



Doi: <https://doi.org/10.70577/asce.v5i1.605>

Recibido: 2025-12-23

Aceptado: 2026-01-08

Publicado: 2026-01-15

Estudio de valoración de plantaciones de *Tectona grandis* L. f. (teca) en distintas fases de crecimiento

Study of valuation of plantations of *Tectona grandis* L. f. (teak) in different stages of growth

Autores

Jorge Arturo Terán Montero¹

<https://orcid.org/0009-0006-6342-3627>

jorgeteran54@hotmail.com

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo -Ecuador

Jean Carlos Moscoso Moreira²

<https://orcid.org/0009-0000-3225-4433>

jean.moscoso2015@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo -Ecuador

Marjorie Vanessa Abad Delgado³

<https://orcid.org/0009-0001-6051-7218>

marjorie.abad2015@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo -Ecuador

Gladys Magdalena Cahuano Santamaría⁴

<https://orcid.org/0009-0001-6296-3131>

gladys.cahuano2015@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo -Ecuador

Cómo citar

Terán Montero, J. A., Moscoso Moreira, J. C., Abad Delgado, M. V., & Cahuano Santamaría, G. M. (2026). Estudio de valoración de plantaciones de *Tectona grandis* L. f. (teca) en distintas fases de crecimiento. *ASCE MAGAZINE*, 5(1), 516-539.

Resumen

El estudio evaluó la valoración de plantaciones de *Tectona grandis* L. f. en distintas fases de crecimiento en el cantón Balzar, Ecuador, ante el desconocimiento sobre la inversión, costos, rendimientos y beneficios ambientales de estas plantaciones, lo cual constituía un desafío para su desarrollo sostenible. El objetivo general fue analizar la valoración económica de las plantaciones en diferentes etapas, mientras que los objetivos específicos consistieron en evaluar variables dasométricas y calcular el índice de calidad y valor económico. La metodología empleó un diseño experimental completamente al azar en tres sitios de 16, 17 y 18 años, con parcelas circulares de 500 m² para medir DAP, altura, área basal y volumen, procesando los datos con SAS para análisis de varianza y prueba de Tukey. Los resultados mostraron que la plantación de 16 años tuvo el mejor índice de calidad (1.44) y que el sitio de 17 años presentó los mayores promedios en DAP (23.42 cm), área basal (0.042 m²) y volumen comercial (0.325 m³), aunque sin diferencias estadísticas significativas entre sitios para la mayoría de las variables. Se concluyó que las prácticas de manejo y las condiciones específicas del sitio determinaron la productividad y la calidad, y que la fase de 17 años evidenció un período de alto rendimiento, proporcionando una base científica para optimizar el manejo forestal sostenible y la rentabilidad económica de las plantaciones de teca.

Palabras clave: Plantaciones Forestales, *Tectona Grandis*, Crecimiento Forestal, Dasometría, Valoración Económica, Manejo Forestal Sostenible, Ecuador.

Abstract

The study evaluated the valuation of *Tectona grandis* L. f. plantations in different stages of growth in the Balzar canton, Ecuador, due to the lack of knowledge about the investment, costs, yields and environmental benefits of these plantations, which constituted a challenge for their sustainable development. The general objective was to analyze the economic valuation of the plantations in different stages, while the specific objectives consisted of evaluating dasometric variables and calculating the quality and economic value index. The methodology employed a completely randomized experimental design in three sites of 16, 17 and 18 years, with circular plots of 500 m² to measure DAP, height, basal area and volume, processing the data with SAS for analysis of variance and Tukey's test. The results showed that the 16-year-old plantation had the best quality index (1.44) and that the 17-year-old site presented the highest averages in DBH (23.42 cm), basal area (0.042 m²) and commercial volume (0.325 m³), although without statistically significant differences between sites for most variables. It was concluded that management practices and site-specific conditions determined productivity and quality, and that the 17-year phase evidenced a period of high yield, providing a scientific basis for optimizing sustainable forest management and economic profitability of teak plantations.

Keywords: Forest Plantations, *Tectona Grandis*, Forest Growth, Dasometry, Economic Valuation, Sustainable Forest Management, Ecuador.

Introducción

Los recursos forestales desempeñan un papel fundamental en la provisión de bienes y servicios ecosistémicos vitales para el sustento humano y la conservación del medio ambiente (FAO, 2011). En este contexto, la gestión sostenible de estos recursos se ha convertido en una prioridad global, cuyo fin es armonizar el aprovechamiento económico con la conservación de los ecosistemas forestales. Las plantaciones forestales representan una estrategia importante para la producción sostenible de madera y otros productos forestales.

La *Tectona grandis* L. f., conocida comúnmente como teca, es una especie arbórea de gran valor. Su cultivo prolífico en regiones tropicales y subtropicales la convierte en una de las especies más solicitadas, gracias a sus excepcionales propiedades físicas, resistencia, durabilidad y calidad, que la hacen altamente valorada en una variedad de industrias y en la construcción (FAO, 2022). Además, la teca juega un papel crucial en la restauración de bosques y en la lucha contra el cambio climático al actuar como un eficaz secuestrador de carbono.

Introducida en Ecuador en 1950, según Nieto (2014), la superficie plantada de teca ha aumentado significativamente, hasta alcanzar aproximadamente 45.000 hectáreas. Hoy en día, la cadena de valor de la teca se perfila como uno de los sectores productivos con mayor potencial de desarrollo y expansión. En total, cerca de 200.000 personas dependen de la actividad forestal maderera para su sustento diario, abarcando sectores como la industria, las labores forestales y la artesanía, que en conjunto representan el 5,6% de la población económicamente activa PEA. La provincia del Guayas, ubicada en la costa de Ecuador, ha visto un aumento significativo en las plantaciones de teca en los últimos años, aprovechando su clima tropical y suelos favorables para el crecimiento de esta especie (INIAP, 2020).

Sin embargo, esta creciente importancia contrasta con un vacío de conocimiento crítico. El desconocimiento acerca de la inversión inicial, los costos de mantenimiento, los rendimientos esperados y los beneficios ambientales asociados a las plantaciones de teca en el país constituye uno de los principales desafíos para fomentar el desarrollo e implementación de estas plantaciones, tanto por su valor comercial como por su potencial para promover prácticas de manejo forestal sostenible. A pesar de la importancia de la teca en otras regiones, existe una carencia de información específica sobre su valoración en

función de las fases de crecimiento en el Guayas, lo que subraya la necesidad de este estudio. A medida que las plantaciones de teca pasan de la fase juvenil a la madura, sus propiedades y su valor cambian considerablemente.

Para fundamentar el análisis de esta problemática, es esencial considerar los principios que rigen el establecimiento y evaluación de las plantaciones. El éxito de una plantación está estrechamente ligado a las tareas previas de preparación del terreno. Es recomendable realizar la siembra durante la época lluviosa, que generalmente abarca los meses de mayo a agosto (MAGAP, 2016). Se sugiere la aplicación de fertilizante, tanto químico como orgánico, aunque el más apropiado es el NPK, a una distancia de 20 centímetros de la base del árbol (Ipinza et al., 2023). La teca se adapta de manera óptima a climas con temperaturas promedio entre 22 y 27°C y precipitaciones anuales que oscilan entre 1000 y 2000 mm o más. Prefiere suelos franco-arenosos o arcillosos, con pH neutro, bien drenados, aireados y fértiles. Sin embargo, es poco tolerante a suelos anegados, pantanosos o compactados (Belezaca et al., 2019; Ipinza et al., 2023). Los factores que más restringen el crecimiento de la teca incluyen terrenos relativamente planos, suelos poco profundos con rocas cerca de la superficie y aquellos propensos a inundaciones, así como suelos compactados o arcillosos (Ypushima et al., 2022).

El inventario forestal desempeña un papel crucial en la planificación y gestión adecuada de los recursos forestales en una determinada región (Pinelo, 2004). Existen diversas clases de inventarios forestales. Los inventarios exploratorios se enfocan en recopilar datos preliminares para obtener una idea general de las características y condiciones del bosque (Mariscal et al., 2000). Los inventarios de disponibilidad de recursos forestales implican una evaluación exhaustiva para recopilar datos detallados sobre la cantidad, calidad y distribución de los recursos. Los inventarios operacionales consisten en evaluaciones periódicas realizadas en áreas forestales específicas para mantener actualizados los datos sobre los recursos forestales a lo largo del tiempo (INAB, 2020).

Las parcelas de medición forestal son áreas específicas dentro de un bosque seleccionadas estratégicamente para llevar a cabo mediciones y estudios detallados (Pinelo, 2004). La forma de las parcelas de medición en estudios forestales varía según los objetivos de investigación y las condiciones del terreno. Una parcela circular ayuda a mitigar el efecto de borde en las mediciones. Las parcelas cuadradas son comúnmente empleadas en inventarios forestales que necesita una parcela permanente (INAB, 2020).

Las parcelas rectangulares son una elección frecuente en el inventario forestal, especialmente en bosques cálido-húmedos con alta densidad arbórea (CATIE, 2013).

Dentro de estas parcelas se miden variables dasométricas clave. El diámetro se registra a 1.30 metros desde la base del árbol. La altura comercial se considera desde la base hasta la zona donde se presente la primera bifurcación o ramas de gran tamaño. El área basal (AB) se calcula mediante la fórmula $AB = \pi * (DAP)^2/4$ (FAO, 2022). El volumen comercial (V) se calcula con la fórmula $V = AB * h * f$, donde h es la altura del fuste y f el factor de forma (FAO, 2022).

La evaluación cualitativa es fundamental. La bifurcación de un árbol es el punto donde una rama principal se divide en ramas más pequeñas. El fuste bifurcado es material totalmente indeseable para fines de producción de madera para aserrío (Merino, 2010). La rectitud del fuste se refiere a la alineación vertical y la ausencia de curvas o deformaciones en el fuste principal de un árbol. Los fustes semejantes a los utilizados como postes de luz, es un árbol de rectitud "1". El daño mecánico en árboles se refiere a cualquier lesión física que comprometa su estructura (Jimenez, 2008).

La calidad de la plantación se define como el proceso de evaluación de la masa forestal para verificar si cumple con los objetivos de producción previstos (Murillo & Camacho, 1997). Se utiliza para determinar su potencial de rendimiento económico y su impacto ambiental (Prieto et al., 1999). El Incremento Medio Anual (IMA) es un indicador que representa el crecimiento promedio de una variable específica en un árbol o en una plantación forestal, calculado a lo largo de un periodo de tiempo determinado (Yner, 2014). El Incremento Corriente Anual (ICA) es el crecimiento de las variables dasométricas de un árbol en el periodo de un año específico.

Tabla 1

Clasificación taxonómica de Tectona grandis L. f.

Clasificación taxonómica	
Reino	Plantae
Filum	Spermatophyta
Subphylum	Angiospermae
Clase	Dicotyledonae
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Género	Tectona.
Especie fenólica	Grandis.

Nota. Adaptado de Heredia (2018).

La teca fue introducida en Ecuador hace aproximadamente 50 años en la Estación Experimental Pichilingue (Nieto, 2001). Su manejo incluye tratamientos pre-germinativos como la escarificación, la imbibición y la estratificación (Quenallata, 2008). La siembra y establecimiento se recomienda durante la época lluviosa (MAGAP, 2016). Otras prácticas son la fertilización (Pavón et al., 2014), la corona o eliminación de maleza alrededor de la planta (Salazar et al., 2009), el rose o limpia para minimizar la competencia (Zuluaga et al., 2011), el deshije o deschuponado (Pavón et al., 2014), el raleo para generar madera de alta calidad, las podas para evitar nudos muertos (Salazar et al., 2009), el control de malezas (Martínez, 2015) y finalmente el turno o corta final (MAGAP, 2016). Las plantaciones pueden ser afectadas por plagas y enfermedades como la quema de brotes (*Ceratocystis* sp.), la pudrición radicular (*Phytophthora* sp.), la marchitez (*Colletotrichum* sp.), la roya (*Olivea tectonae*), el secamiento descendente (*Botryodiplodia theobromae*) y el marchitamiento del follaje (*Pestalotia palmarum*) (Flores et al., 2010).

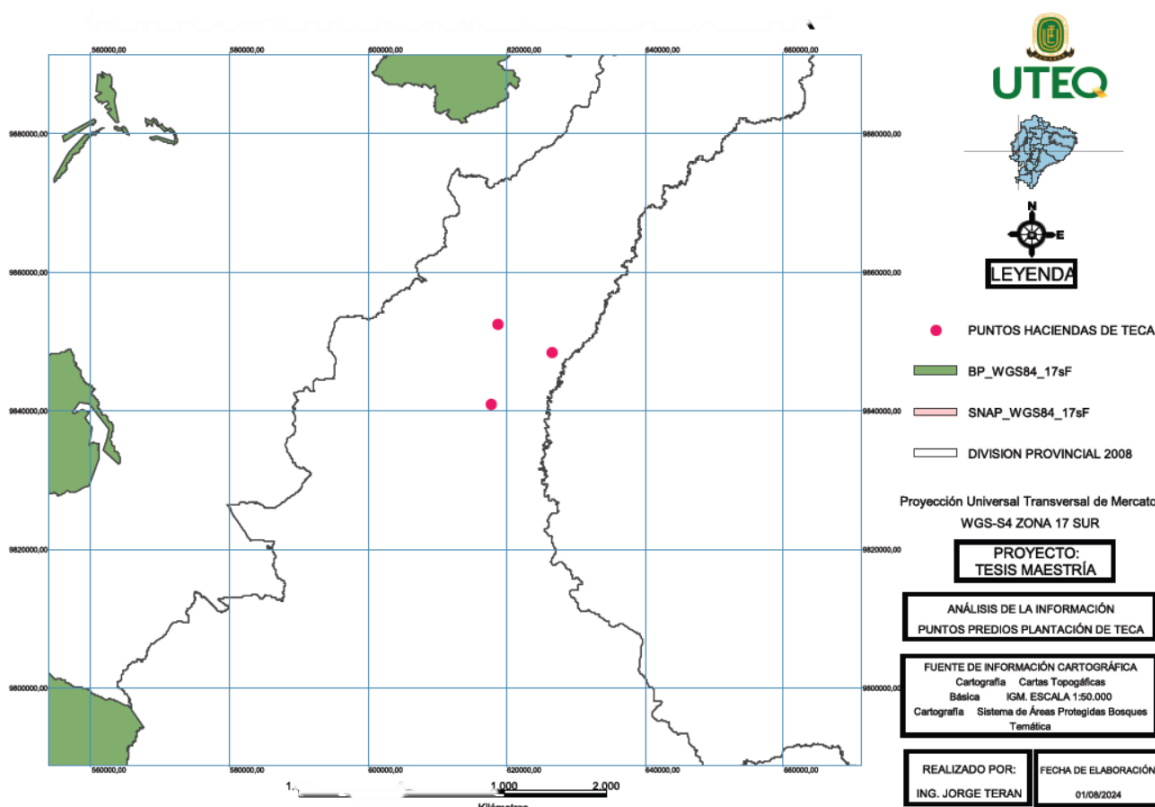
Por todo lo anterior, el objetivo general es analizar la valoración económica de las plantaciones de *T. grandis* L. f. en diferentes etapas de crecimiento, considerando diversos factores de establecimiento, manejo y rendimientos esperados. Los objetivos específicos son: evaluar y analizar las variables dasométricas recopiladas en las plantaciones de *Tectona grandis* L. f.; calcular el índice de calidad de la plantación de *T. grandis* para evaluar con precisión su estado y rendimiento; y estimar el valor económico actual de la plantación y su viabilidad financiera dentro del patrimonio forestal. La hipótesis científica planteada es: H: Existe una diferencia significativa en la valoración económica de las plantaciones de *Tectona grandis* L.f. (teca) entre las distintas fases de crecimiento, su rendimiento, calidad de madera y viabilidad económica, lo que permite identificar la edad óptima y las condiciones específicas de manejo para maximizar la productividad y sostenibilidad de estas plantaciones.

Material y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el cantón Balzar, provincia del Guayas, Ecuador, donde se evaluaron tres sitios con plantaciones de *Tectona grandis* de 16, 17 y 18 años, establecidas en 2007, 2006 y 2005 respectivamente, cuya ubicación se presenta en la Figura 1.

Figura 1

Mapa de ubicación geográfica del cantón Balzar



En cuanto al diseño, se implementó uno experimental completamente al azar con tres tratamientos correspondientes a las edades y cuatro repeticiones por tratamiento, estableciendo parcelas circulares de 500 m² en cada sitio, cuyo radio se calculó con la fórmula $R = \sqrt{\text{Tamaño de la parcela m}^2 / \pi}$, y cuyo esquema de análisis de varianza se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2

Esquema del diseño experimental aplicado al estudio

Fuente de Variación	Grados de libertad
Tratamiento	t-1 = 3 -1 = 2
Error	T*(r-1)=3*3 = 9

Total

$$T \cdot r - 1 = 3 \cdot 4 - 1 = 11$$

Las variables evaluadas incluyeron parámetros dasométricos cuantitativos y cualitativos, los cuales se listan en la tabla siguiente:

Tabla 3
Variables a evaluar

Variables cuantitativas	Variables cualitativas
Diámetro a la altura del pecho (DAP)	Bifurcación
Altura comercial	Rectitud del fuste
Volumen	Daño mecánico
Área basal (AB)	Calidad del árbol (Categorías 1-4)

El DAP se midió a 1.30 m con cinta diamétrica, mientras que la altura total y comercial se midieron con un hipsómetro Sunnto. El AB se calculó mediante la fórmula $AB = \pi \cdot (DAP)^2 / 4$, y el volumen (V) con $V = AB \cdot h \cdot f$, empleando un factor de forma (f) de 0.7 (FAO, 2022). Para evaluar la calidad de la plantación se aplicó el índice de Murillo & Camacho(1997): $CGEN = (N1 \cdot 1 + N2 \cdot 2 + N3 \cdot 3 + N4 \cdot 4) / (N1 + N2 + N3 + N4)$, donde N1 a N4 representa el número de árboles en cada categoría de calidad definida por Gamboa et al. (2004) en la Tabla 4.

Tabla 4
Criterios para evaluar árboles

Categoría	Descripción
1	Árbol sin defectos, árbol plus.
2	Árbol muy bueno, con defectos leves (torceduras leves, 1 bifurcación).
3	Árbol con defectos severos, pero aprovechable para al menos una troza comercial (hasta 50% de la madera).
4	Árbol sin valor comercial, sin posibilidad de aserrío.

Además, se calculó el IMA como $IMA = Yt / t$ y el ICA como la diferencia en el incremento entre la diferencia en el tiempo (Espinosa et al., 1994). La valoración económica se estimó con base en el volumen comercial, los costos de establecimiento y mantenimiento registrados en las Tablas 5 y 6, y un precio de referencia de la madera. Finalmente, los datos fueron procesados en Excel y analizados estadísticamente con el software SAS, aplicando un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia del 95% ($P < 0.05$).

Resultados

a. Análisis de variables dasométricas

El análisis de las variables dasométricas en tres sitios con plantaciones de *Tectona grandis* de 16, 17 y 18 años en la provincia del Guayas reveló variaciones en el crecimiento, influenciadas por la edad, el manejo y las condiciones específicas de cada ubicación.

Tabla 5

Variables dasométricas (Altura Total y DAP) en tres plantaciones de T. grandis de diferentes edades.

Sitio (Edad)	Parcela	DAP Prom. (cm) \pm DE	Altura Total Prom. (m) \pm DE
Sitio 1 (16 años)	1	22.73 \pm 2.63	19.10 \pm 2.96
	2	23.51 \pm 2.42	20.56 \pm 1.61
	3	21.15 \pm 1.95	15.81 \pm 1.29
	4	23.33 \pm 2.38	20.00 \pm 1.44
Sitio 2 (17 años)	1	22.67 \pm 2.01	21.75 \pm 2.03
	2	23.34 \pm 2.80	22.05 \pm 2.33
	3	23.72 \pm 2.87	21.30 \pm 1.06
	4	23.96 \pm 1.93	21.63 \pm 2.90
Sitio 3 (18 años)	1	19.74 \pm 2.02	16.38 \pm 1.57
	2	25.80 \pm 1.74	21.75 \pm 2.32
	3	20.79 \pm 1.37	18.71 \pm 1.92
	4	20.39 \pm 2.33	17.38 \pm 2.13

En el Sitio 1 (16 años), la parcela 2 presentó los mayores promedios de altura total (20.56 m) y DAP (23.51 cm), mientras que la parcela 3 registró los valores más bajos (15.81 m y 21.15 cm), sugiriendo una heterogeneidad interna en este lote. Para el Sitio 2 (17 años), la parcela 4 destacó con el mayor DAP promedio (23.96 cm) y la parcela 2 con la mayor altura (22.05 m), mostrando un desarrollo más uniforme y vigoroso. Contrariamente, en el Sitio 3 (18 años), se observó la mayor disparidad, donde la parcela 1 tuvo los menores promedios (16.38 m y 19.74 cm) y la parcela 2 los mayores (21.75 m y 25.80 cm), indicando que factores locales como el suelo o el historial de manejo pudieron generar diferencias marcadas a pesar de la mayor edad.

b. Análisis de variables dasométricas (ANOVA)

El análisis de varianza para las medias de DAP y altura comercial por sitio no mostró diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, se observaron las medias numéricas más altas en el Sitio 2 (17 años), con un DAP promedio de 23.42 cm y una altura comercial de 10.74 m, lo que podría indicar un pico de crecimiento óptimo en esta etapa intermedia. El Sitio 1 (16 años) presentó los valores promedio más bajos para el DAP (20.45 cm), mientras que el Sitio 3 (18 años) mostró una altura comercial intermedia (9.14 m). Los coeficientes de variación (Cv) del 3.39% para el DAP y del 15.71% para la altura comercial reflejan una mayor dispersión relativa en las mediciones de altura entre los individuos muestreados.

Tabla 6

Promedios del diámetro y altura comercial en plantaciones de teca de diferentes edades.

Sitio (Edad)	Diámetro (cm)	Altura Comercial (m)
Sitio 1 (2005)	20.45 b	8.81 a
Sitio 2 (2006)	23.42 a	10.74 a
Sitio 3 (2007)	22.68 a	9.14 a
Cv(%)	3.39	15.71

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

c. Análisis de área basal y volumen comercial

De manera similar, el análisis del área basal y el volumen comercial, presentado en la Tabla 7, mostró que el Sitio 2 (17 años) tuvo los valores promedio más altos con 0.042 m² de área basal y 0.325 m³ de volumen comercial por árbol, seguido muy de cerca por el Sitio 3 (18 años). Nuevamente, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los sitios para estas variables, aunque las pruebas de comparación de medias asignaron letras diferentes que indican tendencias. El coeficiente de variación para el volumen comercial (15.79%) fue el más alto entre estas métricas, señalando una variabilidad considerable en la producción de madera aprovechable entre los árboles de las diferentes parcelas y sitios, posiblemente relacionada con la calidad individual del fuste y la incidencia de defectos.

Tabla 7

Promedios del área basal y volumen comercial en plantaciones de teca de diferentes edades.

Sitio (Edad)	Área Basal (m ²)	Volumen Comercial (m ³)
Sitio 1 (2005)	0.030 b	0.205 b

Sitio 2 (2006)	0.042 a	0.325 a
Sitio 3 (2007)	0.040 a	0.262 ab
Cv(%)	7.69	15.79

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

d. Cálculo general del Índice de calidad de la plantación

La evaluación integral de la calidad de la plantación, mediante el índice de Murillo & Camacho (1997), indicó que la plantación más joven, la del Sitio 3 de 16 años (establecida en 2007), obtuvo el mejor índice de calidad promedio general (1.44), destacando especialmente la parcela 2 con un valor de 1.22. Las plantaciones de 17 y 18 años presentaron índices promedio de 1.47 y 1.54 respectivamente, mostrando una ligera disminución en la calificación promedio conforme aumenta la edad, lo cual podría asociarse a la acumulación de defectos leves o a una mayor competencia. La consistencia en altos índices de calidad, independientemente de la edad, refleja la aplicación de prácticas de manejo forestal efectivas en los tres sitios, como un control adecuado de malezas, podas y raleos, que han permitido mantener una proporción elevada de árboles en las categorías de calidad 1 y 2. Los resultados detallados por parcela y el promedio por sitio se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8

Índice general de calidad de plantaciones de 16-17 y 18 años de edad.

Parcela	2005 (18 años)	2006 (17 años)	2007 (16 años)
P1	1.47	1.39	1.33
P2	1.53	1.50	1.22
P3	1.61	1.50	1.50
P4	1.56	1.50	1.70
PROMEDIO	1.54	1.47	1.44

e. IMA por árbol en diámetro, altura total, altura comercial

En cuanto al crecimiento analizado a través del IMA, para el diámetro IMADAP, la plantación de 18 años (Sitio 3) registró el mayor valor (1.42 cm/año), seguida por la de 17 años (1.38 cm/año) y la de 16 años (1.20 cm/año), con una tendencia al incremento del crecimiento diamétrico promedio con la edad en el rango estudiado. En contraste, el IMA en altura total fue mayor en la plantación de 17 años (1.30 m/año), mientras que el IMA en altura comercial, variable clave para la producción de trozas, también fue superior en este mismo sitio (0.64 m/año).

Tabla 9

Promedios del IMA del diámetro, altura total y altura comercial por árbol.

Sitio (Edad)	Diámetro (cm)	Altura Total (m)	Altura Comercial (m)
Sitio 1 (2005)	1.20 b	0.99 c	0.49 c
Sitio 2 (2006)	1.38 ab	1.30 a	0.64 a
Sitio 3 (2007)	1.42 a	1.18 b	0.59 b
Cv%	8.96	2.83	4.18

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

f. IMA por árbol en área basal, volumen total y volumen comercial

Los resultados del IMA para el área basal y el volumen, tanto por árbol como por hectárea, mostraron que el Sitio 2 (17 años) tuvo consistentemente los mayores promedios, subrayando su alta productividad. A nivel de árbol, el IMA del área basal fue similar en los Sitios 2 y 3 (0.0025 y 0.0026 m²/año), pero el IMA del volumen total y comercial fue significativamente mayor en el Sitio 2 (0.04 y 0.02 m³/año, respectivamente). Cuando se extrapola a una base por hectárea, considerando la densidad de árboles, la superioridad del Sitio 2 se hace más evidente: alcanzó 19.14 m²/ha/año en área basal, 295.97 m³/ha/año en volumen total y 146.45 m³/ha/año en volumen comercial. Estos valores representan incrementos sustancialmente mayores a los registrados en el Sitio 1, lo que refuerza la noción de que las condiciones de manejo y sitio en la plantación de 17 años fueron óptimas para la acumulación de biomasa y volumen maderable en el período analizado. Los datos completos se presentan en las Tablas 10 y 11.

Tabla 10

Promedios del IMA del área basal, volumen total y volumen comercial por árbol.

Sitio (Edad)	Área Basal (m ²)	Volumen Total (m ³)	Volumen Comercial (m ³)
Sitio 1 (2005)	0.0019 b	0.02 c	0.01 b
Sitio 2 (2006)	0.0025 a	0.04 a	0.02 a
Sitio 3 (2007)	0.0026 a	0.03 b	0.02 a
Cv%	7.74	9.42	9.87

Tabla 11
Incremento Medio Anual por hectárea en área basal, volumen total y volumen comercial.

Sitio (Edad)	Área Basal (m ²)	Volumen Total (m ³)	Volumen Comercial (m ³)
Sitio 1 (2005)	12.29 b	154.59 b	76.10 b
Sitio 2 (2006)	19.14 a	295.97 a	146.45 a
Sitio 3 (2007)	16.03 ab	213.93 b	106.08 b
Cv%	17.99	18.71	20.36

g. ICA por árbol en diámetro, altura total, altura comercial

El análisis del ICA, que mide el crecimiento específico del último año del estudio, reveló patrones de crecimiento reciente. Aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas en el ICA del DAP entre sitios, el valor numérico más alto se observó en el Sitio 3 de 18 años (0.29 cm/año). Para la altura total, el Sitio 2 (17 años) presentó un ICA notablemente mayor (0.87 m/año) en comparación con los otros sitios, indicando un vigoroso crecimiento vertical en el año de medición. En cuanto al área basal, el Sitio 3 mostró el mayor ICA (0.0010 m²/año), mientras que el volumen total y comercial corriente anual fueron nuevamente superiores en el Sitio 2. Los resultados del ICA sugieren que, al momento del estudio, la plantación de 17 años mantenía una tasa de crecimiento muy activa, especialmente en altura y volumen, mientras que la de 18 años mostraba un buen desempeño en crecimiento diamétrico y en área basal. Los valores detallados del ICA se presentan en las Tablas 12 y 13.

Tabla 12
Promedios del ICA del diámetro, altura total y altura comercial por hectárea.

Sitio (Edad)	Diámetro (cm)	Altura Total (m)	Altura Comercial (m)
Sitio 1 (2005)	0.19 a	0.31 c	0.03 a
Sitio 2 (2006)	0.23 a	0.87 a	0.04 a
Sitio 3 (2007)	0.29 a	0.59 b	0.03 a
Cv%	31.31	10.71	44.72

Tabla 13
Promedios del ICA del área basal, volumen total y volumen comercial.

Sitio (Edad)	Área Basal (m ²)	Volumen Total (m ³)	Volumen Comercial (m ³)
Sitio 1 (2005)	0.0005 b	0.01 c	0.004 b

Sitio 2 (2006)	0.0009 ab	0.04 a	0.008 a
Sitio 3 (2007)	0.0010 a	0.03 b	0.008 a
Cv%	39.44	12.72	26.18

h. Estimación de valor económico de las plantaciones

La estimación del valor económico, basada en el volumen comercial total, los costos acumulados de establecimiento y mantenimiento desglosados por año y actividad en la Tabla 14, y aplicando un precio conservador de 60 USD/m³ de madera en pie, mostró diferencias abismales en la rentabilidad bruta entre sitios, directamente relacionadas con su escala. El Sitio 2, con 234 hectáreas, presentó el mayor volumen de producción (135,369 m³), lo que generó un valor bruto de plantación estimado en 8.122.140 USD.

Tras descontar los costos totales de establecimiento y mantenimiento (aproximadamente 798.284 USD), su rentabilidad neta estimada ascendió a 7.323.856 USD. Aunque los Sitios 1 (44 ha) y 3 (73 ha) mostraron rentabilidades positivas y notables (852.039 USD y 1.544.573 USD respectivamente), su escala mucho menor limita el rendimiento económico total en comparación. La estimación, resumida en la Tabla 15, subraya la importancia del área plantada y la productividad por hectárea en la viabilidad financiera de las plantaciones forestales comerciales de teca.

Tabla 14

Costos promedios por actividades (USD/ha).

Actividades	1 a 3 Años	4 a 6 Años	7 a 9 Años	10 a 12 Años	13 a 15 Años	16 a 18 Años	19 Años
Preparación del terreno	800,00	-	-	-	-	-	-
Siembra	250,60	-	-	-	-	-	-
Insumos (plantas, etc.)	280,87	-	-	-	-	-	-
Mantenimiento	170,00	255,00	255,00	255,00	255,00	255,00	85,00
Prácticas silviculturales (raleo)	-	250,00	-	-	150,00	-	150,00
Total	1.501,47	505,00	255,00	255,00	405,00	255,00	235,00

Tabla 15*Estimación de valores de m³, establecimiento, mantenimiento y rendimiento.*

Sitio (Edad)	Área (ha)	m ³ Plantación	Establecimiento (USD)	Mantenimiento (USD)	Valor /m ³ (USD)	Valor Plantación (USD)	Rentabilidad (USD)
Sitio 1 (2005)	44	16702,4	66.064,68	84.040,00	60	1.002.144,0	852.039,32
Sitio 2 (2006)	234	135369	351.343,98	446.940,00	60	8.122.140,0	7.323.856,02
Sitio 3 (2007)	73	29893,5	109.607,31	139.430,00	60	1.793.610,0	1.544.572,69

Finalmente, está claro que, aunque no hubo diferencias estadísticas significativas entre los sitios de 16, 17 y 18 años, se identificó que la plantación de 17 años (Sitio 2) mostró los mayores incrementos medios anuales en volumen comercial (146.45 m³/ha/año) y el mejor rendimiento económico estimado. Además, todas las plantaciones mantuvieron altos índices de calidad (promedios < 2). Con estos resultados se confirma que la etapa de 17 años representa un período óptimo de productividad bajo las condiciones locales y que un manejo forestal adecuado es fundamental para lograr simultáneamente calidad de madera y rentabilidad económica, proporcionando una base cuantitativa para optimizar la gestión sostenible de estas plantaciones.

Discusión

Comprender cómo factores como la edad de las plantaciones, las condiciones del suelo y las estrategias de manejo influyen en el crecimiento de las plantaciones de teca permite optimizar su rendimiento. Basado en estos hallazgos, la implementación de prácticas mejoradas puede promover un uso más eficiente y sostenible de los recursos forestales en la zona costera de Ecuador. En el contexto del cambio climático, es importante adoptar una gestión forestal responsable. La formulación de planes de manejo que reduzcan el impacto ambiental contribuirá significativamente a la sostenibilidad a largo plazo.

En este sentido, los resultados del presente estudio pueden contrastarse con investigaciones previas. En el estudio de Macias (2023) se observaron promedios de altura total de 18.35 y 19.02 m en plantaciones de 16 años, 21.23 m en una de 17 años y 17.25 m en plantaciones de 18 años. Aunque este estudio abarcó un rango mayor de edades, los resultados son

comparables a los de la presente investigación. La similitud en estos datos sugiere una consistencia en el crecimiento del Balzar a lo largo de diferentes estudios. En cuanto al diámetro, la investigación de Macías (2023) reportó promedios similares a los obtenidos aquí, lo que sugiere una consistencia en el patrón de crecimiento del diámetro de las plantaciones de teca en diferentes estudios.

Sin embargo, el análisis de varianza no reveló diferencias estadísticas significativas para las variables evaluadas. Aunque no se detectaron diferencias significativas entre los sitios, los resultados obtenidos en el "Sitio 2" indican que las prácticas de manejo adaptadas pueden tener un impacto positivo, lo cual resalta la importancia de considerar las particularidades de cada sitio. Es importante destacar que estos hallazgos difieren de los reportados por Macías (2023), donde la inclusión de una gama más amplia de edades permitió identificar diferencias significativas. Dicha discrepancia subraya la relevancia de considerar un rango más amplio de variables en futuros estudios.

Además, el área de desarrollo y las variables dasométricas pueden variar en función de las propiedades del suelo y la calidad del sitio. Aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las edades, se observó que los "Sitios 2 y 3" mostraron un mejor rendimiento en área basal, mientras que el "Sitio 2" destacó en volumen comercial. Los resultados difieren de lo reportado por Mora et al. (2020), dado que la diferencia en los hallazgos podría deberse a la variación en los métodos de muestreo y el diseño experimental, lo que subraya la importancia de considerar diferentes metodologías.

Por otro lado, la evaluación de la calidad de la plantación revela que la plantación de 2007 obtuvo el índice de productividad promedio más alto. Adicionalmente, los índices de calidad en todas las plantaciones se mantuvieron por debajo del valor de 2, indicando un nivel elevado de calidad. Los resultados coinciden con investigaciones previas que subrayan la importancia de prácticas de manejo forestal. La alta productividad observada podría reflejar mejoras significativas en las prácticas de manejo. La consistencia en los altos índices de calidad sugiere una gestión eficaz y uniforme.

Pasando al análisis del crecimiento, las plantaciones presentan Incrementos Medios Anuales en el Diámetro (IMADAP) de 1.20, 1.38 y 1.42 cm/año. Los valores superan los reportados por García (2021), al considerar que las variaciones observadas podrían atribuirse a diferencias en las condiciones ambientales o prácticas de manejo. La comparación sugiere

que los métodos de manejo y las condiciones locales pueden tener un impacto significativo, subrayando la necesidad de adaptar las estrategias.

De manera similar, el cálculo del IMA para la altura total en el "Sitio 3" reveló un valor de 1.18 m/año. El resultado es ligeramente superior al reportado por García (2021), aunque el IMA es mayor, se encuentra dentro de un rango similar. El valor también es consistente con el reportado por Luna (2021) quien sugiere que los patrones de crecimiento en altura muestran una notable consistencia. La semejanza en los valores de IMA indica que el crecimiento promedio en altura podría estar relativamente estandarizado.

En relación con el IMA del Área Basal, el "Sitio 2" presentó el mayor promedio, mientras que el "Sitio 1" mostró el promedio más bajo. La diferencia notable puede deberse a diversos factores. Según Hernández et al. (2020), un incremento en el área basal es frecuentemente indicativo de una mayor productividad del sitio, con lo cual se subraya la importancia de las condiciones ambientales y de manejo.

En cuanto al IMA del Volumen Total, el "Sitio 2" se destaca con un promedio significativamente superior. El hallazgo sugiere que el "Sitio 2" podría beneficiarse de condiciones más favorables. De manera similar, el IMA del Volumen Comercial muestra que el "Sitio 2" también lidera, lo cual indica que los sitios con mayores incrementos podrían estar optimizando mejor sus recursos. La diferencia en estos promedios subraya posibles variaciones en la calidad del sitio o en las prácticas de manejo.

Respecto del análisis del ICA, los datos muestran que el promedio más bajo para la altura total se registró en el "Sitio 1". Los resultados sugieren que los sitios podrían estar enfrentando limitaciones. El "Sitio 1" presenta el promedio más bajo en el ICA de altura total, lo cual puede reflejar condiciones adversas. Según Kees et al. (2022) los factores como la calidad del suelo son determinantes críticos, dado que en sitios con condiciones menos óptimas, los árboles pueden experimentar un crecimiento reducido. En cuanto al ICA en altura comercial, los "Sitios 1 y 3" presentan los promedios más bajos. Kees et al. (2022) sugieren que el crecimiento en altura comercial está relacionado con prácticas de manejo forestal. La falta de estas prácticas podría estar restringiendo el crecimiento.

Para finalizar, el "Sitio 3" presenta el mayor promedio en ICA del Área Basal. Según Jones et al. (2017), un mayor ICAAb es indicativo de mejores condiciones de crecimiento, lo que sugiere que el "Sitio 3" podría tener condiciones más favorables. Asimismo, el ICA del

Volumen Comercial es mayor en los "Sitios 2 y 3". Según Refort et al. (2024) las prácticas de manejo son importantes y necesarias. La mayor cifra sugiere que estos lugares están aplicando un manejo forestal más efectivo.

En última instancia, la investigación de Ospino et al. (2020) destaca que el costo de preparación del terreno puede representar hasta el 40% del costo total. Además, se deben considerar los costos asociados con la adquisición de plantas. El mantenimiento adecuado es fundamental, a lo que Vergara et al. (2020) indican que el control efectivo de plagas y la poda regular son inversiones importantes. La falta de un mantenimiento adecuado puede llevar a problemas.

Conclusiones

La investigación confirma que las prácticas de manejo aplicadas en el "Sitio 2" lograron una alta densidad y calidad de árboles, con incrementos anuales significativos en área basal y volumen comercial. Por lo tanto, estos hallazgos son importantes para optimizar el rendimiento de las plantaciones y determinar la edad óptima para la cosecha, especialmente en un contexto de cambio climático y alta demanda de madera. Asimismo, los tres sitios evaluados mostraron una densidad promedio de 400 árboles/ha, con el "Sitio 2" hasta alcanzar los incrementos medios anuales más altos.

A pesar de la similitud en los incrementos corrientes anuales entre los sitios, las prácticas de manejo y las condiciones edáficas desempeñaron un papel clave en la variabilidad observada, lo que subraya la importancia de un manejo adaptativo basado en las características específicas de cada sitio. En consecuencia, este estudio proporciona información clave sobre cómo las prácticas de manejo y las condiciones ambientales afectan el crecimiento y rendimiento de *Tectona grandis*.

De este modo, los resultados validan la hipótesis científica y establecen una base sólida para mejorar la sostenibilidad y la rentabilidad de las plantaciones en diferentes fases de crecimiento. Si bien los resultados son óptimos, las condiciones edáficas sugieren oportunidades para incrementar aún más la rentabilidad. En definitiva, este conocimiento es crucial para desarrollar estrategias de manejo adaptadas a las condiciones locales, equilibrando la conservación ambiental con la producción económica.

Teniendo en cuenta lo anterior, y basado en los resultados, se recomienda ajustar las prácticas de manejo forestal según la edad y el estado de crecimiento de las plantaciones. En

particular, las técnicas de poda, raleo y fertilización deben ser adaptadas para cada fase de desarrollo de la teca para maximizar la densidad y calidad de los árboles. Además, la recolección de datos periódicos sobre IMA y otras variables dasométricas facilitará la adaptación oportuna de las prácticas de manejo para mejorar el rendimiento y la sostenibilidad de las plantaciones.

De manera complementaria, se recomienda implementar un programa de monitoreo continuo utilizando tecnologías avanzadas de SIG y sensores remotos, mismas que serían esenciales para evaluar en tiempo real el crecimiento y la calidad de las plantaciones. Asimismo, la formación continua en técnicas de manejo efectivas es clave para mejorar la calidad de las plantaciones y optimizar la eficiencia en la producción. Por último, es fundamental realizar análisis económicos periódicos para evaluar la rentabilidad de las plantaciones de teca, considerando los costos de manejo y los rendimientos obtenidos.

Finalmente, en proyección, los resultados de este estudio abren múltiples líneas de acción futura. En primer lugar, los resultados proporcionan un punto de partida científico para replicar la metodología de valoración en otras regiones del Ecuador con condiciones edafoclimáticas distintas. Además, los datos de incremento y calidad sirven como línea base para diseñar y calibrar modelos de crecimiento y rendimiento locales. Del mismo modo, la evaluación económica realizada sienta las bases para estudios de viabilidad financiera más detallados que incorporen variables de mercado fluctuantes y análisis de sensibilidad, atrayendo potencialmente mayor inversión al sector forestal.

Referencias Bibliográficas

- Belezaca, C., Solano, E., López, R., Baque, R., Ávila, A., Córdor, M., Bohórquez, T., & Dueñas, D. (2019). Hongos fitopatógenos asociados a la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva en plantaciones de *Tectona grandis* L.f. (teca) en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Boletín Micológico*, 33(2), 48–60. <https://doi.org/10.22370/bolmicol.2018.33.2.1410>
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (2013). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*. <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/tools/tools-details/es/c/239443/>

- Espinosa, M., García, J., & Valeria, O. (1994). Efecto de intensidades diferentes de raleo en el crecimiento de un rodal de pino radiata. *Bosque*, 15(1), 55–65.
<https://doi.org/10.4206/bosque.1994.v15n1-07>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2011). *Situación de los bosques del mundo 2011*. Roma, Italia.
<https://www.fao.org/4/i2000s/i2000s00.htm>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2022). *Teca: los bosques naturales disminuyen, mientras que los plantados aumentan*. Roma, Italia. <https://www.fao.org/3/cc0135es/cc0135es.pdf>
- Flores, T., Crespo, R., & Cabezas, F. (2010). Plagas y enfermedades en plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L.f.) en la zona de Balzar, provincia del Guayas. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 3(1), 15–22.
- Gamboa, O. M., Valverde, D. C., & Morales, M. (2004). *Método de inventario para plantaciones pequeñas*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. <https://studylib.es/doc/4914602/m%C3%A9todo-de-inventario-para-plantaciones-peque%C3%B1as?p=2>
- García, J. (2021). *Determinación del crecimiento de una plantación de Tectona grandis L.f., en la parroquia Sucre cantón 24 de Mayo, provincia Manabí* [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio UNESUM.
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2939>
- Heredia, J. (2018). *Manual para productores de teca (Tectona grandis L.f.) en Costa Rica*. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
<https://www.fonafifo.go.cr/media/1332/manual-para-productores-de-teca.pdf>
- Hernández, J., Valdez, J. I., García, X., Tadeo, A. E., & Reyes, V. J. (2020). Estimación de la edad de *Swietenia macrophylla* (Meliaceae) a partir del diámetro normal en poblaciones del sureste mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 68(1), 200–217.
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v68n1/0034-7744-rbt-68-01-200.pdf>
- INAB (Instituto Nacional de Bosques) & CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas). (2020). *Manual de campo para el Inventario Forestal Nacional 2020*. Guatemala.
<https://inab.gob.gt/images/ifn/Manual%20de%20campo%20para%20implementar%20el%20IFN%202020.pdf>
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). (2020). *Escarabajos presentes en plantaciones de Teca (Tectona grandis L.f.) afectadas con “muerte regresiva” en el litoral ecuatoriano*. Ediciones UTM.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5591>
- Ipinza, R., Barros, S., Maza, C., Torres, J., & Jofré, P. (2023). Manejo forestal sustentable y biodiversidad. *Ciencia & Investigación Forestal*, 29(1), 1–21.
<https://doi.org/10.52904/0718-4646.2023.586>

- Jiménez, C. (2008). Calidad y valoración de plantaciones forestales: aplicación práctica en cinco plantaciones de *Vochysia guatemalensis* Donn. SM. (cebo) en las zonas Norte y Atlántica de Costa Rica. *Kurú: Revista Forestal*, 5(15), 55–59. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/414>
- Jones, K. W., Holland, M. B., Naughton-Treves, L., Morales, M., Suarez, L., & Keenan, K. (2017). Incentivos para la conservación forestal y deforestación en la Amazonía ecuatoriana. *Environmental Conservation*, 44(1), 56–65. <https://doi.org/10.70881/hnj/v3/n3/86>
- Kees, S., Loto, D., Azcona, M., Telleria, S., Manghi, E., Gaitán, J., Chifarelli, V., & Peri, P. (2022). Determinación de la calidad de sitio y productividad de los bosques de Palo Santo en el norte de Argentina. *Bosque (Valdivia)*, 43(3), 301–310. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002022000300301>
- Luna, G. (2021). *Determinación del Incremento Medio Anual de Tectona grandis L. f. (teca) proveniente de cinco fuentes semilleras en el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas* [Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6534>
- Macías, K. (2023). *Patrón de crecimiento de diámetro y altura de plantaciones de teca (Tectona grandis L.f.) de diferentes edades en el litoral del Ecuador* [Tesis de maestría, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/7412>
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). (2016). *Programa de incentivos para la reforestación con fines comerciales*. Guayaquil, Ecuador. <https://balcon.mag.gob.ec/mag01/magapaldia/WEB%20FORESTAL/GuiaForestal002.pdf>
- Mariscal, E., Martinez, R., & Hagiwara, T. (2000). *Manual de manejo de bosques naturales*. Proyecto de desarrollo tecnológico. Río Hato, Panamá. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122580/records/647237602c1d629bc978d3ea>
- Martínez, H. A. (2015). *Preselección de especies en la consultoría “Fomento de la reforestación comercial para la mejora y conservación de las reservas de carbono”*. FONAFIFO. <https://onfcr.org/wp-content/uploads/media/uploads/documents/la-seleccion-de-las-especies-prioritarias.pdf>
- Merino, J. (2010). *Evaluación de calidad y valoración de una plantación de pino (Pinus radiata D Don), en la comunidad de Chausan San Alfonso, parroquia Palmira, cantón Guamote, provincia de Chimborazo* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio ESPOCH. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/711>
- Mora, J. A., Peñalver, A., Aguilar, F. J., Rivas, J. R., & Triana, Á. (2020). Método de muestreo angular para el inventario de plantaciones forestales de teca (*Tectona*

- grandis* L. f.). *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 26(3), 419–432. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2019.11.081>
- Murillo, O., & Camacho, P. (1997). Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. *Agronomía Costarricense*, 21(2), 189–206. https://www.mag.go.cr/rev_agr/v21n02_189.pdf
- Nieto, J., Hernández, S., Motte, E., & Mayek, N. (2014). Análisis de la diversidad genética del germoplasma de teca (*Tectona grandis* L. f.) en Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 7(2), 1–14. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i21.361>
- Ospino, M., Badilla, Y., Paniagua, W., Campos, C., & Murillo, O. (2020). Costos de producción de teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*) en sistemas silvopastoriles de la zona Norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 44(2), 155–173. <https://doi.org/10.15517/rac.v44i2.43109>
- Pavón, J., Sequeira, A., & Gutiérrez, C. (2014). *Plantaciones Forestales de Nicaragua*. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). <https://biologiaccadinarte11mogrado.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/09/manejoforestal-2014.pdf>
- Pinelo, G. (2004). *Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo*. Reserva de la biosfera Maya. San Francisco de Dos Ríos, Costa Rica. <https://awsassets.panda.org/downloads/manualinventario.pdf>
- Prieto, A., Díaz, L., & García, Á. (1999). Valoración de montes arbolados (parte II). *CT/Catastro*, (37), 37–42. https://www.catastro.hacienda.gob.es/documentos/publicaciones/ct/ct36/ct36_3.pdf
- Quenallata, J. (2008). *Aplicación de técnicas pregerminativas en semillas de teca (Tectona grandis L. f.) en Sapecho-La Paz* [Tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio UMSA. <http://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/4688>
- Refort, M. M., Acuña, L., Monteoliva, S., Mateo, C., Charlot, P., Palazzini, D., Pagano, C., Keil, G., & Spavento, E. (2024). Determinación de la edad de transición de madera juvenil a madura y de sus valores elasto-resistentes en *Pinus contorta*. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 26, 1–34. <http://dx.doi.org/10.22320/s0718221x/2024.34>
- Salazar, G., Lobo, S., & Chavarría, M. (2009). *Guía del productor para el establecimiento y manejo de pequeñas plantaciones forestales comerciales*. ONF / SINAC. <https://onfcr.org/guia-del-productor-para-el-establecimiento-y-manej>
- Vergara, C., Cardona, C., Murillo, O., Jarma, A., & Aramendiz, H. (2013). Valor de mercado de plantaciones de teca (*Tectona grandis* Linn.) en el departamento de Córdoba. *Temas Agrarios*, 18(1), 9–22. <https://doi.org/10.21897/rta.v18i1.705>
- Ypushima, A., Salcedo, E., Manríquez, R., Silva, J., Zamora, J., & Hernández, E. (2022). Propiedades de la madera y relación del estado nutrimental con el crecimiento en teca. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(24), 1–9. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i24.317>



Yner, M. (2014). *Apuntes de clase y guía de actividades prácticas* (1.ª ed.).
Editorial Copyright.

https://www.academia.edu/35493332/DASOMETR%C3%8DA_Apuntes_de_Clase_y_Gu%C3%ADa_de_Actividades_Pr%C3%A1cticas

Zuluaga, J., Osorio, V., Gutiérrez, B., Romero, J., Martínez, J., Bocanegra, W., & Solipa, F. (2011). *Experiencia de desarrollo forestal y agroforestal en el Caribe Colombiano*. Corpoica. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13075>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.