

# Error de medición del diámetro del fuste de *Guazuma crinita* con forcípula, cinta métrica y cinta diamétrica, Ucayali, Amazonia Peruana

*Error of measurement of the diameter of the stem of Guazuma crinita with forceps, metric belt and diametric belt, Ucayali, Peruvian Amazon*

Octavio Francisco Javier Galván Gildemeiste   
Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Perú  
ogalvang@unia.edu.pe

Diana Isabel Torres Neyra   
Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Perú  
diana\_torresneyra@hotmail.com

Luis Alejandro Rodríguez García   
Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Perú  
luroga66@hotmail.com

Erasmó Andrés Rosado Ormeta   
Regente forestal, Perú  
sirf2012@hotmail.com

## RESUMEN

El aumento de las plantaciones con fines comerciales de *Guazuma crinita*, una especie prominente en la Amazonia peruana, requiere que se mejoren las mediciones de los árboles para la cuantificación del volumen de madera. Esta investigación tuvo como objetivo determinar el error en la medición del diámetro normal del fuste (dap) y en el cálculo del volumen, cuando el diámetro normal del fuste se mide con cinta métrica, cinta diamétrica y forcípula de aluminio. Se midieron 41 árboles de una plantación forestal de *Guazuma crinita*, de 13 años, en la zona de Pucallpa, Amazonia peruana. Con la forcípula se midieron dos diámetros y los promedios se obtuvieron con la media aritmética y la media geométrica. La irregularidad de la sección transversal de los fustes de los árboles fue cercana a uno. El análisis descriptivo e inferencial encontró que la medición de un dap, con una forcípula, se diferencia notablemente de los otros métodos y genera el mayor error relativo, con 4 % para el diámetro normal y 7.9 % para el volumen, a nivel de árbol. Pero, a nivel de hectárea, se encontró un error absoluto de hasta 7.7 m<sup>3</sup>/ha, cifra importante desde la dimensión industrial y financiera. Se concluyó que el diámetro normal se puede medir, indiferentemente, con una cinta métrica, cinta diamétrica o mediante la media de dos diámetros con una forcípula de aluminio. Además, se concluyó que es indistinto usar la media aritmética o la media geométrica.

**Palabras clave:** Cinta métrica, forcípula, diámetro normal del fuste, error absoluto, error relativo.

## ABSTRACT

Increased commercial plantations of *Guazuma crinita*, a prominent species in the Peruvian Amazon, require improved tree measurements for wood volume quantification. The objective of this research was to determine the error in the measurement of the normal diameter of the stem (dbh) and in the calculation of the volume, when the normal diameter of the stem is measured with a tape measure, a diameter tape and an aluminum caliper. Forty-one trees from a 13-

pág. 13

## Artículo científico

Volumen 5, Número 1, enero - junio, 2022  
Recibido: 15-02-2022, Aceptado: 11-04-2022



<https://doi.org/10.46908/tayacaja.v5i1.191>



year-old Guazuma crinita forest plantation were measured in the Pucallpa area, Peruvian Amazon. Two diameters were measured with the caliper and the averages were obtained with the arithmetic mean and the geometric mean. The irregularity of the cross section of the stems of the trees was close to one. The descriptive and inferential analysis found that the measurement of a dbh, with a caliper, differs markedly from the other methods and generates the largest relative error, with 4% for the normal diameter and 7.9% for the volume, at the tree level. But, at the hectare level, an absolute error of up to 7.7 m<sup>3</sup>/ha was found, an important quantity from the industrial and financial dimension. It was concluded that the normal diameter can be measured, indifferently, with a tape measure, diametric tape or through the average of two diameters with an aluminum caliper. In addition, it was concluded that it is indistinct to use the arithmetic mean or the geometric mean.

**Keywords:** Tape measure, caliper, normal stem diameter, absolute error, relative error.

## INTRODUCCIÓN

El aporte de las plantaciones a las exportaciones peruanas es muy reducido, pues, en el año 2015, de los 1.69 millones de metros cúbicos de madera exportada 80 % provino de bosques naturales y 20 % de plantaciones (SERFOR 2015); aunque la totalidad de productos forestales importados provinieron de plantaciones (Guariguata et al. 2017). No obstante, en Perú se ha creado un marco legal más favorable para el desarrollo de plantaciones, pues los inversionistas requieren la zonificación de tierras aptas para plantaciones, vías de transporte, fábricas e innovación permanente (Guariguata et al. 2017). Empero, no se cuenta con información silvicultural y tecnológica completa para ninguna especie nativa (Guariguata et al. 2017), por consiguiente se entiende que se carece de métodos validados para la medición de los árboles. El diámetro es la medida de un árbol más factible de medir (Soares et al. 2010, Rondeux 2010, Diéguez et al. 2003), se asegura la precisión porque se mide directamente (Malleux 1982), sirve para cuantificar el área basal, volumen, biomasa, etc. (Diéguez et al. 2003, Malleux 1982) y para describir la estructura horizontal del bosque (Soares et al. 2010). El diámetro más común de medir es el diámetro normal o diámetro a la altura del pecho (dap), medido a 1.30 m sobre el nivel del suelo (López y Ambrosio 2009). Si se va a medir el diámetro, para mermar el error se debe efectuar dos mediciones en diferentes sentidos (Diéguez et al. 2003, Philip 1994) y, seguidamente, obtener la media aritmética o la media geométrica (Diéguez et al. 2003). Pero también es posible medir la circunferencia o sea la longitud del perímetro (Rondeux 2010, López y Ambrosio 2009, Diéguez et al. 2003, López y Marchal 1991). Cuando la sección transversal del fuste es circular, la división de la circunferencia entre 3.1416 ( $\pi$ ) genera el diámetro, con la ventaja de que no hay una dirección determinada para medirla (Diéguez et al. 2003). En el

caso de las plantaciones, se considera que la medición del diámetro y la circunferencia son apropiados (Philip 1994). El diámetro se mide con la forcípula o la cinta diamétrica (en realidad una cinta métrica con las longitudes divididas entre  $\pi$  y la circunferencia con la cinta métrica (Soares et al. 2010, Diéguez et al. 2003).

Existe el consenso de que la cinta métrica es más precisa que la forcípula (Rondeux 2010, Silva et al. 2005, Diéguez et al. 2003, Prodan et al. 1997, Alder y Synnott 1992, Synnott 1991 y Cailliez 1980) lo cual se puede explicar porque la lectura es equivalente al promedio de infinitos diámetros (Rondeux 2010), además la medición no es afectada por la orientación de modo que es más consistente (Campos y Leite 2009) y Rondeux 2010). Empero, la cinta métrica o la cinta diamétrica tienden a sobrestimar el diámetro (Diéguez et al. 2003, Philip 1994, Avery y Burkhart 1994 y Cailliez 1980).

A pesar de lo mencionado antes, estudios con especies tropicales indican que, estadísticamente, no hay desigualdades entre la forcípula y la cinta métrica; es el caso de *Cryptomeria* japónica con dap medio de 24 cm, en Rio Negro, Brasil (Corte et al. 2016), *Toona ciliata*, con dap medio de 27.1 cm, y *Swietenia macrophylla*, con dap medio de 19.8 cm; en sistemas agroforestales de Minas Gerais, Brasil (Costa et al. 2018) y *Pinus spp.* con dap medio de 38.5 cm, medido y *Eucalyptus spp.* con dap medio de 45.8 cm; en Piracicaba, Brasil (Freitas y Wichert 1998). No obstante, Wabö et al. (2007) si revelan diferencias la cinta diamétrica y la forcípula en la medición de *Nothofagus pumilio* (Provincia de Tierra del Fuego, Argentina) para árboles con dap de 10 cm a 80 cm.

Las contradicciones, antes mencionadas, tal como afirma Masías (2017), podrían tener como causa que la bibliografía clásica se refiere a resultados obtenidos en bosques templados.

En cuanto al precio de los equipos, las diferencias son notables, pues los precios para la forcípula de madera, forcípula de aluminio, cinta diamétrica de tela, cinta diamétrica de metal y cinta métrica de plástico son de 50 Soles, 1 200 Soles, 220 Soles, 320 Soles y 5 Soles; respectivamente (para marzo del 2020, el cambio de un dólar americano se cotizó en 3.4 Soles).

Entonces, es necesario comparar el error de la cinta diamétrica, la cinta métrica y la forcípula; para el caso de especies del trópico húmedo, como es el caso de *Guazuma* crinita. Con base en lo descrito, esta investigación propuso como objetivos:

- Determinar la precisión y el error de la cinta métrica, la cinta diamétrica y la forcípula en la medición del diámetro normal y el cálculo del volumen del fuste.
- Evaluar la precisión y el error de la forcípula en la medición del diámetro normal mediante la medición de uno o dos diámetros del fuste.
- Evaluar la precisión y el error de la media aritmética y la media geométrica en el cálculo del diámetro normal.

Se espera que esta investigación sirva a los interesados en mediciones de crecimiento, producción o productividad en plantaciones de *Guazuma* crinita “bolaina blanca” e, inclusive, de otras especies nativas que se estén empleando en plantaciones o que habiten en bosques secundarios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de estudio

El estudio se realizó en una plantación de *Guazuma* crinita de la Estación Experimental Agraria Pucallpa, del Instituto Nacional de Innovación Agraria (Km. 3 Carretera Federico Basadre, Pucallpa, Región Ucayali). Los árboles que se midieron tenían 13 años de edad y una altura promedio de 17 metros. El sitio tiene una temperatura media de 28°C y precipitación promedio anual de 1700 mm por año (UNU 2008); sobre una fisiografía de terraza alta.

### Mediciones de los árboles

El diámetro normal (dap) y la circunferencia normal (cap) del fuste se midieron a 1.30 metros de la base del fuste. Los diámetros se midieron con una cinta diamétrica metálica y una forcípula de aluminio. La circunferencia se midió con una cinta métrica de

material sintético (comúnmente usadas en costura). Las mediciones se hicieron en sentido perpendicular al fuste. Con la forcípula se midieron dos diámetros, pero, con base en lo que sugieren Philip (1994) y Diéguez et al. (2003), se midieron (sistemáticamente) dos diámetros perpendiculares entre sí, uno de ellos paralelo al lado de la plantación. Las mediciones se hicieron en centímetros, con redondeo al milímetro. Se consideró que la altura del fuste fue la longitud desde la base del árbol hasta la base de la copa, para lo cual se empleó un hipsómetro Blume Leiss.

### Tratamientos y repeticiones

Los tratamientos fueron los métodos mediante los que se obtuvieron los diámetros normales del fuste:

**CM:** dap que se obtuvo de la medición de la circunferencia con la cinta métrica.

**CD:** dap que se midió con la cinta diamétrica.

**FMA:** dap que se obtuvo de la media aritmética de dos diámetros medidos con la forcípula.

**FMG:** dap que se obtuvo de la media geométrica de dos diámetros medidos con la forcípula.

**F:** un dap medido con la forcípula.

El diámetro que se midió con la cinta métrica se reconoció como el diámetro normal real, porque la medición de la circunferencia no se afecta por la dirección en que se mide el diámetro y el cálculo del área basal es más preciso cuando se mide la circunferencia (Diéguez et al. 2003). Se midieron los 41 árboles de la plantación, una muestra grande que, por ser una cantidad superior a 30, permitió acogerse a la utilidad del teorema del límite central.

### Procesamiento de los datos

Los datos se archivaron electrónicamente en una hoja de EXCEL, en la cual se hicieron los cálculos para obtener los diámetros y volúmenes.

La sección transversal del fuste de un árbol tiende a asemejarse a la de un círculo, empero, se concurre cierta irregularidad o excentricidad (Diéguez et al. 2003, Prodan et al. 1997, Philip 1994, Cailliez 1980); por lo tanto, si la sección fuera cabalmente circular, el cociente entre cualquiera de dos diámetros equivaldría a la unidad. La irregularidad o excentricidad de la sección transversal del fuste se calculó mediante la división entre dos dap, con el dap mayor como dividendo y el dap menor como divisor.

De la circunferencia (cap) se obtuvo el dap mediante la siguiente fórmula:

$$dap = \frac{cap}{\pi}$$

De Moya (2005) se obtuvieron las fórmulas para calcular la media aritmética y la media geométrica:

$$\overline{d.a} = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$\overline{d.g} = \sqrt[2]{d_1 \times d_2}$$

Donde:  $\overline{d.a}$  = media aritmética

$\overline{d.g}$  = media geométrica

$d_1$  = primer dap

$d_2$  = segundo dap

El volumen de los fustes se generó mediante el empleo del volumen del cilindro, reducido por un factor mórfico de 0.7:

$$Volumen = \text{Área basal} \times \text{Altura de fuste} \times 0.70$$

Para el cálculo del error absoluto se consideró al dap medido con la cinta métrica como el dap real y se calculó como el valor absoluto de la diferencia entre el dap medido con la cinta métrica y el dap medido con otro equipo (Diéguez et al. 2003).

*Error absoluto*

= valor absoluto [diámetro con cinta métrica – diámetro con otro equipo]

El error relativo se obtuvo del error absoluto expresado en porcentaje.

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{Error absoluto}}{\text{dap medido con cinta métrica}} \times 100\%$$

De acuerdo con la recomendación de Prodan et al. (1997), se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson entre los dos diámetros que se midieron con la forcípula para analizar el grado de asociación entre las dos mediciones. Se compararon los diámetros normales del fuste mediante un análisis de varianza (ANOVA), con diseño de bloques completamente al azar; donde los tratamientos fueron los métodos como

se obtuvieron los dap y los bloques fueron los árboles. Previamente, la normalidad de los datos se verificó mediante la prueba de kolmogorov-Smirnov y la homocedasticidad mediante la prueba de Bartlett (si se comprobó el supuesto de normalidad) o mediante la prueba de Levene (si no se comprobó el supuesto de normalidad). Se empleó el logaritmo natural más uno de la variable (con base en lo sugerido por Steel y Torrie 1988) cuando no se comprobó la normalidad y homocedasticidad de los datos. Los análisis estadísticos se ejecutaron en el programa MINITAB (versión 17).

## RESULTADOS

### Irregularidad de la sección transversal del fuste

Se analizó el cociente entre los diámetros que se midieron con la forcípula. Se encontró que *Guazuma crinita* tiene una sección transversal muy cercana a la forma circular; con un cociente entre diámetros normales que varió entre 1.0 y 1.1, para el 78 % de los árboles. Entre los dos dap medidos con la forcípula de aluminio, también se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson de 0.936, muy cercano a uno, lo cual evidenció la fuerte asociación entre los dos dap y, por lo tanto, se coligió que la sección transversal del fuste fue casi circular.

### Diámetro normal del fuste por equipo

Las medias aritméticas y medianas, por equipos, no difirieron de manera notoria, pues las medias aritméticas variaron en décimas o centésimas de centímetro (Cuadro 1). El dap que se basó en una sola medición con la forcípula fue el que más se diferenció de los otros métodos (aunque, entre las medianas, las desigualdades fueron menos notorias). La variabilidad (desviación estándar y coeficiente de variabilidad) fue similar entre los métodos, donde las desviaciones estándar variaron en fracciones de centímetro (Tabla 1 y Figura 1).

**Tabla 1**

*Estadísticos descriptivos del dap.*

Estadístico	CM	CD	FMA	FMG	F
Media aritmética (cm)	17.283	17.271	17.132	17.080	16.741
Mediana (cm)	16.700	16.700	16.600	16.500	16.500
Desviación estándar (cm)	3.233	3.244	3.237	3.233	3.174
Coeficiente de variabilidad (%)	18.7	18.8	18.9	18.9	18.9

pág. 16

### Artículo científico

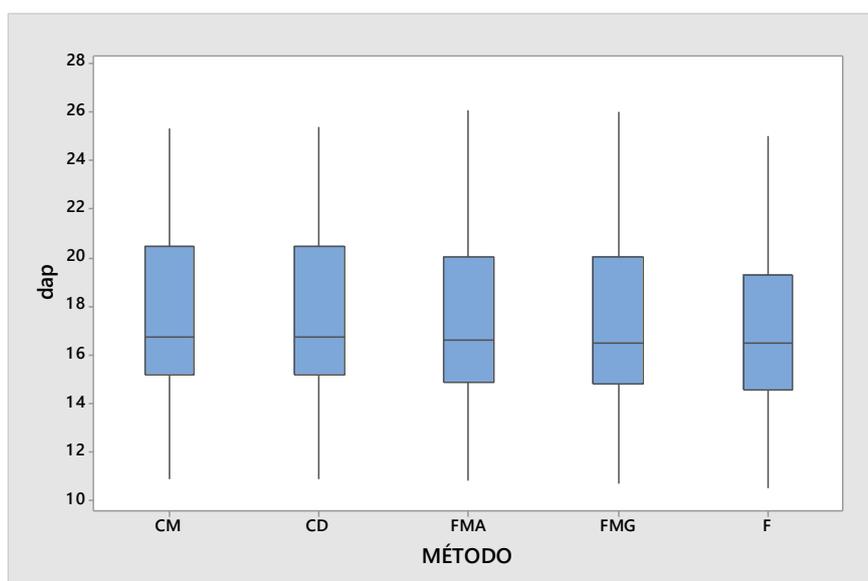
Volumen 5, Número 1, enero - junio, 2022

Recibido: 15-02-2022, Aceptado: 11-04-2022



<https://doi.org/10.46908/tayacaja.v5i1.191>





**Figura 1:** Gráfica de caja del dap por equipo.

Los coeficientes de correlación de Pearson evidenciaron la muy fuerte asociación entre los métodos de medición, pues el grado de la asociación entre la cinta métrica y la cinta diamétrica y entre el uso de la media aritmética y el uso de la media geométrica fue máximo (Tabla 2). No obstante, entre la medición de un dap y los otros cuatro métodos, el grado de la asociación fue claramente menor.

**Tabla 2**

*Coefficientes de correlación de Pearson para el dap y el volumen.*

Para el dap				
Método	CM	CD	FMA	FMG
CD	1.000			
FMA	0.996	0.996		
FMG	0.996	0.997	1.000	
F	0.978	0.978	0.983	0.982
Para el volumen				
Método	CM	CD	FMA	FMG
CD	1.000			
FMA	0.997	0.997		
FMG	0.997	0.997	1.000	
F	0.989	0.989	0.989	0.991

Para el dap, la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov no verificó el supuesto de normalidad ( $p < 0.010$ ), ni para el dap transformado por el logaritmo natural más uno ( $p = 0.025$ ); pero, la prueba de Levene si verificó el supuesto de homocedasticidad ( $p = 0.999$ ). No obstante se decidió aplicar el ANOVA sin los datos transformados, aunque no se verificó el supuesto de normalidad, porque se considera que el ANOVA es una prueba robusta ante el incumplimiento de los supuestos (Steel y Torrie 1988, Sokal y Rohlf 2002, Box et al. 2008, Montgomery 2013), porque todos los tratamientos tuvieron las

mismas repeticiones, o sea que el ANOVA estuvo balanceado (Samuels et al. 2012, Montgomery 2013) y el número de repeticiones fue grande, con más de 30 unidades experimentales (Samuels et al. 2012). El análisis de varianza para el dap y para el volumen no encontró diferencias ( $p = 0.000$ ) entre los tratamientos (el modelo explicó el 99.26 % y el 99.42 % de la variable de respuesta, respectivamente), en tanto que las pruebas post-hoc de Tukey y Bonferroni coincidieron en que el dap que se basó en una medición difirió de los otros tratamientos (Tabla 3).

**Tabla 3***Diferencias entre las medias de los tratamientos para el dap y el volumen.*

Equipo	dap		volumen	
	Tukey	Bonferroni	Tukey	Bonferroni
CM	a	a	a	a
CD	a	ab	a	a
FMA	ab	ab	a	a
FMG	b	b	a	a
F	c	c	b	b

**Error de los equipos**

Los errores del dap y del volumen (en ambos casos por árbol) fueron menores cuando el dap se midió con la

cinta diamétrica, pero fueron claramente superiores cuando con la forcípula se midió un solo diámetro (Tablas 4 y 5). También debe notarse que los errores relativos del volumen fueron mayores que los del dap.

**Tabla 4***Errores absolutos y relativos del dap por árbol.*

Estadístico	Error absoluto dap (cm)				Error relativo dap (%)			
	CD	FMA	FMG	F	CD	FMA	FMG	F
Media aritmética	0.027	0.234	0.266	0.712	0.2	1.3	1.5	4.0
Mediana	0.000	0.200	0.200	0.600	0.0	1.1	1.4	3.8

**Tabla 5***Errores absolutos y relativos del volumen por hectárea.*

Estadístico	Error absoluto volumen (m <sup>3</sup> /árbol)				Error relativo volumen (%)			
	CD	FMA	FMG	F	CD	FMA	FMG	F
Media aritmética	0.00183	0.00885	0.00963	0.02444	0.6	2.8	3.2	7.9
Mediana	0.00000	0.00800	0.00900	0.01800	0.0	3.0	3.7	8.0

Con respecto a los volúmenes del fuste por hectárea, no se encontraron diferencias entre los volúmenes cuando los dap se midieron con cinta diamétrica y cinta métrica, pero las desigualdades crecieron gradualmente cuando los diámetros se obtuvieron con la forcípula, con una diferencia de 7.7 m<sup>3</sup>/ha cuando

se mide un solo dap con la forcípula, un error que representa 1694 pies tablares aserrados de madera por hectárea, cantidad muy importante de considerar desde el punto de vista industrial y financiero (Tabla 6).

**Tabla 6***Error absoluto del volumen por hectárea.*

Estadístico	CM	CD	FMA	FMG	F
Volumen de la plantación (m <sup>3</sup> /ha)	113.8	113.9	111.9	111.2	106.1
Error absoluto (m <sup>3</sup> /ha)		-0.1	1.9	2.6	7.7
Error relativo (%)		0.0	1.7	2.3	6.8

## DISCUSIÓN

Este estudio halló que, en plantaciones de *Guazuma crinita* “bolaina blanca”, el diámetro de los árboles se puede medir directamente o medir la circunferencia y de esta última obtener el dap; respaldando la afirmación de Philip (1994) pero discrepando con Diéguez et al. (2003), dado que no se halló que sea una ventaja la medición de la circunferencia con respecto a la medición de dos diámetros con la forcípula. Empero, tal como aseveran Diéguez et al. (2003) y Philip (1994) el uso de la forcípula conlleva la obligatoriedad de medir dos diámetros y generar una media, ya sea aritmética o geométrica.

En este estudio se halló una contradicción entre los análisis descriptivos y los análisis inferenciales, pues aunque las medias y medianas de los dap no se diferenciaron notoriamente, el ANOVA halló diferencias estadística. No obstante, se advirtió que en la variabilidad se concentró en los árboles (o bloques) y no en los tratamientos (o equipos), de lo cual se coligió que cometió un error tipo I, o sea que se rechazó la hipótesis nula (no hubo diferencias entre los tratamientos) siendo verdadera. Al respecto Samuels et al. (2012) y Sokal y Rohlf (2002) advierten sobre la posibilidad de obtener conclusiones espurias cuando la variabilidad debida al error experimental supera a la variabilidad debida a los tratamientos. Por lo tanto, de los análisis descriptivos e inferenciales se razonó que, de manera notable, el método de medir un solo dap con la forcípula, se diferencia de los otros tratamientos; lo cual sería coherente con la revisión de la literatura pertinente.

Con respecto a los errores relativos, no debe extrañar que sea mayor con el volumen que con el dap, pues el cálculo del volumen tiene al dap como un componente más, este resultado es consistente con la aseveración de Prodan et al. (1997), quienes afirman que el error relativo en el área basal es el doble del error relativo del diámetro normal.

Este estudio halló que, con base en el análisis de la precisión y de los errores, para la medición correcta del diámetro normal del fuste, de *Guazuma crinita*, hasta una edad de 13 años (que supera el turno, rotación o edad de corta), en una plantación (y presumiblemente en un bosque secundario); se puede optar por el uso de la cinta métrica, la cinta diamétrica o, indistintamente, el cálculo de una media a partir de dos dap cuantificados con la forcípula; por lo tanto se difiere con Rondeux (2010), Silva et al. (2005)

Diéguez et al. (2003), Prodan et al. (1997), Alder y Synnott (1992), Synnott (1991) y Cailliez (1980) quienes alegan que la cinta métrica es más precisa que la forcípula.

Aunque se corroboró que la cinta métrica y la cinta diamétrica tienden a sobreestimar el dap, lo cual afirman Diéguez et al. (2003), Philip (1994), Avery y Burkhart (1994), Cailliez (1980); la sobrestimación es pequeña y se puede desestimar. Se coincidió con Costa et al. (2018), Corte et al. (2016) y Freitas y Wichert (1998) para quienes no hay diferencias estadísticas entre el uso de la cinta métrica, la cinta diamétrica y la forcípula, para especies nativas y exóticas tropicales establecidas en plantaciones puras.

Es pertinente considerar que no se perdió consistencia en las mediciones con la forcípula, porque las efectuó la misma persona; lo cual, como afirman Campos y Leite (2009) y Rondeux (2010), es un procedimiento que contribuye a disminuir las diferencias con respecto a las mediciones con las cintas métrica y diamétrica.

Se agrega que el empleo de la media aritmética y la media geométrica fue indistinto cuando se midieron dos dap con la forcípula, lo cual se debió a la circularidad de la sección transversal del fuste de *Guazuma crinita*.

Los errores absolutos, en términos de metros cúbicos por hectárea, que se hallaron cuando se miden los diámetros con forcípula fueron notoriamente importantes, que variaron entre 1.9 y 7.7 metros cúbicos por hectárea, equivalentes a 418 y 1694 pies tablares aserrados, una cantidad definitivamente a considerar desde el punto de vista industrial y financiero.

## CONCLUSIONES

Para árboles plantados de *Guazuma crinita*, producidos de semilla de diferentes procedencias, cuyas secciones transversales del fuste son próximas a la circularidad completa; se concluye que el diámetro normal del fuste se puede medir, sin distinción, con cinta métrica, cinta diamétrica o forcípula de aluminio; pero, en este último caso, se deben medir dos diámetros y promediarlos, de manera indistinta, con la media aritmética o media geométrica.

Los errores con cinta diamétrica y forcípula de aluminio, con respecto a la cinta métrica son bajos. Pero, los errores son conspicuos cuando se calculan a nivel de volumen de madera por hectárea. Empero, la selección del equipo para medir el dap obedecerá a la calidad de la medición que se imponga el interesado y el error que la autoridad forestal permita.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Alder, D; Synnott, TJ. 1992. Permanent sample plot techniques for mixed tropical forests. Oxford, UK, Oxford Forestry Institute. 124 p.
- [2] Avery, TE; Burkhardt, HE. 1994. Forest measurements. 4 ed. New York, USA, McGraw-Hill. 408 p.
- [3] Box, GE; Hunter, JS; Hunter, WG. 2008. Estadística para investigadores. Diseño, innovación y descubrimiento. 2 ed. Barcelona, España, Reverté. 639 p.
- [4] Cailliez, F. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento: estimación del volumen. Roma, Italia, FAO. 92 p.
- [5] Campos, JCC; Leite, HG. 2009. Mensuração florestal. 3ed. Viçosa, Brasil, Editora UFV. 548 p.
- [6] Corte D, AP; Sanquetta, CR; Oliveira, KA de; Behling, A; Coutinho M, V. 2016. Desempenho de diferentes equipamentos para mensuração de diâmetro a 1,30 m, altura individual total, e volume do fuste em *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L. f.) D. Don. *Enciclopédia Biosfera*, 13(23): 432-441.
- [7] Costa M, AC da; Miranda V, RO de; Soares V, AA; Ramos de O, L; Azevedo R, HC de; Oliveira F, J de; Souza da S, Jaqueline da. 2018. Compatibilidade de diâmetros de cedro-australiano e mogno africano obtidos por diferentes instrumentos. In *Simpósio de Ciências Agrárias e Ambientais (VI Simpósio da Agronomia e IV Simpósio da Engenharia Florestal, 2018, Minas Gerais, Brasil)*.
- [8] Diéguez A, U; Barrio A, M; Castedo D, F; Ruíz G, AD; Álvarez T, MF; Álvarez G, JG; Rojo A, A. 2003. *Dendrometría*. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa. 327 p.
- [9] Freitas G, A; Wichert P, MC. (1998). *Comparação entre instrumentos tradicionais de medição de diâmetro e altura com o criterion 400*. Brasil, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. 4 p.
- [10] Guariguata, M; Arce, J; Ammour, T; Capella, JL. 2017. *Las plantaciones forestales en Perú: reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro*. Bogor, Indonesia, CIFOR. 29 p.
- [11] López P, C; Ambrosio T, Y. 2009. *Dendrometría gráfica*. Madrid, España, Universidad Politécnica de Madrid. 98 p.
- [12] López P, C; Marchal N, B. 1991. *Dasometría práctica*. Madrid, España, Universidad Politécnica de Madrid. 149 p.
- [13] Malleux, J. 1982. *Inventarios forestales en bosques tropicales*. UNALM. Lima, Perú. 414 p.
- [14] Masías C, VM. 2017. *Consideraciones para la medición de diámetros y alturas de árboles vivos de *Polylepis flavipila* (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb*. Trabajo monográfico para la obtención del título profesional de ingeniero forestal. 49 p.
- [15] Montgomery, DC. 2013. *Diseño de experimentos*. 2 ed. D.F., México, Limusa. 686 p.
- [16] Moya C, R. 2005. *Estadística descriptiva*. 2 ed. Lima, Perú, Editorial San Marcos. 471 p.
- [17] Philip, M S. 1994. *Measuring trees and forests*. Wallingford, UK, CAB International. 310 p.
- [18] Prodan, M; Peters, R; Cox, F; Real, P. 1997. *Mensura forestal*. San José, CR, IICA, BMZ/GTZ. 561 p.
- [19] Rondeux, J. 2010. *Medición de árboles y masas forestales*. Trad. A Diaz de Barrionuevo. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa. 521 p.
- [20] Samuels, ML; Witmer, JA; Schaffner, A. 2012. *Fundamentos de estadística para las ciencias de la vida*. Madrid, España, Pearson. 631 p.
- [21] SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Perú). 2015. *Perú forestal en números*. Lima, Perú.
- [22] Silva, JN; Lopes, J; Oliveira, L de; Silva, S da; Carvalho, J de; Costa, D; Melo, M; Tavares, M. 2005. *Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira*. Belem, Brasil, CIFOR, ITTO, EMBRAPA. 68 p.
- [23] Soares, CPB; Neto, F; Souza, AL. 2010. *Dendrometría e inventário florestal*. Viçosa, Brasil, Universidad Federal de Viçosa. 276 p.
- [24] Sokal, RR; Rohlf, FJ. 2002. *Introducción a la bioestadística*. Barcelona, España, Reverté. 362 p.

- [25] Steel, RG; Torrie, JH. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. 2 ed. D.F., México, McGraw-Hill. 622 p.
- [26] Synnott, T J. 1991. Manual de procedimientos de parcelas permanentes para bosque húmedo tropical. Trad. J Valerio. CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 103 p.
- [27] Universidad Nacional de Ucayali – UNU. 2008. Estación meteorológica. Datos climáticos de ocho años en la zona de Pucallpa, Perú.
- [28] Wabö, E; Cellini, JM; Martínez Pastur, G; Lencinas, MV. 2007. Comparación entre la exactitud relativa de la forcípula y de la cinta diamétrica en la determinación del DAP, el área basal y el volumen, Quebracho no.14:5-14.