

DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO PERIÓDICO Y MEDIO ANUAL DE UNA PLANTACIÓN DE *TECTONA GRANDIS* L. F. EN LA HACIENDA LA SABANA 1, BALZAR, GUAYAS, ECUADOR

DETERMINATION OF PERIODIC AND AVERAGE ANNUAL GROWTH OF A *TECTONA GRANDIS* L. F. PLANTATION AT LA SABANA 1 FARM, BALZAR, GUAYAS, ECUADOR

César Alberto Cabrera Verdesoto¹, Anthony Alejandro Alay Solorzano², Ginger Aracely Pionce Andrade³, Juan Manuel Guerrero Calero⁴, Freddy Fernando Martínez Salazar⁵, Valeria Lisette Cali Ligua⁶

{cesar.cabrera@unesum.edu.ec¹, alay911@hotmail.com², ginger.pionce@unesum.edu.ec³, juan.guerrero@unesum.edu.ec⁴, fermartinezsalazar_89@hotmail.com⁵ valeria.cali@unesum.edu.ec⁶}

Fecha de recepción: 23/10/2024

/ Fecha de aceptación: 03/01/2025

/ Fecha de publicación: 06/01/2025

RESUMEN: La investigación se enfocó en la determinación del crecimiento de *Tectona grandis* L. f. en la hacienda La Sabana 1, ubicada en Balzar, Guayas, Ecuador. El objetivo principal fue analizar tanto el crecimiento periódico como el promedio medio anual de esta plantación, centrándose en variables clave como el diámetro, la altura y el volumen de los árboles, para esto se utilizó un enfoque descriptivo que facilitó la recolección de datos significativos sobre el desarrollo de esta especie forestal. La metodología incluyó la instalación de siete parcelas circulares, cada una con un área de 500 m² y un radio de 12,62 m, lo que representa una intensidad de muestreo del 1,0 % respecto a las 49,97 hectáreas plantadas. Se realizaron mediciones del diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total de cada árbol, así como un análisis de la abundancia, dominancia y frecuencia relativa de las especies presentes. Los resultados mostraron un incremento medio anual de 2,05 cm en diámetro, 1,85 m en altura y 12,17 m³ en volumen. En términos de crecimiento periódico anual, los incrementos fueron de 1,61 cm, 1,19 m, y 3,39 m³ para las mismas variables. Este estudio abarcó el período desde 2020 hasta 2023 y confirmó que la plantación adopta un modelo silvicultural adecuado que incluye prácticas de raleo para optimizar el crecimiento. Este análisis proporciona información valiosa sobre el rendimiento de *Tectona grandis* bajo condiciones específicas y resalta la importancia del manejo sostenible en plantaciones forestales, este estudio es relevantes para futuras investigaciones y prácticas silviculturales en Ecuador,

¹Universidad Estatal del Sur de Manabí, <https://orcid.org/0000-0001-5101-3520>.

²Ingeniero Forestal, Profesional autónomo, <https://orcid.org/0009-0002-1462-4407>.

³Universidad Estatal del Sur de Manabí, <https://orcid.org/0000-0003-1753-3500>.

⁴Universidad Estatal del Sur de Manabí, <https://orcid.org/0000-0002-1356-0475>.

⁵Grupo Siembra Balzar-Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-0356-8913>.

⁶Universidad Estatal del Sur de Manabí, <https://orcid.org/0000-0002-9926-6161>.

contribuyendo al desarrollo sostenible del sector forestal y promoviendo prácticas que aseguren la salud y productividad a largo plazo de estas plantaciones.

Palabras clave: Altura, diámetro, plantación, volumen

ABSTRACT: The research focused on determining the growth of *Tectona grandis* L. f. at the La Sabana 1 estate, located in Balzar, Guayas, Ecuador. The main objective was to analyze both the periodic growth and the mean annual average of this plantation, focusing on key variables such as the diameter, height and volume of the trees. To do this, a descriptive approach was used that facilitated the collection of significant data on the development of this forest species. The methodology included the installation of seven circular plots, each with an area of 500 m² and a radius of 12.62 m, which represents a sampling intensity of 1.0% with respect to the 49.97 hectares planted. Measurements of the diameter at breast height (DBH) and total height of each tree were made, as well as an analysis of the abundance, dominance and relative frequency of the species present. The results showed an average annual increase of 2.05 cm in diameter, 1.85 m in height, and 12.17 m³ in volume. In terms of annual periodic growth, the increases were 1.61 cm, 1.19 m, and 3.39 m³ for the same variables. This study covered the period from 2020 to 2023 and confirmed that the plantation adopts an appropriate silvicultural model that includes thinning practices to optimize growth. This analysis provides valuable information on the performance of *Tectona grandis* under specific conditions and highlights the importance of sustainable management in forest plantations. This study is relevant for future research and silvicultural practices in Ecuador, contributing to the sustainable development of the forestry sector and promoting practices that ensure the long-term health and productivity of these plantations.

Keywords: Height, diameter, plantation, and volume

INTRODUCCIÓN

La gestión sostenible de los recursos forestales se ha vuelto esencial a nivel global, sobre todo en el contexto actual afectado por el cambio climático y el aumento en la demanda de productos de madera (1). En este marco, es crucial entender en profundidad variables clave como el crecimiento de las especies forestales, ya que esto no solo proporciona un conocimiento detallado de la dinámica de estos ecosistemas, sino que también permite mejorar las prácticas de manejo, garantizando su sostenibilidad a largo plazo (2).

Para respaldar la importancia de esta investigación, es necesario reconocer que las plantaciones destinadas a la producción de madera desempeñan un papel estratégico y en constante crecimiento para satisfacer la demanda mundial de madera y productos relacionados (3). La creación de estas plantaciones reduce considerablemente la presión que la actividad humana ejerce sobre los bosques naturales y promueve la recuperación de ecosistemas degradados (4).

La *T. grandis* L. f., conocida comúnmente como teca, es una especie forestal de gran relevancia económica y ecológica (5). Originaria del sudeste asiático la *Tectona* se distingue por sus excepcionales características físicas, que incluyen una notable durabilidad y resistencia a hongos,

termitas y descomposición, así como una textura y apariencia muy valoradas en la fabricación de muebles de alta calidad, embarcaciones y otros productos de madera fina (6). Estas propiedades han asegurado su alta demanda en el mercado internacional, consolidándola como una de las maderas más valiosas y buscadas a nivel global (7).

En Ecuador, la producción y exportación de teca ha mostrado un crecimiento significativo en las últimas décadas, convirtiéndose en una actividad económica relevante dentro del sector forestal. Desde el año 2000, los beneficios generados por la explotación de esta especie maderable han atraído un mayor interés e inversión por parte de empresarios privados y organizaciones (8).

Es importante señalar que las plantaciones específicas de *T. grandis* L. f. pueden tener tanto efectos positivos como negativos. Por lo tanto, es crucial asumir la responsabilidad de revisar conceptos y adoptar prácticas sostenibles en todas las etapas del desarrollo de estas plantaciones.

Esto implica implementar estrategias que maximicen los beneficios económicos y ecológicos mientras se minimizan los impactos negativos sobre el medio ambiente y las comunidades locales, asegurando así un equilibrio entre desarrollo y sostenibilidad (6). En este contexto, se hace evidente la necesidad de conocer el Incremento Medio Anual (IMA) y el Incremento Periódico Anual (IPA), ya que son parámetros esenciales para mejorar el aprovechamiento de las plantaciones y optimizar las prácticas de manejo forestal (5).

En Ecuador, la producción y exportación de teca ha mostrado un crecimiento significativo en las últimas décadas, estableciéndose como una actividad económica relevante dentro del sector forestal. Desde el año 2000, las ganancias obtenidas de la explotación de esta especie maderable han suscitado un mayor interés y inversión por parte de empresarios privados y organizaciones. (8).

En la provincia de Guayas, específicamente en Balzar, se ha observado el establecimiento de plantaciones de *T. grandis* L. f. (teca) en diversas áreas. Sin embargo, muchos de estos proyectos de reforestación y forestación se han llevado a cabo sin considerar o registrar adecuadamente variables dasométricas (9). Esta omisión limita la capacidad para anticipar el crecimiento y rendimiento de las plantaciones al final del ciclo productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se caracteriza por su enfoque descriptivo y se realizó en la hacienda La Sabana 1, que abarca un total de 57,54 hectáreas, de las cuales 49,97 son de plantación forestal neta. La recolección de datos se llevó a cabo en siete parcelas establecidas en la plantación, con una intensidad de muestreo del 1,0 %. La información fue registrada en hojas de campo y posteriormente organizada en una hoja de cálculo de Office Excel. A continuación, se realizaron los cálculos del crecimiento anual de la plantación. Posteriormente se utilizó el software Infostat para calcular el Incremento Medio Anual (IMA) y el Incremento Periódico Anual (IPA), dividiendo el número de años de la plantación entre las variables dasométricas: diámetro, altura y volumen de madera.

DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO PERIÓDICO Y MEDIO ANUAL DE UNA PLANTACIÓN DE *TECTONA GRANDIS* L. F. EN LA HACIENDA LA SABANA 1, BALZAR, GUAYAS, ECUADOR

Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la hacienda La Sabana Forestal 1, situada en el cantón Balzar, en la provincia del Guayas. Esta región presenta una precipitación pluvial anual que varía entre 1,500 y 3,000 mm, concentrándose principalmente entre diciembre y mayo. La evaporación anual supera los 1,550 mm, (10), tal como se observa en la Figura 1.

Contexto geográfico

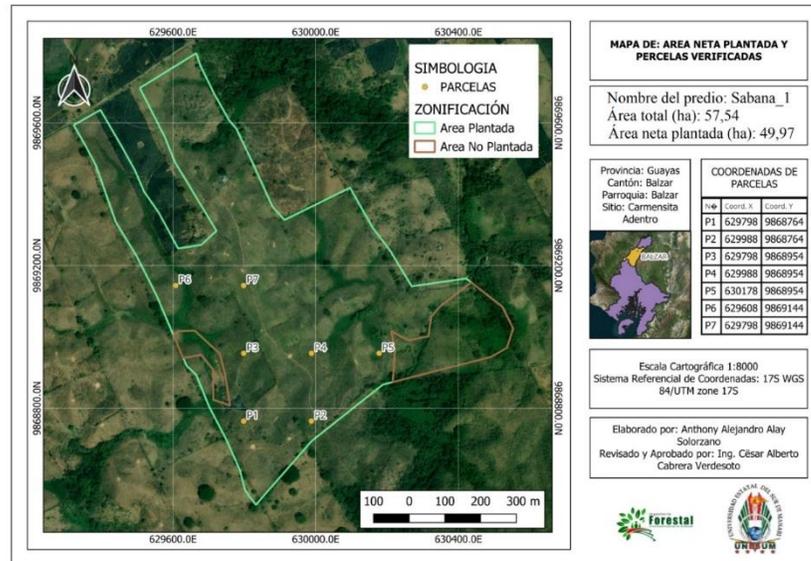


Figura 1: Ubicación del área de estudio.

Distribución de las parcelas de muestreo

En el marco de este proyecto de investigación, se busca calcular la intensidad de muestreo. Con la respectiva ecuación (11):

$$UM = \frac{n * 100}{N} \quad (1)$$

Donde:

UM= Unidad de Muestreo

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población

DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO PERIÓDICO Y MEDIO ANUAL DE UNA PLANTACIÓN DE *TECTONA GRANDIS* L.
F. EN LA HACIENDA LA SABANA 1, BALZAR, GUAYAS, ECUADOR

En plantaciones forestales comerciales, se ha observado que la eficiencia del muestreo es óptima cuando la parcela incluye entre 15 y 20 árboles (12). Teniendo en cuenta este principio, el tamaño de la parcela empleada se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Datos de elaboración para las parcelas de la hacienda la Sabana 1.

Parcela circular	
Árboles/ha	301
Árboles/parcelas	30
Área de la parcela (m ²)	500 m ²

Adaptada de: (13)

Diámetro

Para evaluar el diámetro (cm), se identificaron las parcelas en la hacienda La Sabana 1. Una vez localizadas, se midieron los árboles seleccionados desde la base hasta una altura de 1,30 m utilizando una cinta diamétrica, que es una herramienta fundamental para medir el diámetro de los árboles, ya que permite obtener esta medida de manera precisa y estandarizada (13).

Altura

Para esta medición, se utilizó el hipsómetro Haglof Vertex IV, un instrumento que proporciona lecturas confiables de altura y es empleado por los técnicos del Grupo Siembra durante los inventarios forestales. (13) Este dispositivo según lo indicado permite ahorrar tiempo en la evaluación y recopilación de datos, lo que subraya su relevancia en términos de eficiencia y precisión en las mediciones realizadas en estudios forestales.

Área basal

Para determinar el área basal, se utilizó la fórmula mencionada (14). Esta fórmula permitió estimar las características morfológicas de los árboles, especialmente el volumen, basándose en las mediciones de diámetro y altura, calculando con la respectiva ecuación:

$$G = 0,7854 * Dap^2 \quad (2)$$

Donde:

G = Área basal en m²

DAP = diámetro a la altura del pecho en m²

Volumen

Para esta evaluación se aplicó un factor de forma de 0,6 establecido por el Grupo Siembra, una vez que se obtuvieron los datos se calculó el volumen (m³) con la respectiva ecuación, (13).

$$V = AB * H * Fc \quad (3)$$

Donde:

V= Volumen

AB= Área basal

H= Altura

Fc= Factor de forma

Incremento medio anual (IMA)

(13) Para determinar el Incremento Medio Anual se analizó el comportamiento de los individuos de un año a otro en cuanto al crecimiento del diámetro y altura se lo calculó con la respectiva ecuación:

$$IMA = \frac{Y_t}{t_0} \quad (4)$$

Donde:

IMA= Incremento medio anual

t₀ = Edad a partir del tiempo cero

Y = dimensión de la variable considerada

En el caso del IMA del volumen se calculó con la respectiva ecuación:

$$IMA = \frac{\text{Volumen del árbol}}{\text{Edad}} \quad (5)$$

Incremento periódico anual (IPA)

El incremento periódico anual del diámetro y altura del periodo 2020 a 2023 se calculó con la respectiva ecuación: (15).

$$IPA = \frac{Y_{(t+n)} - Y_t}{n} \quad (6)$$

Donde:

IPA= incremento periódico anual

Y= dimensión de la variable considerada

t= edad

n= periodo de tiempo

En el caso del IPA del volumen se calculó con la respectiva ecuación:

$$IPA = \frac{\text{Volumen en 2020} - \text{Volumen en 2023}}{\text{Edad}} \quad (7)$$

RESULTADOS

El crecimiento de la plantación de *T. grandis* L. f. en la hacienda La Sabana 1, ubicada en el cantón Balzar de la provincia del Guayas, se ilustra en la Figura 2, En 2020 se registró un diámetro de 18,78 cm; en los años siguientes se observaron incrementos continuos, alcanzando 20,85 cm en 2021 y 22,08 cm en 2022. Para el año 2023, el diámetro llegó a su nivel más alto totalizando 23,6 cm.

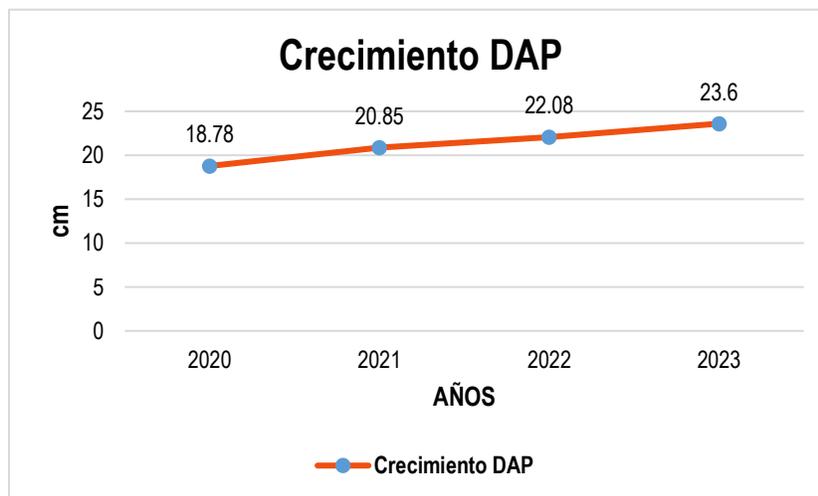


Figura 2. Crecimiento del diámetro de la plantación de *T. grandis* L. f., en la hacienda La Sabana 1 del cantón Balzar.

En 2020 se registró una altura de 17,67 m y en los años posteriores se observaron incrementos significativos alcanzando 18,9 m en 2021 y 19,95 m en 2022, Para 2023 la altura promedio de los árboles alcanzó su nivel más alto totalizando 21,24 m, tal como se muestra en la Figura 3.

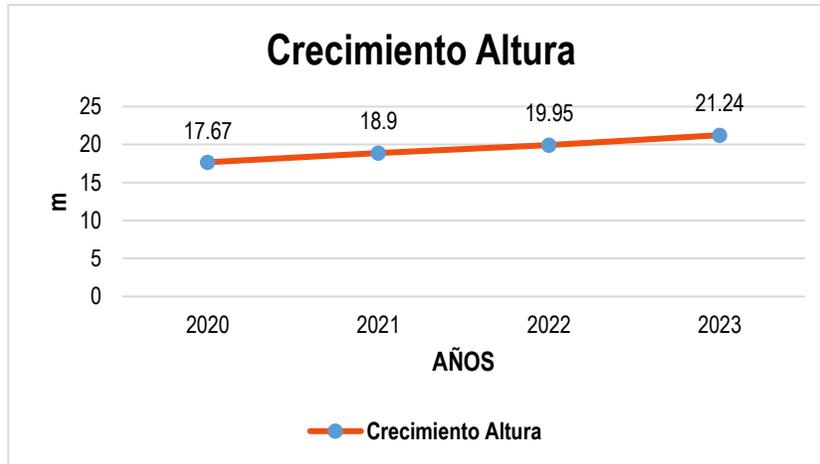


Figura 3. Crecimiento de la altura de la plantación de *T. grandis* L. f., en la hacienda La Sabana 1 Balzar, Guayas.

Durante 2020, al inicio del estudio de crecimiento, el área basal alcanzó su máximo valor con 14,69 m². En 2023, este valor fue de 13,18 m², mientras que el año con el menor crecimiento fue 2021, con un área basal de 10,29 m². Esto se debe a que en 2020 había un total de 532 árboles, pero a partir de 2021 quedaron solo 301, lo que representa una disminución de 231 individuos de *T. grandis*, como se ilustra en la Figura 4.

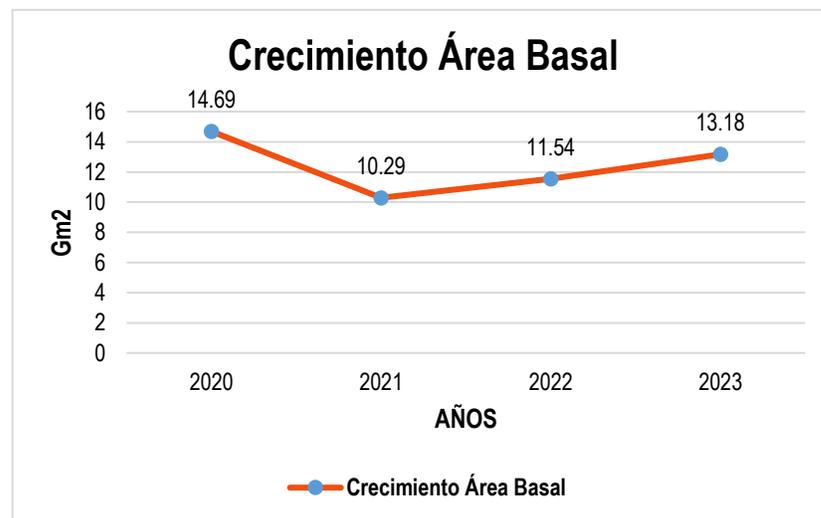


Figura 4. Crecimiento del Área Basal de la plantación de *T. grandis* L. f., en la hacienda La Sabana 1 Balzar, Guayas.

En la Figura 5 se presenta que el volumen promedio en 2020 fue de 129,82 m³, mostrando un crecimiento inicial considerable, el año con el menor crecimiento fue 2021 con un volumen de 97,23 m³, para el 2023, se registró un volumen de 139,98 m³, lo que representa un aumento significativo en comparación con los años anteriores.

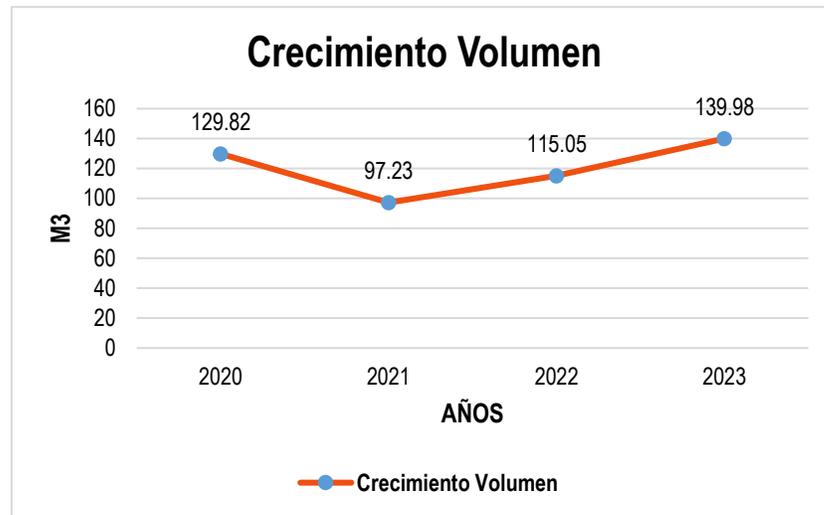


Figura 5. Crecimiento del volumen de la plantación de *T. grandis* L. f., en la hacienda La Sabana 1 Balzar, Guayas.

Incremento medio anual de la plantación de *T. grandis* L. f., en la hacienda La Sabana 1 del cantón Balzar de la provincia del Guayas.

Se observó un descenso de 0,16 cm en el incremento medio anual del diámetro de la plantación de *T. grandis* L. f. desde 2020 hasta 2023, alcanzando un valor de 2,05 cm en 2023. Este resultado indica una disminución en la tasa de crecimiento del diámetro de la plantación, además en 2020 había un total de 532 árboles mientras que en 2023 la cantidad se redujo a 301, lo que representa una disminución de 231 individuos de *T. grandis*, como se muestra en la Figura 6.

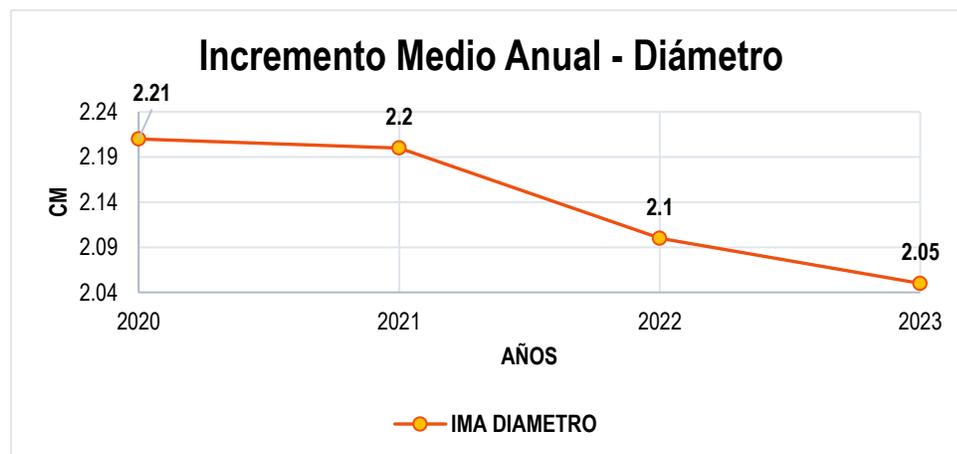


Figura 6. IMA del diámetro de la plantación de *T. grandis* L. f., en la hacienda La Sabana 1 Balzar, Guayas.

La Figura 7 ilustra el incremento medio anual de la altura desde 2020 hasta 2023, mostrando un descenso constante de 0,23 m. En 2023 el incremento medio anual de la altura alcanzó un valor de 1,85 m, lo que indica una continuación de la tendencia a la baja observada en años anteriores y refleja una reducción en la tasa de crecimiento anual de la altura de los árboles, esto se debe a

la disminución de árboles desde el 2020 a 2023 por factores de árboles muertos y raleos realizados.

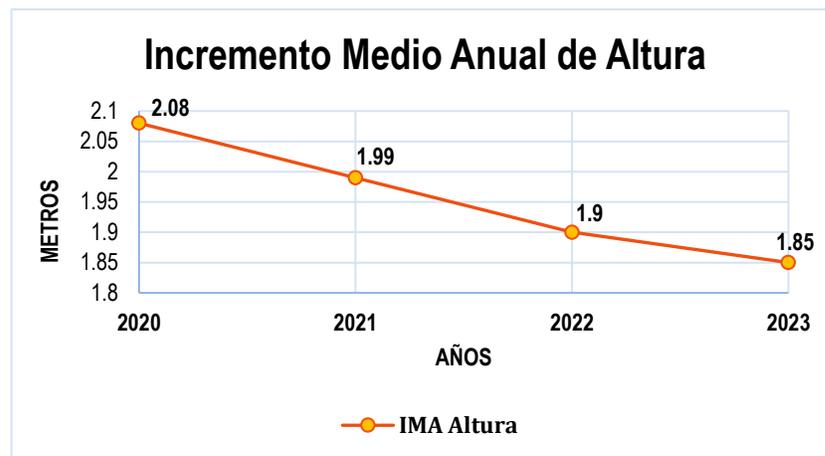


Figura 7. IMA de la altura de la plantación de *T. grandis* L. f., en la hacienda La Sabana 1 Balzar, Guayas.

La Figura 8 presenta los datos sobre el incremento medio anual del volumen desde 2020 hasta 2023 mostrando un descenso de $3,10 \text{ m}^3$. En 2023 se registró un valor de $12,17 \text{ m}^3$, lo que indica una tendencia a la baja y refleja una disminución en la tasa de crecimiento anual del volumen de la plantación de *T. grandis*.

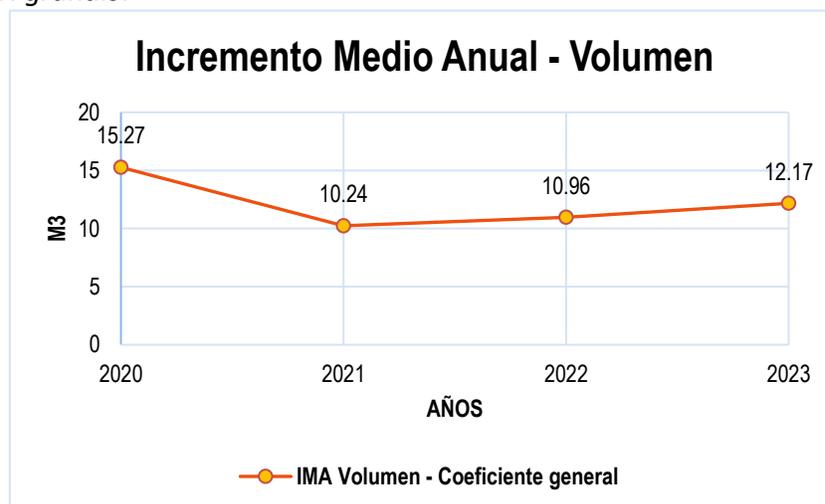


Figura 8. IMA del volumen de la plantación de *T. grandis* L. f., en la hacienda La Sabana 1 Balzar, Guayas.

Incremento periódico anual de la plantación de *T. grandis* L. f., en la hacienda La Sabana 1 del cantón Balzar de la provincia del Guayas.

El incremento periódico anual del diámetro entre 2020 y 2023 revela que durante el período de 2020 a 2021 se registró un Incremento Periódico Anual (IPA) de 2,07 cm, en el período de 2021 a 2022, el valor fue de 1,65 cm y en el período de 2022 a 2023 se observó un valor de 1,61 cm. Esto indica una disminución continua en el incremento anual del diámetro a lo largo de los períodos

DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO PERIÓDICO Y MEDIO ANUAL DE UNA PLANTACIÓN DE *TECTONA GRANDIS* L. F. EN LA HACIENDA LA SABANA 1, BALZAR, GUAYAS, ECUADOR

analizados, con una notable reducción desde el primer período hasta el último, como se muestra en la Figura 9.

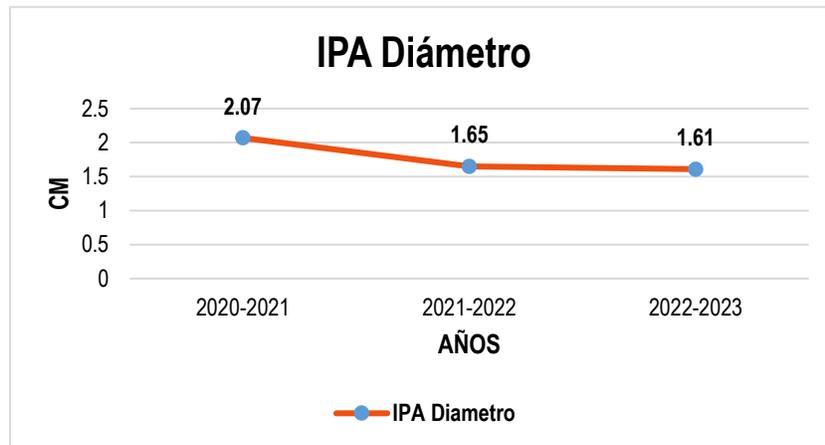


Figura 9. IPA del diámetro de la plantación de *T. grandis* L. f., en la hacienda La Sabana 1 Balzar, Guayas.

La Figura 10 ilustra el incremento periódico anual de la altura, mostrando que en el período de 2020 a 2021 se registró un incremento periódico anual (IPA) de 1,22 m. En el período de 2021 a 2022 el IPA fue de 1,14 m, mientras que en el período de 2022 a 2023 se observó un IPA de 1,19 m. Estos datos indican que, aunque hubo una ligera disminución en el crecimiento entre 2021 y 2022, el incremento anual se mantuvo relativamente constante y cercano a los 1,2 m en los períodos analizados.

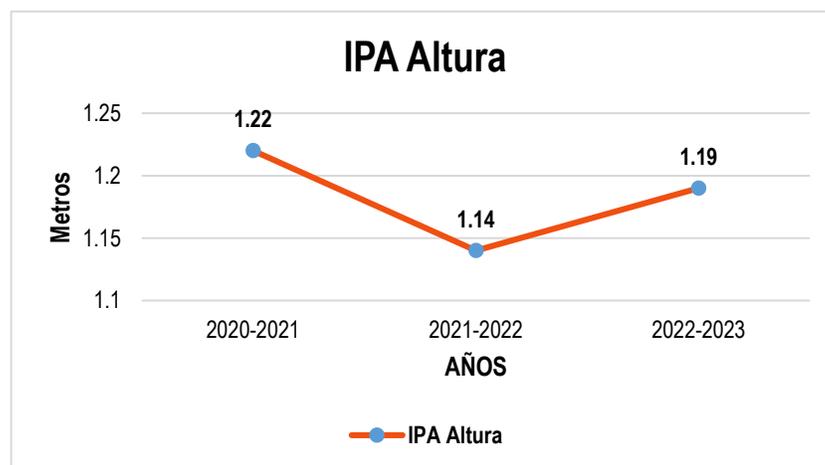


Figura 10. IPA de la altura de la plantación de *T. grandis* L. f., en la hacienda La Sabana 1 Balzar, Guayas.

Los resultados del incremento periódico anual del volumen entre 2020 y 2023 indican que en el período de 2020 a 2021 se registró un Incremento Periódico Anual de $-32,58 \text{ m}^3$, mientras que en el período de 2021 a 2022 el valor fue de $-7,38 \text{ m}^3$. Estos datos reflejan que no hubo crecimiento en los dos primeros períodos, lo cual se relaciona con el raleo fitosanitario realizado durante esos años lo que redujo el volumen de la plantación. Sin embargo, en el período de 2022 a 2023 se

DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO PERIÓDICO Y MEDIO ANUAL DE UNA PLANTACIÓN DE *TECTONA GRANDIS* L. F. EN LA HACIENDA LA SABANA 1, BALZAR, GUAYAS, ECUADOR

observó un valor de 3,39 m³, lo que sugiere una tendencia de recuperación en el volumen, con un incremento positivo en el último período analizado, como se muestra en la Figura 11.

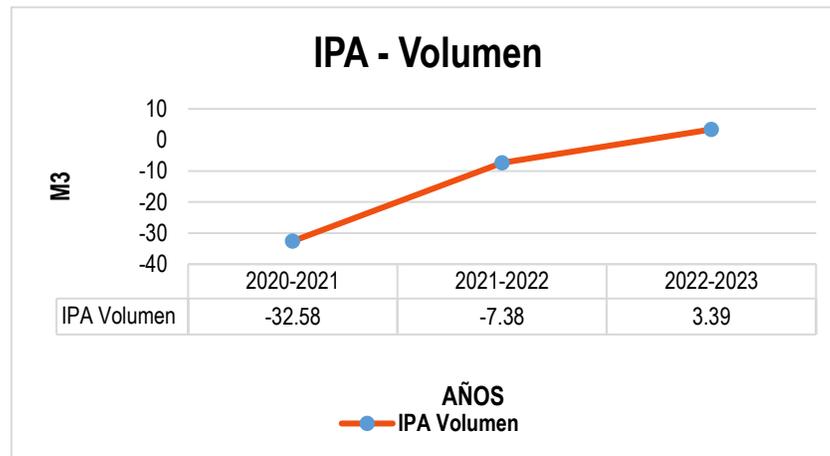


Figura 11. IPA del volumen de la plantación de *T. grandis* L. f., en la hacienda La Sabana 1 Balzar, Guayas.

DISCUSIÓN

La plantación de *Tectona grandis* en la hacienda La Sabana 1 ocupa un área total de 57,54 hectáreas y está tiene 7 parcelas circulares establecidas en 2012, la plantación tiene 11 años, inicialmente la densidad era de 763 árboles por hectárea; para 2023 esta cifra ha disminuido a 301 árboles por hectárea. Esta reducción contrasta con la metodología utilizada en la investigación “Evaluación del crecimiento de las plantaciones de *T. grandis* L.F. Unidad silvícola Mayarí” en Santiago de Cuba, que analizó 100 árboles en una plantación de 13 años de edad (16).

En cuanto al crecimiento del área basal se registró un valor de 13,18 m² en 2023 para la plantación de *T. grandis* L. f. en La Sabana 1. Este dato indica un aumento significativo en comparación con los resultados obtenidos en el estudio (17) “Evaluación dasométrica de plantaciones de *T. grandis* L. f., en los cantones Balzar, Guayas y Pichincha, Manabí”, donde se reportaron áreas basales de 8,61 m²/año y 11,46 m²/año para plantaciones de 6 años en dos haciendas diferentes. La diferencia con esos resultados es de 4,57 m²/año y 1,72 m²/año, respectivamente. Sin embargo, en el estudio realizado por (18) en los cantones Quevedo, Mocache y Valencia reportó un área basal de 17,82 m²/año para plantaciones con una edad base de 6 años lo que resulta ser 4,64 m²/año inferior al estudio realizado en La Sabana 1.

El crecimiento en diámetro registrado fue de 23,6 cm, lo que refleja un desarrollo notable durante 2023. Lo cual es comparativamente con el estudio de (16) “Evaluación del crecimiento de las plantaciones de *T. grandis* L. f. Unidad silvícola Mayarí” que reportó diámetros que variaban entre 8 y 30 cm/año en plantaciones de 5 a 13 años. En contraste al estudio de (19) sobre plantaciones juveniles en Perú documentó un crecimiento en diámetro inferior de 16,93 cm/año para plantaciones con una edad base de 5 años, mostrando una diferencia de 6,67 cm/año respecto a este estudio.

DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO PERIÓDICO Y MEDIO ANUAL DE UNA PLANTACIÓN DE *TECTONA GRANDIS* L. F. EN LA HACIENDA LA SABANA 1, BALZAR, GUAYAS, ECUADOR

Respecto al crecimiento en altura se registró un valor de 21,24 m para la plantación de *T. grandis* L. f. en La Sabana 1 durante 2023 este resultado contrasta significativamente con los datos del estudio en la Unidad silvícola Mayarí (16) que reportó alturas entre 8 y 10 m/año, generando una diferencia de hasta 13,24 m. Por otro lado (20) en su estudio “Crecimiento de *T. grandis* L. f. en plantaciones agroforestales y campo abierto San Martín de Pangoa” obtuvo un promedio de altura de 12,86 m, revelando una diferencia inferior de 8,38 m/año para una plantación similar.

El crecimiento volumétrico registrado fue de 139,98 m³/año en la hacienda La Sabana 1. En comparación con el estudio de (17) sobre la “Evaluación dasométrica de plantaciones de *T. grandis* L. f.” se reportaron crecimientos volumétricos inferiores: 70,74 m³/año y 98,85 m³/año, representando diferencias significativas de 69,24 m³/año y 41,13 m³/año, respectivamente. Además, el estudio de (21) sobre el volumen utilizando diferentes tamaños y formas reportó un crecimiento inferior a 64,255 m³/año lo que también resalta el rendimiento superior observado en esta investigación.

En la plantación de *Tectona grandis* L. f. de 11 años en la hacienda La Sabana 1 ubicada en el cantón Balzar, provincia del Guayas, se determinó que el incremento medio anual (IMA) en diámetro fue de 2,05 cm en 2023. Este resultado es significativamente mayor en comparación con la investigación de (22) “Caracterización del crecimiento de plantaciones jóvenes de teca (*T. grandis* L. f.) y estimación de curvas de índice de sitio en el área septentrional de la República de Guatemala”, se reportó un IMA de 1,65 cm/año en plantaciones de 8 años, lo que representa una diferencia de 0,40 cm/año respecto a este estudio. En el estudio de (23) “Desarrollo cuantitativo y cualitativo de *T. grandis* L. f. en Mato Grosso” reportó incrementos medios anuales de 2,18 cm/año para plantaciones de 10 años, lo que implica una diferencia de 0,13 cm/año por encima de los resultados obtenidos en esta investigación.

El incremento medio anual en altura total para la plantación de *T. grandis* L. f. en La Sabana 1 fue de 1,85 m/año en 2023. Este valor es comparable con algunos estudios, aunque inferior a otros., se asimila a la investigación de (23) “Desarrollo cuantitativo y cualitativo de *T. grandis* L. f. en Mato Grosso”, que reportó un IMA de 1,88 m/año, pero es menor que los resultados del estudio de (5) “Evaluación de plantaciones de *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. y *Swietenia macrophylla* King en el Centro-Occidente de México” donde se encontraron incrementos de 2,74 m/año, mostrando una diferencia de hasta 0,89 m/año. Asimismo, el estudio de (22) mencionado sobre Guatemala reportó un incremento en altura de 2,73 m/año para sitios de calidad media, lo que es 0,88 m/año superior al resultado obtenido en esta investigación.

El incremento medio anual (IMA) del volumen total para la plantación de *T. grandis* L. f. en 2023 fue de 12,17 m³, ubicándose dentro del rango observado en estudios previos. Según (24) en su estudio “Incremento medio anual de teca (*Tectona grandis* L.f.) en plantaciones comerciales” realizado en el distrito Puerto Inca, Huánuco – Perú el IMA del volumen para plantaciones en sitios de calidad media varió entre 2,7 y 9,7 m³/ha/año, lo que representa hasta 9,47 m³/ha/año menos que el resultado obtenido en este estudio. En la investigación de (18) se estimó un IMA del volumen de 25,84 m³/ha/año para plantaciones menores a 10 años, mostrando un rango superior respecto a los hallazgos actuales. Sin embargo, según (12) para plantaciones de 10

años en sitios de calidad media se reportó un valor alrededor de 7,06 m³/ha/año, lo que es 5,11 m³/ha/año inferior al valor obtenido en la hacienda La Sabana 1.

En cuanto al incremento periódico del diámetro durante 2023 para la plantación *T. grandis* L. f., se registró un valor de 1,61 cm. Comparando con el estudio de (17) "Evaluación dasométrica de plantaciones de *Tectona grandis* L.f." realizado en la hacienda San Agustín, donde se reportó un incremento de 1,07 cm, esto representa una diferencia favorable para La Sabana 1 de 0,54 cm más. Por otro lado, en la hacienda Río Grande se observó un incremento superior de 2,68 cm, que es 1,07 cm más que el resultado obtenido en este estudio.

El incremento periódico en altura de la plantación de *Tectona grandis* L. f. en la hacienda La Sabana 1 fue de 1,19 m en 2023. Este resultado es notablemente inferior al estudio de (25) que en su investigación "Efecto de la Densidad de Plantación en el Crecimiento de Cuatro Especies Forestales Tropicales", se registraron incrementos de 2,8 m, 1,3 m y 5,36 m, lo que indica un crecimiento superior al observado en esta plantación. En comparación con el estudio de (17) "Evaluación dasométrica de plantaciones de *T. grandis* L.f. en los cantones Balzar, Guayas y Pichincha, Manabí", donde se reportó un incremento volumétrico de 35,1 m³/ha/año, el crecimiento registrado en La Sabana 1 resulta ser inferior.

Es fundamental destacar que los valores obtenidos para área basal y volumen reflejan tendencias que indican períodos sin crecimiento significativo; por ejemplo, entre 2020 y 2021 se observó una disminución drástica del total de árboles: se pasó de 532 a 301 individuos debido a la aplicación de un raleo fitosanitario necesario para mejorar la salud general del bosque. Esta discusión proporciona un análisis exhaustivo del crecimiento y desarrollo observados en las plantaciones de *Tectona grandis* L.F. subrayando tanto los logros alcanzados como los desafíos enfrentados durante su manejo silvicultural a lo largo del tiempo.

CONCLUSIONES

La investigación evaluó el incremento medio anual (IMA) del diámetro, altura y volumen de *Tectona grandis* L. f. en la hacienda La Sabana 1, durante el período 2020 a 2023, los resultados muestran variaciones significativas en el crecimiento de los árboles lo que resalta la efectividad del modelo de silvicultura sostenible implementado, favoreciendo un desarrollo más vigoroso y resiliente de la plantación en condiciones ecológicas específicas.

El cálculo del incremento periódico anual (IPA) en la plantación de *Tectona grandis* L. f. durante el mismo período reveló variaciones significativas en el crecimiento de las variables de diámetro, altura y volumen estas diferencias son atribuibles a las prácticas de raleo y aprovechamiento sostenible implementadas lo que ha optimizado el desarrollo de los árboles, promoviendo una gestión forestal más eficiente y responsable en la hacienda La Sabana 1.

DECLARACIÓN DE INTERÉS

Los autores afirman que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE AUTORES

Cabrera C. concibió la idea, metodología, preparo la interpretación y discusión de los resultados para manuscrito y reviso la versión final, Alay A. recolección de los datos de campo y tabulación, Pionce G. reviso la información de los datos y verifico los resultados, Guerrero J. reviso la bibliografía y figuras, Martínez F. Gerente de Operaciones del Grupo Siembra colaboro en el reconocimiento de las parcelas y toma de datos en las parcelas de la plantación, Cali, V. elaboro el manuscrito en el formato, realizo mapa y figuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tamarit Urias JC, De los Santos Posadas HM, Aldrete A, Valdez Lazalde JR, Ramírez-Maldonado H, Guerra-De la Cruz V. Sistema de crecimiento y rendimiento maderable para plantaciones de teca (*Tectona grandis* L. f) en Campeche, México. *Madera y Bosques* [Internet]. 2019;25(3):1–16. Available from: <https://n9.cl/xdhw6>
2. Aguirre Mendoza ZH, Merchán Granda JP, Geada López G. Dinámica de crecimiento de especies forestales en el bosque andino del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro", Loja, Ecuador. *cfores* [Internet]. 15 de diciembre de 2022;10(3):292-306. Available from: <https://n9.cl/ab95z>
3. Federación Nacional de Industriales de la Madera. El sector forestal como herramienta del desarrollo regional- (FNIM) [Internet]. 2024. Available from: <https://n9.cl/uiipnmc>
4. Constitución de la República del Ecuador. Art. 86. [Internet] 20 de octubre de 2008. Montecristi. Registro Oficial 449. Available from: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.PDF
5. Rueda Sánchez A, Benavides Solorio J de D, Sáenz Reyes JT, Muñoz Flores HJ, Castillo Quiroz D, Sáenz Ceja JE. Evaluación de plantaciones de *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. y *Swietenia macrophylla* King en el Centro-Occidente de México. *RMCF* [Internet]. 31 de agosto de 2021 [citado 6 de octubre de 2024];12(67). Available from: <https://n9.cl/15pbu>
6. Rodríguez J. "Análisis del cultivo de teca (*Tectona grandis*) y su comercialización en el Ecuador". Babahoyo, Los Ríos, Ecuador [Internet]. Universidad Técnica de Babahoyo; 2022. Available from: <https://n9.cl/l811c>
7. Pérez ES, Blandon BAR, Álvarez EH, Cruz RG, Bernabé-Antonio A, Orozco-Guareño E, Ramírez-López CB, Hernández JA, Delgado-Fornué E. Propiedades del suelo y nitrógeno como indicadores del crecimiento en plantaciones comerciales de teca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* [Internet]. 2019; 10(52). Available from: <https://n9.cl/pqq43>
8. Pilligua Macías JS. "Diámetros mínimos y máximos de aprovechamiento en plantaciones de *Tectona grandis* L. f (teca) en la Provincia del Guayas, 2020" [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2020. Available from: <https://n9.cl/xc6wno>

DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO PERIÓDICO Y MEDIO ANUAL DE UNA PLANTACIÓN DE *TECTONA GRANDIS* L. F. EN LA HACIENDA LA SABANA 1, BALZAR, GUAYAS, ECUADOR

9. Armijos-Robles, L. A. 2014. Modelo de negocios y fuente de financiamiento a través de un fideicomiso de inversión en el cultivo de teca (*Tectona grandis*) Qualitas. Vol. 7: 4-29 [Internet]. 2014. Available from: <https://n9.cl/vyihj>
10. Arévalo, K. (2018). Diversidad de especies arvenses en plantaciones de *Tectona grandis* L. f. (teca) en diferentes estadios temporales de 9 a 18 años en la época seca en la zona de los cantones Balzar y Palenque [Internet]. Universidad Técnica del Quevedo; 2018. Available from: <https://n9.cl/61va8>
11. Pionce-Andrade Ginger Aracely, Suatunce-Cunuhay José, Pionce-Andrade Verónica, Gabriel-Ortega Julio. Inventariación de los productos forestales no maderables (PFNM) de un bosque semi-húmedo del Sur de Manabí, Ecuador. J. Selva Andina Res. Soc. [Internet]. 2018; 9(2): 80-95. Disponible en: <https://n9.cl/0xnyw>
12. Merino J. Evaluación de Calidad y Valoración de una plantación de Pino (*Pinus radiata* D Don), en la comunidad chausan San Alfonso, parroquia Palmira, cantón Guamote, provincia de Chimborazo [Internet]. 2010. Available from: <https://n9.cl/olza2>
13. Indio Y. Proyecciones alométricas en plantaciones de *Tectona grandis* L. f. (Teca) en la zona de Balzar, provincia del Guayas [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2017. Available from: <https://n9.cl/ksafh6>
14. Cabrera Verdesoto CA, García Álava JA, Mero Jalca OF, Estévez Valdez I, Cabrera Verdesoto RP. Determinación del crecimiento de una plantación *Tectona grandis* L. f., Parroquia Sucre cantón 24 de Mayo, Manabí, Ecuador. cna [Internet]. 2024;18(1). Available from: <https://n9.cl/q9a3dl>
15. Imaña, J, Encimas O. (2008). Epidometría Forestal. In Unversidade de Brasília. Departamento de Engenharia Florestal [Internte]. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales; 2008. (Vol. 1, Issue 31). Available from: file:///C:/Users/unesu/Downloads/EPIDOMETRIA_FORESTAL.pdf
16. González Batista E. Evaluación del crecimiento de las plantaciones de *Tectona grandis* L. f. Unidad silvícola Mayarí. Empresa Agroforestal Sierra Cristal Segundo Frente, Santiago de Cuba, Cuba [Internet]. 2017. Vol. 5(3):330-339 Available from: <https://n9.cl/drgbc>
17. Cabrera C, Cely R, Ramos M, Pinargote J, Buste Y. Evaluación dasométrica de plantaciones de *Tectona grandis* L.f., en los cantones Balzar, Guayas y Pichincha, Manabí. Centrosur [Internet]. 2021;1(12):59–72. Available from: <https://n9.cl/Ofypy>
18. Cabrera Verdesoto CA, Sarmiento Holguin, VE. Law Blanco G. Salvatierra Pilozo DM. Guerreo Calero JM. Cali Ligua VL. Evaluación del crecimiento de plantaciones de *Tectona grandis* L. (teca) en los Cantones Quevedo, Mocache y Valencia, Provincia Los Ríos Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo [Internet]. 2013. Vol. 5 Núm. 10 (2024) Available from: <https://n9.cl/mh1q1>
19. Vasquez, C., Sulca, K., y Cuellar, E. Crecimiento, productividad e índices silviculturales en plantaciones juveniles de *Tectona grandis* L.f. en Perú. Colombia Forestal [Internet]. 2023;26(1):79–91. Available from: <https://n9.cl/5hhef6>
20. Assayag G. Crecimiento de *Tectona grandis* L.F. en plantación agroforestal y campo abierto - San Martín de Pangoa [Internet]. Universidad Nacional del Centro del Perú; 2023. Available from: <https://n9.cl/8qbce>
21. Aguayo J. (2012). Determinación del volumen de *Tectona grandis* L. f (teca), utilizando distintos tamaños y formas de unidades de muestreo, en el recinto San Mateo, cantón

**DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO PERIÓDICO Y MEDIO ANUAL DE UNA PLANTACIÓN DE *TECTONA GRANDIS* L.
F. EN LA HACIENDA LA SABANA 1, BALZAR, GUAYAS, ECUADOR**

- Esmeraldas, provincia de Esmeraldas [Tesis de Pregrado]. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2012. Available from: <https://n9.cl/fzicg>
22. Mollinedo García M. S, Herrera Machuca M. Á, , Muñoz Sáez F. 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* [Internet]. 2016;22(2):89-103. Available from:: <https://n9.cl/392g19>
 23. Pelissari AL, Caldeira SF, Drescher R. Desenvolvimento Quantitativo e Qualitativo de *Tectona grandis* L.f. em Mato Grosso. *Floresta e Ambiente* [Internet]. 2013; 20(3):371-383p. Available from: <https://n9.cl/oisxu>
 24. Silva Ramírez, L., (2017). Incremento medio anual de teca (*Tectona grandis* L.f.) en plantaciones comerciales, distrito Puerto Inca, Huánuco – Perú [Internet]. Universidad Nacional de Cajamarca; 2017;1-97. Available from: <https://n9.cl/vdxf8>
 25. Suatunce Cunuhay P, Díaz Coronel TG, García Cruzatty L. Efecto de la Densidad de Plantación en el Crecimiento de Cuatro Especies Forestales Tropicales. *cyt* [Internet]. 30 de junio de 2010 [citado 6 de octubre de 2024];3(1):23-6. Available from:: <https://n9.cl/qqqwj>