

## Determinación del crecimiento de una plantación *Tectona grandis* L. f., Parroquia Sucre cantón 24 de Mayo, Manabí, Ecuador

Determination of the growth of a *Tectona grandis* L. f. plantation, Sucre Parish, 24 de Mayo canton, Manabí, Ecuador

César Alberto Cabrera Verdesoto<sup>1</sup>, Jennifer Andrea García Álava<sup>2</sup>  
Otto Francisco Mero Jalca<sup>1</sup>, Ignacio Estévez Valdez<sup>1</sup>, Rodrigo Paúl Cabrera Verdezoto<sup>1</sup>

*1 Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador*  
*2 Ingeniera. Forestal, Profesional Autónomo*

Recibido 10 febrero 2024, recibido en forma revisada 10 abril 2024, aceptado 10 de mayo 2024, en línea 30 de junio 2024.

### Resumen

La *Tectona grandis* L. f. es ampliamente valorada y utilizada en el ámbito comercial debido a sus notables características físicas y mecánicas, así como su elevado valor económico. Ecuador se ha destacado como uno de los países de Latinoamérica con una considerable extensión de hectáreas dedicadas a la plantación de esta especie. Para el año 2014, se registraron 14.249,54 hectáreas de *T. grandis* L. f, con el 13,90% ubicadas en la provincia de Manabí. No obstante, existe una significativa falta de información sobre el rendimiento volumétrico de esta plantación. Este estudio se llevó a cabo en una plantación de 8,4 hectáreas con una densidad de 3x3, se establecieron sistemáticamente 5 parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup> con un radio de 12,62 m., en la plantación de *T. grandis* de 17 años en la investigación se obtuvo resultados del monitoreo del año 2021, donde el incremento medio anual (IMA) del diámetro fue de 0,011 m, de la altura total fue de 1 m, de la altura comercial fue de 0,39 m, del área basal fue de 9,33 m<sup>2</sup>, del volumen total fue de 113,84 m<sup>3</sup> y del volumen comercial fue de 45,45 m<sup>3</sup>. De los árboles de 0,12 m de diámetro el volumen total a aprovechar en toda la plantación es de 1922,73 m<sup>3</sup> y de volumen comercial 771,02 m<sup>3</sup>.

**Palabras clave:** incremento, variables dasométricas, volumen, plantación. Incremento, variables dasométricas, volumen, plantación.

### Abstract

*Tectona grandis* L. f. is highly valued and widely used commercially due to its remarkable physical and mechanical properties, as well as its high economic value. Ecuador has emerged as one of the Latin American countries with a substantial area dedicated to the cultivation of this species. By 2014, 14,249.54 hectares of *T. grandis* L. f. were recorded, with 13.90% of these located in the province of Manabi. However, there is a significant lack of information on the volumetric yield of this plantation. This study was conducted on an 8.4-hectare plantation with a 3x3 density. 5 circular plots of 500 m<sup>2</sup> with a radius of 12.62 m were systematically established. In the *T. grandis* plantation of 17 years old, the research obtained results of the monitoring of the year 2021, where the mean annual increment (MAI) of the diameter was 0.011 m, the total height was 1 m, the commercial height was 0.39 m, the basal area was 9.33 m<sup>2</sup>, the total volume was 113.84 m<sup>3</sup> and the commercial volume was 45.45 m<sup>3</sup>. The total volume of trees of 0.12 m in diameter to be harvested in the entire plantation is 1922.73 m<sup>3</sup> and the commercial volume is 771.02 m<sup>3</sup>.

**Keywords:** increase, dasometric variables, volume, plantation. Increment, dasometric variables, volume, plantation.

### Introducción

Un efecto de la deforestación de bosques nativos es que ha impulsado el desarrollo de plantaciones forestales certificadas, debido al aumento constante

de la demanda mundial de productos de madera. En esta industria, destaca la *Tectona grandis* L. f. (Teca), una especie forestal muy valorada originaria de Birmania, India, Tailandia, Indochina y regiones circundantes, por sus cualidades de textura,

\* Correspondencia del autor:

E-mail: cesar.cabrera@unesum.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

durabilidad y resistencia a hongos, termitas y descomposición. Su cultivo se ha extendido a otros países tropicales del mundo (Navas, 2015).

La *Tectona grandis* L, f. (Teca) es una especie que produce una de las maderas más preciadas y buscadas globalmente, debido a sus múltiples usos y características únicas en cuanto a color y durabilidad, cumpliendo con los altos estándares de calidad de sus derivados (Armijos, 2014).

González (2017) menciona que la actividad forestal es una importante fortaleza para el sostenimiento económico y social de cualquier país, ya sea desarrollado o en vías de desarrollo. Esto no solo se debe a los beneficios económicos y generación de empleo, sino también a las funciones esenciales de los bosques en la regulación de los ecosistemas y la protección del medio ambiente, incluyendo el incremento de la biodiversidad, la belleza escénica y paisajística, la recreación y la captura de dióxido de carbono atmosférico.

Ecuador posee una superficie boscosa total de 28`356.000 has, de las cuales se estima que 14.4 millones contienen plantaciones forestales.

Más del 50% del territorio ecuatoriano está cubierto por actividad forestal, lo cual, gracias a su ubicación geográfica privilegiada, hace de este país un lugar ideal para el desarrollo de numerosas especies arbóreas (Indacochea, 2018).

Según datos del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), hasta el año 2014 se registraron 14.249,54 hectáreas de plantaciones de teca en Ecuador, de las cuales 1981,37 hectáreas corresponden a la provincia de Manabí.

El mercado mundial de la teca es amplio, con países asiáticos y europeos liderando la lista de compradores de madera tropical. Entre los principales productores se encuentran países de América Central y del Sur. Hasta el año 2012, Ecuador tenía una participación del 5% en el mercado, un promedio destacable (Aguirre & Piloza, 2017).

El rendimiento de una plantación depende en gran medida de la capacidad productiva del sitio, la preparación del terreno y el manejo aplicado. En algunos lugares, los árboles crecerán rápidamente, alcanzando grandes volúmenes en poco tiempo, mientras que en otros el crecimiento es más lento o limitado (Murillo et al., 2017).

Generalmente, la medición de variables de un árbol se realiza con el objetivo de estimar el volumen y el crecimiento de la masa forestal, agregando los volúmenes y crecimientos de los árboles individuales, para la asignación de calidades de estimación y la creación de modelos de simulación del estado de la masa (Yner, 2014).

Esta investigación se enfocó en determinar el crecimiento de una plantación de *Tectona grandis* L.f, de 17 años, con el objetivo de conocer el incremento medio anual de las variables dasométricas como diámetro, altura, área basal y volumen.

## Materiales y Métodos

### Área de Estudio

El estudio se realizó en una plantación de *Tectona grandis* L. f., que abarca una superficie total de 8.4 hectáreas con una densidad de 3x3. Esta plantación está situada en las coordenadas UTM:563657 y 9864436, a una altitud de 89 msnm, en la comunidad El Chial, parroquia Sucre, cantón 24 de Mayo. La zona se caracteriza por temperaturas que varían entre 25° y 30°C y precipitaciones medias anuales que oscilan entre 700 y 1800 mm (Andrade 2015) (Figura 1).

### Implementación de Unidades Experimentales

Para la determinación el número de parcelas a implementar, se utilizó una tabla de intensidad de muestreo basada en el número de hectáreas, desarrollada por Vega (2013) en su investigación "Seguimiento y Valoración de Madera de *Tectona Grandis* L.f. (Teca) para la Exportación en la Provincia de Los Ríos, Empresa Reybanpac". Esta tabla fue adaptada del trabajo Spitler (1995) "Distribución de parcelas circulares en plantaciones forestales con un diseño de muestreo sistemático", eligiendo un porcentaje de 0.03% para las 8,4 hectáreas.

La fórmula aplicada para la intensidad de muestreo fue la propuesta por Vega (2013).

$$IM = \frac{A * \% \text{ de muestreo}}{m^2}$$

Dónde:

IM = Intensidad de Muestreo

A = Área (superficie en hectáreas de la plantación)

m<sup>2</sup> = superficie de una parcela

% = porcentaje de muestreo

### Determinación del Distanciamiento entre Parcelas

La determinación de la distancia entre parcelas se realizó mediante la fórmula propuesta por Vega (2013) adaptado de Spitler (1995).

Tabla 1. Intensidad de muestreo según el número de hectáreas

ÁREA (has)	INTENSIDAD (%)
≤1	0,10
= 1 a ≤ 3	0,05
= 3 a ≤ 6	0,04
= 6 a ≤ 10	0,03
= 10 a ≤ 20	0,02
=20 a ≤ = 50	0,015
≥50	0,01

Fuente: (Vega, 2013)

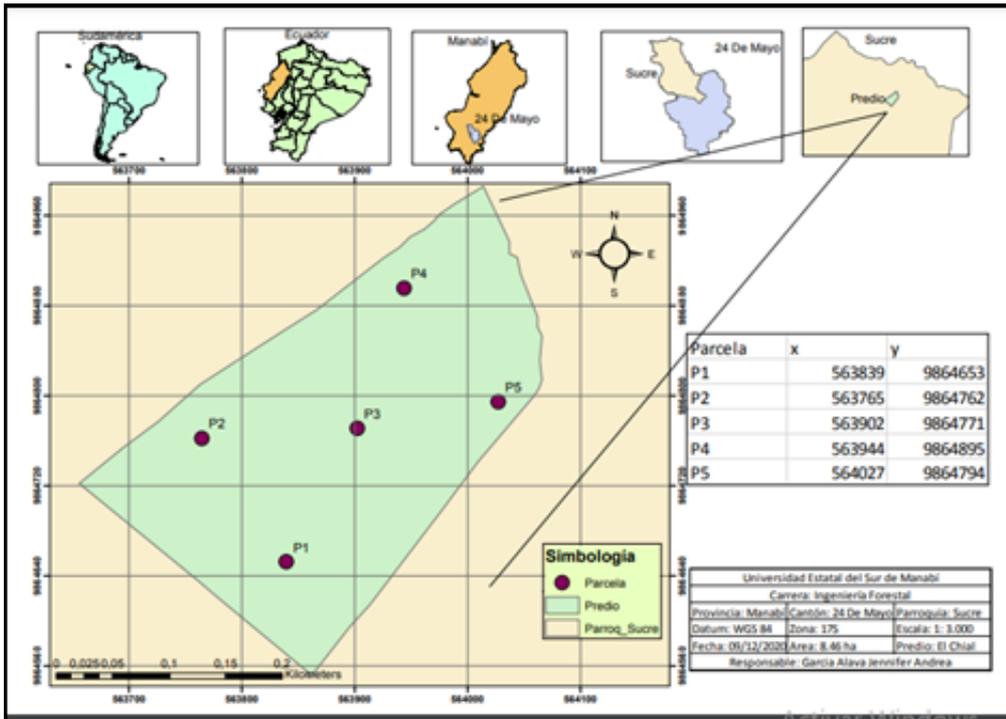


Figura 1. Área de estudio, plantación de *Tectona grandis*

$$D = \sqrt{\frac{\text{Área del terreno en m}^2}{\text{Número de parcelas}}}$$

### Establecimiento de Parcelas y Toma de Datos

Para el establecimiento de la primera parcela, se consideró una distancia de 100 metros desde un punto de referencia en dirección al norte. Después de la primera parcela, se dejó un distanciamiento de 130 metros entre parcelas, conforma a la fórmula aplicada.

Una vez establecidas las parcelas, se determinó el centro de cada una utilizando estacas de 1 metro de altura. Con la ayuda de una piola, se midió un radio de 12,62 m desde el centro hacia el norte para identificar el primer árbol. Luego, se inventariaron los árboles siguiendo el sentido de las manecillas del reloj, y todos los árboles dentro de las parcelas se marcaron con un aerosol de color rojo. Después de inventario y numeración de los árboles, se midió la circunferencia de cada uno con una cinta métrica, que luego se transformó en DAP usando la constante  $\pi$  (3,1416). Para determinar la altura total y comercial, se utilizó un hipsómetro de suunto.

### Cálculo del Área Basal y Volumen

Para calcular el área basal y volumen, se utilizaron

las fórmulas propuestas por (Pérez et al., 2017) en su investigación “Variables dasométricas relacionadas con la productividad de *Acacia mangium* Willd”.

$$G = 0,7854 * d^2$$

Donde,

$$G = \text{Área basal en m}^2$$

$$d = \text{diámetro a la altura del pecho en m}^2$$

$$V = G * h * f$$

Donde,

$$V = \text{Volumen en m}^3$$

$$G = \text{Área basal en m}^2$$

$$h = \text{La altura en metros}$$

$$f = \text{Factor o coeficiente de forma}$$

### Cálculo del Incremento Medio Anual (IMA)

Para calcular el incremento medio anual (IMA) de las variables dasométricas como el diámetro, altura total y altura comercial, se empleó la fórmula propuesta por Véliz (2010).

$$IMA = \frac{Y}{t}$$

Dónde:

IMA = incremento medio anual

t = Edad a partir del tiempo cero

Y = dimensión de la variable considerada

**Tabla 2.** Volumen total y comercial aprovechable

Volumen aprovechable de la plantación				
Área	volumen total (m3)		volumen comercial (m3)	
	Rango (m)		Rango (m)	
	$\leq 0,11$	$\geq 0,12$	$\leq 0,11$	$\geq 0,12$
500 m2	0,07	11,44	0,03	4,59
10000 m2 (1ha)	1,49	228,90	0,53	91,79
84000 m2 (8.4 ha)	12,49	1922,73	4,44	771,02

Nota: m = metros; m3 = metros cúbicos

### Evaluación del volumen aprovechable

Para evaluar el volumen aprovechable en la plantación, los árboles fueron clasificados según su diámetro. Se utilizaron dos rangos propuestos por Gavilanes (2020), considerando que los árboles con un diámetro  $\leq 0,11$  m no son aprovechables, mientras que aquellos con un diámetro  $\geq 0,12$  m son aprovechables, con un límite máximo de 0,48 m de diámetro. Finalmente, se distribuyó el volumen total y comercial aprovechable de la plantación en tres rangos.

## Resultados

### Incremento Medio Anual de Diámetro y Alturas

El IMA alcanzado se obtuvo a partir de la medición del diámetro y las alturas, considerando que los valores del año 2021 son actuales, mientras que los datos del periodo 2004 al 2020 son datos aproximados.

### Incremento medio anual de diámetro

El incremento medio anual del diámetro en la plantación es de 0,011 m para el año 2021, se consideró según los datos del periodo 2021 que el incremento medio anual desde el primer periodo de la plantación es de 0,0007 m cada año.

### Incremento medio anual de alturas

En el año 2021, el incremento medio anual de la altura total se estimó en 1 m, calculando este valor desde el inicio de la plantación que ha ido aumentando 0,06 m por año. En cuanto al IMA de la altura comercial en el mismo año, se calculó en 0,39 m, mostrando un incremento anual de 0,02 m desde el inicio de la plantación.

### Incremento medio anual del area basal

Para el año 2021 el incremento medio anual del área basal es de 9,33 m2, considerando los datos del periodo 2021 el incremento medio anual desde el primer periodo ha aumentado 0,55 m2 aproximadamente cada año.

### Incremento medio anual de volumen

El incremento medio anual del volumen total en el año

**Tabla 3.** Clasificación del volumen total aprovechable por rangos

Volumen total aprovechable (m3) según el rango diamétrico			
Rango	Area		
	500 m2	1 ha	8,4 ha
12 - 15,99	0,92	18,39	154,46
16 - 19,99	3,71	74,18	623,14
$\geq 20$	6,81	136,27	1144,63

Nota: m2= metros cuadrados; m3 = metros cúbicos; ha = hectárea(s)

2021 es de 113,84 m3, a partir de este valor se estima que el IMA desde el primer periodo de la plantación ha incrementado 6,70 m3 aproximadamente cada año. Mientras que el incremento medio anual del volumen comercial para el mismo año es de 45,45 m3, estimando que el incremento del volumen comercial desde el primer periodo de la plantación ha incrementado aproximadamente 2,67 m3.

El incremento medio anual del volumen total en el año 2021 es de 113,84 m3, a partir de este valor se estima que el IMA desde el primer periodo de la plantación ha incrementado 6,70 m3 aproximadamente cada año. Mientras que el incremento medio anual del volumen comercial para el mismo año es de 45,45 m3, estimando que el incremento del volumen comercial desde el primer periodo de la plantación ha incrementado aproximadamente 2,67 m3.

### Evaluación del Volumen por Rango Diamétrico para su Aprovechamiento

El volumen que se encuentra dentro del rango  $\geq 0,12$  m de diámetro es considerado como el volumen aprovechable de la plantación, obteniendo así 1922,73 m3 de volumen total aprovechable y 771,02 m3 de volumen comercial aprovechable (Tabla 2). Clasificando los volúmenes aprovechables de la plantación en tres rangos diamétricos, la cantidad de volumen total aprovechable en el rango de 12 -15,99 m de diámetro es de 154,46 m3; para el rango de 16 - 19,99 m es de 623,14 m3; y para el rango de  $\geq 20$  m de diámetro es de 1144,63 m3 (Tabla 3).

**Tabla 4.** Clasificación del volumen comercial aprovechable según el rango

Volumen comercial aprovechable (m3) según el rango diamétrico			
Rango	Area		
	500 m2	1 ha	8,4 ha
12 - 15,99	0,32	6,39	53,66
16 - 19,99	1,45	29,05	244,01
$\geq 20$	2,82	56,35	473,35

Nota: m2= metros cuadrados; m3 = metros cúbicos; ha = hectárea(s)

Considerando los tres rangos diamétricos mencionados, indica que la cantidad de volumen comercial aprovechable está distribuida en 53,66 m<sup>3</sup>; 244,01 m<sup>3</sup> y 473,35 m<sup>3</sup> para el primer, segundo y tercer rango respectivamente (Tabla 4).

## Discusión

El incremento medio anual del diámetro en una plantación de 17 años fue de 0,011 m, lo cual es similar a los resultados obtenidos por Camacho, Ramírez, de los Santos y Zamudio (2013), quienes reportaron un IMA del diámetro de 0,013 m en una plantación de 23 años de edad. Sin embargo, estos resultados difieren de los obtenidos por Mollinedo, Herrera y Muñoz (2016), quienes encontraron un incremento medio anual de 0,015 m en una plantación de seis años de edad.

El incremento medio anual de la altura total alcanzó 1 m, un resultado que es congruente con el trabajo de Camacho et al., (2013), quienes reportaron un IMA de altura total de 1,04 m. No obstante, Mollinedo et al., (2016) reportaron una mayor discrepancia, con un incremento medio anual de altura total de 1,34 m en una plantación de seis años de edad.

El incremento medio anual del área basal fue de 9,33 m<sup>2</sup> en la plantación de 17 años de edad, un resultado que contrasta significativamente con los resultados de Mollinedo et al., (2016), quienes reportaron una IMA del área basal de 27 m<sup>2</sup> en una plantación de seis años.

En una plantación de teca de 8,4 hectáreas y 17 años de edad, el incremento medio anual de volumen total fue de 113,84 m<sup>3</sup>, lo cual difiere considerablemente de los resultados de Mollinedo et al., (2016), quienes encontraron que una plantación de 2480 hectáreas a los seis años produjo 6324 m<sup>3</sup>, considerando que estos resultados incluyen un 53% de árboles raleados. Tomando en cuenta los árboles con un diámetro de  $\geq 0,12$  m, el volumen total aprovechable fue de 228,90 m<sup>3</sup>, un valor que no coincide con los resultados de Camacho et al., (2013), quienes reportaron un volumen aprovechable de 121,442 m<sup>3</sup>/ha en una plantación de teca de 17 años.

## Conclusión

Al evaluar la plantación de *Tectona grandis* L. f., se observa que a la actualidad el crecimiento que está a los 17 años es mínimo su crecimiento de diámetro y altura de acuerdo al proceso de investigación que se realizó del incremento medio anual en las variables evaluadas, los factores que han influido en el bajo crecimiento de la plantación es el manejo silvicultural que no se ha realizado y las condiciones edafológicas del sitio.

En la plantación no se ha realizado manejo silvicultural esto ha permitido que exista una alta mortalidad, al

evaluar el área basal y volumen comercial y total, los resultados que se obtuvo de la investigación no fueron los esperados de acuerdo con la edad que tiene la plantación, en relación a otras plantaciones que con la misma edad tienen crecimientos más representativos en área basal y volumen.

Debido a la falta de manejo silvicultural en la plantación, se produjo una alta tasa de mortalidad, cuando se evaluaron el área basal, el volumen comercial y el volumen total, los hallazgos de la investigación no coincidieron con lo previsto dada la edad de la plantación, en comparación con otras plantaciones de la misma edad tienen un crecimiento más representativo de área basal y volumen.

En la plantación todos los árboles están dentro del rango mínimo de diámetro  $\geq 0,12$  m para aprovechar de acuerdo con la normativa forestal, esto determinó un volumen total y comercial, el volumen comercial es el aprovechable de acuerdo a número de trozas comerciales que se obtiene de cada árbol.

## Recomendaciones

Es fundamental realizar más investigaciones de este modelo en diferentes localidades de la provincia de Manabí y otras provincias, con el fin de obtener datos más actualizados y precisos sobre el rendimiento anual de las plantaciones.

Dato que la falta de control en las plantaciones forestales es un factor crucial para su adecuado desarrollo, se recomienda a los productos forestales implementar técnicas de manejo silvicultural. Esto es especialmente importante en las plantaciones de *T. grandis*, una de las especies más explotadas comercialmente. De esta manera, se puede asegurar un mejor desarrollo de la plantación y un mayor rendimiento volumétrico.

## Referencias

- Aguirre, T., & Piloza, J. (2017). Análisis de la comercialización internacional de teca producida en Ecuador, con propuesta de creación de una asociación de productores. (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- Andrade, J. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón 24 de Mayo. Obtenido de [odsterritorioecuador.ec: https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/PDOT-CANTON-24-DE-MAYO-2015-2025.pdf](https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/PDOT-CANTON-24-DE-MAYO-2015-2025.pdf)
- Armijos, L. (2014). Modelo de negocios y fuentes de financiamiento a través de un fideicomiso de inversión en el cultivo de teca (*Tectona grandis*). Quito: Qualitas.
- Camacho, A., Ramírez, H., de los Santos, H., & Zamudio, F. (2013). Tablas de rendimiento para teca (*Tectona grandis* L.) en el Estado de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 93-101.
- Gavilanes, C. (2020). Precio y calidad de teca por edad y rango diamétrico. *Boletín técnico*. Grupo Noboa, Guayaquil.
- González, B. (2017). Evaluación del crecimiento de las plantaciones de *Tectona grandis* L.F. Unidad silvícola Mayari. *Revista CEFORES*, 330-339.
- Indacochea, L. (2018). Diversidad de escolitidos en plantaciones de *Tectona grandis* L.f. (teca) en la provincia

- de Esmeraldas, año 2018,. (Tesis de grado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo.
- Mollinedo, M. S., Herrera, M., & Muñoz, F. (2016). Caracterización del crecimiento de plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis* Linn f.) y estimación de curvas de índice de sitio en el área septentrional de la República de Guatemala. *Madera y Bosques*, 22(2), 89-103.
- Murillo, Y., Domínguez, M., Martínez, P., Lagunes, L., & Aldrete, A. (2017). Índice de sitio en plantaciones de *Cedrela odorata* en el trópico húmedo de México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO*, 15-31.
- Navas, J. A. (2015). Estudio de fertilización N-P-K en cultivo de teca (*Tectona grandis*). (Tesis de grado). Universidad Catoica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil.
- Pérez, Y. L., Reyes, R., & Ríos, C. (2017). Variables dasométricas relacionadas con la productividad de *Acacia mangium* Willd. *Revista Centro Agrícola*, 14-21.
- Vega, D. (2013). Seguimiento y valoración de teca (*Tectona grandis* L.f.), para la exportación en la provincia de Los Ríos, empresa REYBANPAC. (Tesis de grado). Escuela Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Véliz, F. (2010). Determinación del Incremento Medio Anual (IMA) e índice de sitio de diferentes especies forestales en el bosque protector Prosperina-ESPOL. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- Yner, F. (2014). *Dasometría: apuntes de clase y guía de actividades prácticas*. 1ra edición. Cochabamba-Bolivia. 103 pag. Recuperado: [file:///C:/Users/Quasad/Downloads/DASOMETRIA\\_Apuntes\\_de\\_Clase\\_y\\_Guía\\_de\\_Ac.pdf](file:///C:/Users/Quasad/Downloads/DASOMETRIA_Apuntes_de_Clase_y_Guía_de_Ac.pdf)