de tres sistemas de asierre en *Quercus sideroxylla* Humb & Bompl. *Ra Ximhai* 2(2):497-513.

National Hardwood Lumber Association. 1994. NHLA Inspections School Manual. Guide to general instructions. Standard grades for measurement and inspection of hardwood lumber. Memphis, Tennessee. USA. 53 pp.

Odicio S. 1993. Cuantificación de residuos de aserrío de ocho especies forestales en Pucallpa, Perú. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. UNAP. Iquitos, Perú. 77 pp.

Pezo W. 1985. Estudio comparativo de rendimiento de madera aserrada en dos tipos de aserraderos en el departamento de San Martín. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. UNAP. Iquitos, Perú. 489 pp.

- Proyecto Bolfor. 1997. Estudio de Rendimiento, Tiempos y Movimientos en el Aserrío. Manual Práctico. Usaid/Gobierno de Bolivia (consultor: Ángel Chávez). Santa Cruz, Bolivia. 29 pp.
- Rojas C. 2000. Costo y rendimiento del aserrío en el aserradero de disco de la comunidad nativa Santa Mercedes, Río Putumayo. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. UNAP. Iquitos, Perú. 110 pp.
- Sánchez B. 2008. Rendimiento de la madera de azúcar huayo (*Hymenea palustris*) utilizada para pisos en el aserradero del Ciefor Puerto Almendra. Iquitos, Perú. Tesis Ing. Forestal. FCF-UNAP. Iquitos, Perú. 66 pp.
- Santillán L. 2003. Determinación del rendimiento de un aserradero portátil en los bosques de la comunidad nativa de Santa Mercedes, río Putumayo, Perú. Tesis Ing. Forestal. FCF-UNAP. Iquitos, Perú. 62 pp.
- Sinacay G. 2005. Rendimiento y tiempo productivo del laminado de la madera de dos especies forestales en la sección torno de la fábrica Trimasa. Tesis Ing. Forestal. FCF-UNAP. Iquitos, Perú. 104 pp.
- Sudan J. 1981. Rendimiento en aserrío de 30 especies de madera amazónica. Belem, Brasil. 186 pp.
- Taranco M. 1978. Rendimiento de aserrío en dos aserraderos de Iquitos. Boletín 1. Ciefor. Puerto Almendra. Iquitos, Perú.
- Torres J. 1983. Estudio técnico económico para la instalación de un aserradero en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (Ciefor) Puerto Almendra. Tesis Ing. Forestal. FIF-UNAP. Iquitos, Perú. 145 pp.
- Zavala D, Hernández R. 2000. Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino. Madera y Bosques 6(2): 41-55.