

Metodología para la medición del diámetro del fuste y cálculo de área y volumen de árboles

Methodology for measure of diameter of stem and calculation of area and volume of trees

*Ing. Luis Alejandro Rodríguez-García, luroga66@hotmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-8378-452X>;*

*Mg. Octavio Francisco Javier Galván-Gildemeister, ogalvang@unia.edu.pe,
<https://orcid.org/0000-0002-5688-4891>;*

*Ing. Erasmo Andrés Rosado-Orneta, sirf2012@hotmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-7160-2389>*

Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Pucallpa, Ucayali, Perú

Resumen

Para determinar la precisión y el error, en la medición del diámetro del fuste y en el cálculo del área basal y volumen, entre cuatro instrumentos; se seleccionaron, al azar, 138 árboles con diámetro de fuste igual o superior a 30 cm; en un bosque primario intervenido de Ucayali, Amazonia peruana. Se comparó la cinta métrica, cinta diamétrica, forcípula de aluminio y forcípula de madera. La precisión fue muy cercana entre los cuatro instrumentos. Los errores de los métodos, fueron muy bajos; no superaron 1.4 cm como error absoluto, ni 3.1 % como error relativo. El menor error fue con la cinta métrica y la cinta diamétrica.

Palabras clave: precisión, error de medición, forcípula, cinta métrica.

Abstract

To determine the precision and the error, in the measurement of the diameter of the stem and in the calculation of the basal area and volume, between four instruments; 138 trees with a stem diameter equal to or greater than 30 cm were selected at random; in a primary forest intervened in Ucayali, Peruvian Amazon. The tape measure, diameter tape, aluminum caliper and wooden caliper were compared. Accuracy was very close between the four instruments. The errors of the methods were very low; they did not exceed 1.4 cm as an absolute error, nor 3.1% as a relative error. The smallest error was with the tape measure and the tape measure.

Key words: precision, measurement error, caliper, tape measure.

Introducción

En el Perú, La Ley Forestal y de Fauna Silvestre establece la obligatoriedad de aprovechar el bosque mediante planes de manejo forestal, lo cual obliga a los productores de madera a cuantificar la madera mediante inventarios forestales o censos comerciales (INRENA *et al.*, 2004; Sabogal *et al.*, 2004). Ello, por consiguiente, obliga a medir los diámetros del fuste de los árboles de manera conveniente. Pero, el reciente impulso a la trazabilidad de la madera extraída, para verificar su legalidad, obliga a los productores a mejorar los métodos de medición, en especial del diámetro. Pues este es requerido para generar otras variables de crecimiento, producción y productividad, como el área basal y el volumen (Diéguez *et al.*, 2003; Soares *et al.*, 2010). Algunos métodos de medición de árboles son adaptaciones utilizadas en otros ecosistemas (Masías, 2017). De tal modo, es necesario dilucidar cuál es el equipo más adecuado para medir los diámetros normales, pues, tanto la forcípula como la cinta diamétrica tienen ventajas y desventajas.

El diámetro del fuste es la variable dendrométrica más fácil de medir (Prodan *et al.*, 1997; Diéguez *et al.*, 2003; Rondeux, 2010; Soares *et al.*, 2010) y sirve para cuantificar otras variables, como el volumen, área basal, etc. (Diéguez *et al.*, 2003). Cuando el diámetro del fuste se mide a una altura referencial, en muchos países a 1.30 m del suelo, se denomina diámetro normal o comúnmente diámetro a la altura del pecho o dap (López & Marchal, 1991, Avery & Burkhart, 1994, Diéguez *et al.*, 2003, López & Ambrosio, 2009). También se puede medir la circunferencia del fuste, para seguidamente calcular el diámetro, la cual también se mide a 1.30 metros y por esto se denomina circunferencia normal (López & Marchal, 1991; Diéguez *et al.*, 2003; López & Ambrosio, 2009; Rondeux, 2010).

Con la cinta métrica se mide la circunferencia y con la forcípula se mide el diámetro (Avery & Burkhart, 1994, Philip, 1994). En el caso del uso de la cinta métrica, la medición tiene que dividirse entre π para generar el diámetro. No obstante, hay cintas métricas con dos escalas, una para medir circunferencias y otra para medir directamente el diámetro (Prodan *et al.*, 1997, Diéguez *et al.*, 2003, Soares *et al.*, 2010).

Generalmente, cuando se mide el diámetro con una forcípula, se realizan dos mediciones (Philip, 1994, Diéguez *et al.*, 2003) y se calcula una media; siendo la media más común la media aritmética, pero también se emplea la media geométrica cuando la sección es muy elíptica (Diéguez *et al.*, 2003).

Se considera que la cinta métrica es más precisa que la forcípula (Prodan *et al.*, 1997; Camacho, 1998; Camacho, 2000; Pinelo, 2000; Diéguez *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2005).

Rondeux (2010) considera que esto se debe a que la obtención del diámetro a partir de la circunferencia, equivale a generar la media de infinitos diámetros. Prodan *et al.* (1997), recomienda la cinta métrica para estudios de crecimiento. Dos ventajas, evidentes, de la cinta métrica es la facilidad para su transporte (Prodan *et al.*, 1997, Diéguez *et al.*, 2003) y que, al contrario de la forcípula, la medición no es afectada por el eje que se seleccione para medir el diámetro (Diéguez *et al.*, 2003). Empero, la cinta métrica sobrestima el diámetro (Avery & Burkhart, 1994; Philip, 1994; Diéguez *et al.*, 2003), especialmente cuando se mide fustes con secciones no circulares (Prodan *et al.*, 1997).

La forcípula es un calibre grande, cuyos brazos deben estar en posición paralela y el brazo móvil debe mantener una posición perpendicular con la regla del instrumento (Prodan *et al.*, 1997; Diéguez *et al.*, 2003; Rondeux, 2010; Soares *et al.*, 2010).

Algunos estudios señalan que no existen diferencias estadísticas, entre la cinta métrica y la forcípula, cuando se miden los diámetros normales en plantaciones de *Cryptomeria japonica* (Corte *et al.*, 2016), de *Pinus* spp. y *Eucalyptus* spp. (Freitas & Wichert, 1998) y *Toona ciliata* y *Swietenia macrophylla* (Costa *et al.*, 2018). No obstante, en un bosque natural casi coetáneo (Tierra del Fuego, Argentina), de *Nothofagus pumilio*, Wabö *et al.* (2007) reportan diferencias, entre el dap medido con cinta diamétrica y medido con forcípula.

El área basal es la superficie de la sección transversal del fuste, que se denomina sección normal cuando se mide el diámetro normal del fuste (Diéguez *et al.*, 2003). La sección normal se mide en centímetros cuadrados, pero, la suma de las áreas basales de los árboles, o área basimétrica; se expresa en metros cuadrados por hectárea (Diéguez *et al.*, 2003; Soares *et al.*, 2010). Diéguez *et al.* (2003) considera que es más preciso medir la circunferencia y de esta calcular el diámetro, para luego calcular el área basal.

Este estudio tiene como objetivo determinar las diferencias entre la forcípula de aluminio, forcípula de madera, cinta diamétrica y cinta métrica en la medición del diámetro normal y en el cálculo del área basal y volumen del fuste de los árboles de un bosque primario intervenido de la Amazonia peruana.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en un bosque primario intervenido del distrito Alexander von Humboldt, Región Ucayali, Amazonia peruana. El bosque se encuentra en una fisiografía de colinas bajas, pertenece a la zona de vida bosque húmedo premontano tropical, con

una temperatura y precipitación, media anual, de 27 °C y 3600 mm; respectivamente (Angulo *et al.*, 1997).

Se seleccionaron al azar 138 árboles, con un diámetro normal mayor o igual a 30 cm, de varias especies; de los cuales 62 árboles tuvieron diámetros inferiores al diámetro mínimo de corta (generalmente fijado en 40 cm) y 76 árboles con diámetros superiores.

Cuando fue posible se midió la circunferencia y el diámetro del fuste a 1.30 m del suelo (que correspondió con la circunferencia normal y el diámetro normal). Empero, la principal decisión, fue medir la circunferencia y el diámetro a una altura del fuste en que no hubiera deformaciones, pudriciones, irregularidades debidas a las raíces tablares o raíces fúlcreas, desgarros o cualquier otra anomalía que pudiera alterar la medición.

Las mediciones se efectuaron en centímetros, con aproximación al milímetro. Se empleó la cinta métrica-diamétrica de aluminio (Forestry Suppliers). De manera rigurosa, la cinta métrica-diamétrica se colocó perpendicularmente al eje del fuste.

Con la forcípula de aluminio o de madera se midieron dos diámetros, el diámetro mayor y el diámetro menor. Ambos instrumentos se colocaron perpendicularmente al eje imaginario del fuste, el brazo móvil paralelo al brazo fijo y perpendicular a la regla de medición.

La altura del fuste consistió en una estimación de la longitud desde el suelo hasta el punto de inicio de la copa.

Los tratamientos fueron las modalidades que se emplearon para medir los diámetros:

- Diámetro medido con cinta métrica (CM).
- Diámetro medido con cinta diamétrica (CD).
- Diámetro calculado mediante media aritmética de dos diámetros medidos con la forcípula de aluminio (FAMA).
- Diámetro calculado mediante media geométrica de dos diámetros medidos con la forcípula de aluminio (FAMG).
- Diámetro calculado mediante media aritmética de dos diámetros medidos con la forcípula de madera (FMMA).
- Diámetro calculado mediante media geométrica de dos diámetros medidos con la forcípula de madera (FMMG).

Las medias aritméticas y las medias geométricas se calcularon mediante las expresiones matemáticas proporcionadas por Moya (2005).

El diámetro normal, a partir de la circunferencia, fue el cociente de la circunferencia y el valor de π o 3.1416 (Diéguez *et al.*, 2003).

El área basal del fuste se calculó con la fórmula del área del círculo (Diéguez *et al.*, 2003):

$$\text{Área basal} = \frac{\pi \times dap^2}{40000}$$

Donde el *dap* se midió en centímetros y el área basal se calculó en metros cuadrados.

El volumen del fuste se obtuvo mediante la fórmula proporcionada por Diéguez *et al.* (2003).

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

La precisión se determinó mediante el cálculo del error estándar (Diéguez *et al.*, 2003) y los errores absolutos y relativos (donde los valores reales fueron los obtenidos con la cinta métrica) mediante las fórmulas que recomienda Diéguez *et al.* (2003):

$$\text{Error absoluto} = \text{valor absoluto [con la cinta métrica} - \text{con otra modalidad]}$$

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

La excentricidad de la sección transversal del fuste se determinó mediante la razón del diámetro mayor y el diámetro menor (Prodan *et al.*, 1997), que se midieron con la forcípula de aluminio.

Análisis estadísticos

Para comparar los tratamientos se realizó un análisis de varianza con diseño de bloques completamente al azar, donde el tratamiento fue la modalidad de medición del diámetro y el bloque fue el árbol. De acuerdo con Costa *et al.* (2018), también se empleó un análisis de correlación para comparar los tratamientos.

El supuesto de normalidad, del análisis de varianza, se probó con la prueba de kolmogorov-Smirnov y el supuesto de homogeneidad de varianzas u homocedasticidad se probó con la prueba de Bartlett (si se cumplió con la prueba de normalidad) o con la prueba de Levene (no se cumplió con la prueba de normalidad). En caso que no se cumplió uno o los dos supuestos, del análisis de varianza, la variable se transformó mediante el logaritmo neperiano más uno. De acuerdo con Prodan *et al.* (1997). La excentricidad se analizó mediante un análisis de correlación.

Resultados y discusión

Excentricidad de la Sección Transversal del Fuste

La sección transversal del fuste, de las diferentes especies, fue muy cercana a la forma circular, pues el 83 % de los árboles tuvieron una razón de entre 1.00 y 1.18 y el 16 % de entre 1.18 y 1.35. El coeficiente de correlación de Pearson, entre el diámetro mayor y el

diámetro menor, fue de 0.978; e indicó que es baja la excentricidad o irregularidad de la sección de los árboles, de un bosque primario del trópico húmedo.

Análisis Descriptivo de las Mediciones del Diámetro del Fuste

Para la variable diámetro normal, los estadísticos de tendencia central (media y mediana) no difirieron de manera notoria pues, entre la cinta métrica (CM) y la cinta diamétrica (CD), sus respectivas medias aritméticas y medianas variaron en centésimas de centímetro. Asimismo, entre las mediciones de las forcípulas, con cualquiera de las dos medias, la variación fue por décimas de centímetro (Tabla 1). No obstante, se reconoce que la cinta métrica y la cinta diamétrica presentaron medias y medianas ligeramente superiores a las calculadas con las forcípulas.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de la medición del diámetro normal.						
Estadístico	CM	CD	FAMA	FAMG	FMMA	FMMG
Media aritmética	46.63	46.61	45.78	45.67	45.42	45.31
Mediana	42.20	42.25	41.30	41.10	40.75	40.65

Fuente: Elaboración propia.

Los coeficientes de Pearson, de los análisis de correlación (Tabla 2), corroboraron los anteriores análisis descriptivos, puesto que las asociaciones entre los equipos de medición de los diámetros de fuste fueron muy altos y cercanos a la unidad.

Tabla 2. Coeficientes de correlación de Pearson entre tratamientos sobre la medición del diámetro del fuste.					
Equipo	CM	CD	FAMA	FAMG	FMMA
CD	1.000				
FAMA	0.998	0.998			
FAMG	0.998	0.998	1.000		
FMMA	0.997	0.997	0.999	0.999	
FMMG	0.997	0.997	0.999	0.999	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de este estudio respaldan a Avery y Burkhart (1994), Philip (1994), y Diéguez *et al.* (2003) dado que también se encontró que la cinta métrica y la cinta diamétrica generan mediciones mayores que la forcípula, empero; en este estudio se halló que aquella sobrestimación es muy reducida y se podría despreciar, de manera que se discrepa con Diéguez *et al.* (2003), pues no es evidente la ventaja de obtener el dap a partir de la medición de la circunferencia, con respecto a la obtención del dap a partir de la medición de dos diámetros con forcípula.

Análisis Inferencial de la Medición del Diámetro del Fuste

La prueba de Kolmogorov-Smirnov señaló que los datos no se distribuyeron normalmente ($p < 0.010$), ni siquiera con la variable transformada por el logaritmo neperiano más uno ($p < 0.010$). Pero la prueba de Levene verificó el cumplimiento del supuesto de homogeneidad de varianzas ($p = 1.000$). Sin embargo, no se consideró el incumplimiento del supuesto de normalidad como un impedimento para realizar el análisis de varianza, pues este análisis estadístico es una prueba robusta ante el incumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Steel & Torrie, 1988; Sokal & Rohlf, 2002; Box *et al.*, 2008; Montgomery, 2013), especialmente cuando el análisis de varianza es balanceado, o sea, que tiene el mismo número de repeticiones en cada tratamiento (Samuels *et al.*, 2012; Montgomery, 2013), es del modelo de efectos fijos (Montgomery, 2013) y la muestra no es pequeña (Samuels *et al.*, 2012). El análisis de varianza (Tabla 3), sin los datos transformados, encontró que existen diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.000$) entre los tratamientos.

Tabla 3. Análisis de varianza para el diámetro del fuste.					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	5	232	46.37	114.69	0.000
Árbol	137	192766	1407.05	3479.90	0.000
Error	685	277	0.40		
Total	827	193275			
Fuente: Elaboración propia.					

No obstante, fue evidente que el mayor componente de la variación fue la variación entre los árboles, mas no entre los tratamientos. De la suma de cuadrados de cada componente, se encontró que la variación debida a los equipos fue de 0.1 % ($232/193275 \times 100$ %), la variación debida a los árboles fue de 99.7 % ($192766/193275 \times 100$ %) y la debida al error experimental de 0.1 % ($277/193275 \times 100$ %). De los resultados se desprende que se cometió error tipo I, o sea que se rechazó la hipótesis nula (la medición de los dap es similar entre los tratamientos) siendo verdadera, siendo pertinente mencionar que Samuels *et al.* (2012) y Sokal y Rohlf (2002), señalan que, cuando la variación en los bloques supera a la variación de los tratamientos, las conclusiones podrían ser espurias. Por lo tanto, dado que los árboles fueron la principal fuente de variabilidad, y las insignificantes diferencias entre las medias y medianas, se coligió que no hubo diferencias entre las modalidades de medición del dap. Los resultados que se hallaron serían similares a los de Corte *et al.* (2016), Freitas y Wichert (1998), y Costa *et al.* (2018); aunque estos últimos se refieren a especies tropicales de plantaciones.

Precisión en la Medición del Diámetro, Área Basal y Volumen del Fuste

La precisión de los seis tratamientos y para las tres variables (diámetro, área basal y volumen del fuste) fueron similares (Tabla 4), con diferencias insignificantes; dado que los errores estándar, para el diámetro, variaron en una centésima de centímetro, para el área basal en no más de cuatro de diez milésimas de metro cuadrado y para el volumen en no más de tres milésimas de metro cúbico. La mayor diferencia, en precisión del cálculo de volúmenes, se encontró entre la cinta métrica y diamétrica, con respecto a la forcípula de madera. Aunque varios autores (Prodan *et al.*, 1997; Camacho, 1998; Camacho, 2000; Pinelo, 2000; Diéguez *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2005; Rondeux, 2010), afirmen que la cinta métrica es más precisa que la forcípula (de aluminio y de madera), los resultados de este estudio no respaldan aquella afirmación.

Tabla 4. Errores estándar del diámetro, área basal y volumen del fuste.

Variable	CM	CD	FAMA	FAMG	FMMA	FMMG
Diámetro (cm)	1.31	1.31	1.31	1.30	1.30	1.30
área basal (m ²)	0.0115	0.0115	0.0114	0.0113	0.0112	0.0111
Volumen (m ³)	0.123	0.123	0.122	0.122	0.120	0.120

Fuente: Elaboración propia.

Error en la Medición del Diámetro y en el Cálculo del Área Basal y Volumen del Fuste por Árbol

Para el diámetro del fuste las medias aritméticas, de los errores absolutos y relativos, fueron bajas; pues no superaron 1.4 cm como error absoluto, ni 3.1% como error relativo (Tablas 5 y 6, respectivamente), aunque el menor error se halló con la cinta diamétrica. Tal como afirman Prodan *et al.* (1997), los errores en el cálculo del área basal y el volumen fueron mayores que para la medición del diámetro (los errores relativos casi se duplicaron), aunque tampoco pueden considerarse altos. Los mayores errores se obtuvieron con la forcípula de madera y la media geométrica.

Tabla 5. Media aritmética del error absoluto en la medición del diámetro, área basal y volumen por árbol.

	CD	FAMA	FAMG	FMMA	FMMG
Diámetro	0.2	1.1	1.2	1.3	1.4
Área basal	0.002	0.008	0.009	0.010	0.011
Volumen	0.011	0.066	0.070	0.078	0.084

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Media aritmética del error relativo en la medición del diámetro, área basal y volumen por árbol.

	CD	FAMA	FAMG	FMMA	FMMG
Diámetro	0.5	2.4	2.6	2.9	3.1
Área basal	1.0	4.7	5.0	5.7	6.1
Volumen	1.0	4.7	5.0	5.7	6.1

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados permiten afirmar que no es más conveniente el uso de la cinta métrica o la cinta diamétrica que el uso de la forcípula cuando se miden dos diámetros, de modo que el uso de uno u otro instrumento dependerá más de aspectos relacionados con el costo y la funcionalidad del empleo. Tampoco se encontró que el uso de la media aritmética y la media geométrica generan diferentes resultados, aunque el uso de ambas medias debería probarse midiendo el dap de especies con secciones transversales notoriamente irregulares.

Conclusiones

- 1. En un bosque húmedo tropical primario, prístino o intervenido; la cinta métrica y la conta diamétrica no tienen una notoria ventaja (en términos de precisión y de error) sobre las forcípulas en la medición del diámetro del fuste, y en el cálculo del área basal y del volumen.*
- 2. La elección entre la forcípula y la cinta métrica o cinta diamétrica depende más de aspectos prácticos, funcionales y económicos. El empleo de la cinta métrica es indiferente del empleo de la cinta diamétrica. El empleo de la media aritmética es indistinto del empleo de la media geométrica cuando se promedian dos diámetros medidos con las forcípulas.*

Referencias bibliográficas

1. Angulo, W., Vidaurre, H., Flores, Y., Soudre, M., & Ricse, A. (1996). Experiencias silviculturales en la Estación Experimental Alexander von Humboldt, Amazonia peruana. *América Tropical*.
2. Avery, T. & Burkhart, H. (1994). *Forest measurements*. McGraw-Hill.
3. Box, G., Hunter, J., & Hunter, W. (2008). *Estadística para investigadores*. Reverté.
4. Camacho, M. (1998). *Aspectos conceptuales y prácticos sobre crecimiento de árboles y rodales naturales tropicales*. CATIE.
5. Camacho, M. (2000). *Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: guía para el establecimiento y medición*. CATIE.
6. Corte, A., Sanquetta, C., Oliveira, K., Behling, A., & Coutinho, V. (2016). Desempenho de diferentes equipamentos para mensuração de diâmetro a 1,30 m, altura individual total, e volume do fuste em *Cryptomeria japônica*. *Enciclopédia Biosfera*, 13(23), 432-441.
7. Costa, A., Miranda, R., Soares, A., Ramos, L., Azevedo, H., Oliveira, J., & Souza, J. (2018). Compatibilidade de diâmetros de cedro-australiano e mogno africano obtidos por diferentes instrumentos. *Ciencias Agrárias e Ambientais*, 17, 54-63.

8. Diéguez, U.; Barrio, M., Castedo, F., Ruíz, A., Álvarez, M., Álvarez, J., & Rojo, A. (2003). *Dendrometría*. Ediciones Mundi-Prensa.
9. Freitas, A., & Wichert, M. (1998). *Comparação entre instrumentos tradicionais de medição de diâmetro e altura com o criterion 400*. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais Press.
10. López, C., & Ambrosio, Y. (2009). *Dendrometría gráfica*. Universidad Politécnica de Madrid Editorial.
11. López, C., & Marchal, B. (1991). *Dasometría práctica*. Universidad Politécnica de Madrid Editorial.
12. Masías, V. (2017). *Consideraciones para la medición de diámetros y alturas de árboles vivos de *Polylepis flavipila* (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb*. Ediciones Universidad Nacional Agraria La Molina.
13. Montgomery, D. (2013). *Diseño de experimentos*. Limusa.
14. Moya, R. (2005). *Estadística descriptiva*. Editorial San Marcos.
15. Philip, M. (1994). *Measuring trees and forests*. CAB International.
16. Pinelo, G. (2000). *Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la reserva de la Biosfera Maya*. CATIE.
17. Prodan, M., Peters, R., Cox, F., & Real, P. (1997). *Mensura forestal*. IICA, BMZ/GTZ.
18. Rondeux, J. (2010). *Medición de árboles y masas forestales*. Ediciones Mundi-Prensa.
19. Sabogal, C., Carrera, F., Colán, V., Pokorny, B., & Louman, B. (2004). *Manual para la planificación y evaluación del manejo forestal operacional en bosques de la Amazonia peruana*. INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE.
20. Samuels, M., Witmer, J., & Schaffner, A. (2012). *Fundamentos de estadística para las ciencias de la vida*. Pearson.
21. Silva, N., Lopes, J.; de Oliveira, L., da Silva, S., de Carvalho, J., Costa, D., Melo, M., & Tavares, M. (2005). *Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira*. CIFOR ITTO EMBRAPA.
22. Soares, C., Neto, F. & Souza, A. (2010). *Dendrometria e inventário florestal*. Universidad Federal de Viçosa Press.
23. Sokal, R., & Rohlf, F. (2002). *Introducción a la bioestadística*. Reverté.
24. Steel, R. & Torrie, J. (1988). *Bioestadística: principios y procedimientos*. McGraw-Hill.
25. Wabö, E., Cellini, J., Martínez, G., & Lencinas, M. (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*, 14,5-14.