



Volumen comercial de una plantación de Pinus radiata D. Don con fines de aprovechamiento ubicada en la región sierra centro del Ecuador

Commercial volume of a Pinus radiata plantation D. Gift for use purposes located in the central highland region of Ecuador

Volume comercial de uma plantaçãõ de Pinus radiata D. Presente para fins de uso localizado na região montanhosa central do Equador

Fabián Marcelo Remache-Reinoso ^I
marcelo.remache@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-7320-1025>

Hernán Eriberto Chamorro-Sevilla ^{II}
hernan.chamorro@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8531-7116>

Norma Ximena Lara-Vásconez ^{III}
norma.lara@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8381-0401>

David Francisco Lara-Vásconez ^{IV}
davib.lara@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-5859-0743>

Correspondencia: marcelo.remache@esPOCH.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 10 de abril de 2024 * **Aceptado:** 16 de mayo de 2024 * **Publicado:** 25 de junio de 2024

- I. Ingeniero Forestal, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales (FRN), Ecuador.
- II. Máster en Sistemas de Información Geográfica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales (FRN), Ecuador.
- III. Magíster en Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales (FRN), Ecuador.
- IV. Ingeniero Forestal, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales (FRN), Ecuador.

Resumen

Este estudio se enfoca en cuantificar el volumen comercial de una plantación de *Pinus radiata* D. Don en la región Sierra Centro del Ecuador a los 8 años de edad, con el propósito de proporcionar información técnica sobre la gestión de la plantación como un rodal de producción. Se empleó un diseño de muestreo sistemático alineado para recopilar datos dasométricos, incluyendo diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total y comercial, área basal y densidad de cobertura.

Los resultados revelan un volumen comercial por rodal de 30.91 m³ y un volumen total por rodal de 39.40 m³, con un incremento medio anual (IMA) en volumen de 4.72 m³. Se observó una variabilidad en el crecimiento entre parcelas, la cual está influenciada por factores como la topografía y las condiciones climáticas. Además, se identificaron una tendencia de disminución en el IMA con la edad de las plantaciones. Estos hallazgos enfatizan la importancia de llevar a cabo una gestión silvicultural apropiada en la plantación, al mismo tiempo que resaltan el potencial económico de *Pinus radiata* D. Don en la región. Además, señalan áreas clave que merecen ser exploradas en futuras investigaciones.

Palabras clave: Rodal; Ima; Densidad de Cobertura; Gestión Silvicultural.

Abstract

This study focuses on quantifying the commercial volume of a *Pinus radiata* D. Don plantation in the Sierra Centro region of Ecuador at 8 years of age, with the purpose of providing technical information on the management of the plantation as a production stand. A systematic aligned sampling design was used to collect dasometric data, including diameter at breast height (DBH), total and commercial height, basal area and cover density.

The results reveal a commercial volume per stand of 30.91 m³ and a total volume per stand of 39.40 m³, with an average annual increase (IMA) in volume of 4.72 m³. Variability in growth was observed between plots, which is influenced by factors such as topography and climatic conditions. Furthermore, a decreasing trend in IMA with the age of the plantations was identified. These findings emphasize the importance of carrying out appropriate silvicultural management in the plantation, while highlighting the economic potential of *Pinus radiata* D. Don in the region. Furthermore, they point out key areas that deserve to be explored in future research.

Keywords: Stand; Ima; Coverage Density; Forestry Management.

Resumo

Este estudo se concentra em quantificar o volume comercial de uma plantação de *Pinus radiata* D. Don na região de Sierra Centro, no Equador, aos 8 anos de idade, com o objetivo de fornecer informações técnicas sobre o manejo da plantação como estande de produção. Um desenho amostral sistemático e alinhado foi utilizado para coletar dados dasométricos, incluindo diâmetro à altura do peito (DAP), altura total e comercial, área basal e densidade de cobertura.

Os resultados revelam um volume comercial por estande de 30.91 m³ e um volume total por estande de 39.40 m³, com aumento médio anual (IMA) de volume de 4.72 m³. Foi observada variabilidade no crescimento entre parcelas, que é influenciada por fatores como topografia e condições climáticas. Além disso, foi identificada uma tendência decrescente do IMA com a idade das plantações. Esses achados enfatizam a importância de se realizar um manejo silvicultura adequado na plantação, ao mesmo tempo em que destacam o potencial econômico do *Pinus radiata* D. Don na região. Além disso, apontam áreas-chave que merecem ser exploradas em pesquisas futuras.

Palavras-chave: Estande; Eu sou um; Densidade de Cobertura; Manejo Florestal.

Introducción

Según datos de la FAO (2020), las plantaciones forestales abarcan aproximadamente 131 millones de hectáreas, lo que equivale al 3% de la superficie forestal mundial y al 45% de la superficie total de bosques plantados. En América Latina, en el inicio del siglo XIX, se implementaron proyectos de forestación y reforestación con el fin de suplir la necesidad de leña, carbón y madera. Estos proyectos involucraron la introducción de especies exóticas como el *Pinus spp.* y el *Eucalyptus spp.*, los cuales se propagaron rápidamente en países como Ecuador (Anchaluisa & Suárez, 2013). Para fines de 2016, en el Ecuador se registró aproximadamente 123.720 hectáreas de plantaciones forestales (MAE, 2018). De este total, las especies *Pinus radiata*, *P. pátula* y *Eucalyptus globulus* representaban el 75% del área plantada. La mayoría de estas plantaciones, alrededor del 90%, se encuentran en la región Sierra, mientras que el restante 10% tenían una distribución en la costa y la región amazónica, con especies comerciales como *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* y *Ochroma pyramidale* (MAE & FFLA, 2006).

En la Provincia de Chimborazo, las plantaciones forestales se concentran principalmente en los cantones de Guamote, Guano y Riobamba. Para el 2017 se estima que hay alrededor de 3.864 hectáreas de propiedades forestadas con plantaciones de pino, específicamente *Pinus radiata* y *Pinus pátula*. Sin embargo, debido a la falta de manejo en algunos casos y al manejo inadecuado en otros, estas plantaciones no cumplen con las condiciones y características necesarias para ser comercializadas o utilizadas en la industria maderera. Esto resulta en precios que no reflejan el valor real y rentable de la madera para los propietarios de los bosques (Cargua, 2017).

La especie *Pinus radiata* D. Don es una de las especies exóticas que prevalecen principalmente en climas templados y una variedad de suelos (Carle et al., 2009). Después del eucalipto, es la segunda especie más plantada en la serranía ecuatoriana debido a su alta capacidad productiva y su capacidad para prosperar en suelos de textura media con pH que va desde ácido a neutro, además de buen drenaje. Esta especie se encuentra comúnmente entre los 1.800 y 3.500 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación anual de 800 a 1.300 mm y temperaturas que oscilan entre 11 y 17°C (Ecuador Forestal, 2013). En la región sierra, se da prioridad a esta especie para la reforestación con fines comerciales debido a su adaptabilidad, rápido crecimiento y rentabilidad (MAGAP, 2015).

En la actualidad, el *Pinus radiata* es ampliamente utilizado en la fabricación de tableros aglomerados y de fibra, y puede ser establecido en diversas aplicaciones, como cortinas rompevientos, cercas vivas, sistemas silvopastoriles o en plantaciones puras. Durante el período 2008-2009, se autorizó la explotación de 388.72 miles de metros cúbicos de madera procedentes de las provincias de Chimborazo, Cotopaxi y Bolívar, lo que representó el 13.24% del volumen total de madera autorizada y aprovechada en el país según datos del Ministerio del Ambiente (MAE, 2010), colocándose así en el tercer lugar en términos de volumen autorizado y aprovechado. De acuerdo con esta afirmación, la disponibilidad de información sobre la evolución de las variables dasométricas durante la fase juvenil de *Pinus radiata* es limitada, lo que dificulta la estimación precisa de su crecimiento y productividad a nivel de sitio en el sector Palmira, cantón Guamote, provincia de Chimborazo.

En este contexto, el objetivo principal de este estudio fue cuantificar su volumen comercial que alcanza la plantación a la edad de 8 años, en respuesta a las condiciones edafoclimáticas del área geográfica en la que se desarrolla. La falta de actividades silviculturales motivó la evaluación de

su crecimiento y productividad, con el fin de proporcionar información técnica que permita gestionar la plantación como un rodal de producción.

La razón detrás de este enfoque se basa en varios factores, incluyendo el tamaño de la propiedad y la falta de prácticas silviculturales, como se ha destacado en investigaciones anteriores (Díaz Balteiro et al., 2008). Por consiguiente, resulta fundamental aplicar una gestión y manejo adecuados de la plantación para asegurar un rendimiento óptimo y constante del área, considerando las condiciones tecnológicas y socioeconómicas actuales (Hernández, 2014).

Metodología

Área de Estudio

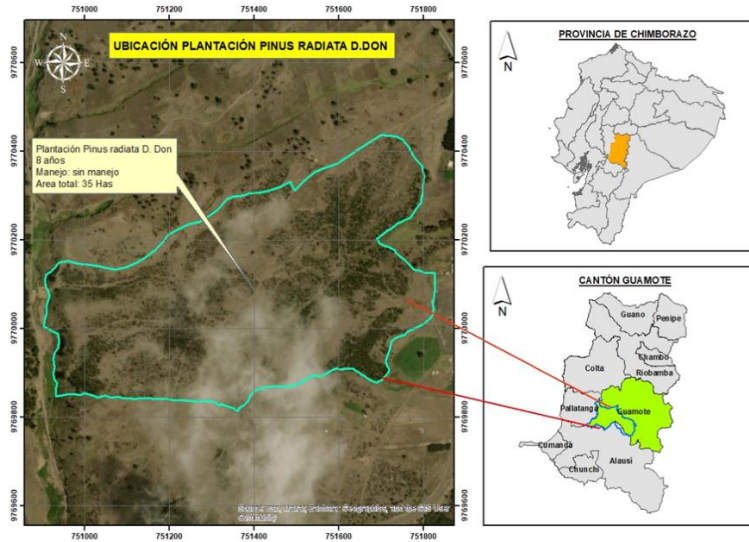
La parroquia Palmira se encuentra ubicada al sur occidente de la provincia de Chimborazo (Figura 1), pertenece al cantón Guamote. Presenta las siguientes características geográficas y climáticas:

Tabla 1: Fuente: PDOT Palmira (2019)

Latitud	750612
Longitud	9770161
Temperatura	9-13 C
Altitud	2560-4200 msnm
Precipitación	681,35 mm
Velocidad del viento	13,46 m/s
Humedad relativa	96.8%
Clima	Invierno húmedo frío en los meses de octubre a mayo, verano cálido seco y ventoso de junio a septiembre.
Topografía	La mayor parte del área presenta pendientes pronunciadas las que en algunos casos sobrepasan el 50%. Los territorios de las comunidades tienen pendientes superiores al 10%

Una vez ubicada la plantación, se llevó a cabo un reconocimiento en colaboración con el equipo de investigación GIFOR (Grupo de Investigación Forestal). Se realizaron análisis in situ de las características dasométricas de los árboles, cumpliendo con parámetros primordiales como homogeneidad, diámetro, altura total y comercial, así como evaluaciones de poda, raleo, estado fitosanitario y área basal.

Figura 1: Localización de la plantación *Pinus radiata* D. DON



Registro de datos dasométricos

Para medir el diámetro a la altura del pecho (DAP), se empleó una forcípula colocada a 1.30 metros de altura en los árboles ubicados dentro del sitio de muestreo, arrojando un diámetro de 10 cm promedio y en algunos casos superior a este valor, los cuales son considerados como árboles aprovechables. Para determinar la altura total y comercial se utilizó un clinómetro, obteniendo un promedio de 8 metros.

Cálculo del volumen de madera en pie

En las parcelas se contaron los árboles fustales, es decir los que tenían un diámetro igual a 10 cm y superior, durante la medición realizada en el año 2023. Para ello, se empleó una forcípula para medir su diámetro y un clinómetro digital para obtener su altura total (HT, en metros). Para el cálculo del área basal se utilizó la fórmula establecida en Ecuador Forestal (2010).

$$AB = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Donde: AB = área basal; D = DAP [Diámetro a la altura del pecho (1.30m)],

$$\pi = 3.1416 \text{ (constante)}$$

La ecuación para el cálculo del volumen total del árbol en pie (Ecuador forestal, 2010).

$$V = \frac{3.1416 \times (DAP)^2 \times h \times ff}{4}$$

Donde:

V = volumen total del árbol (m^3),

DAP = Diámetro del árbol a la altura del pecho (m);

h = Altura comercial o total del árbol (m),

ff = factor de forma = 0.7

d. Análisis estadístico

Mediante el cálculo de estimadores estadísticos al procesar las variables dasométricas. Se utilizó para los análisis la hoja de cálculo de Excel.

Resultados y discusión

Levantamiento cartográfico

El área de la plantación se delimitó, utilizando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), configurado con coordenadas proyectadas Universal Transverse Mercator (UTM). Posteriormente, se capturaron fotografías aéreas con un equipo de Remotly Piloted Aircraft System (RPAS). El área neta obtenida fue de 35 hectáreas (Ver figura 2).

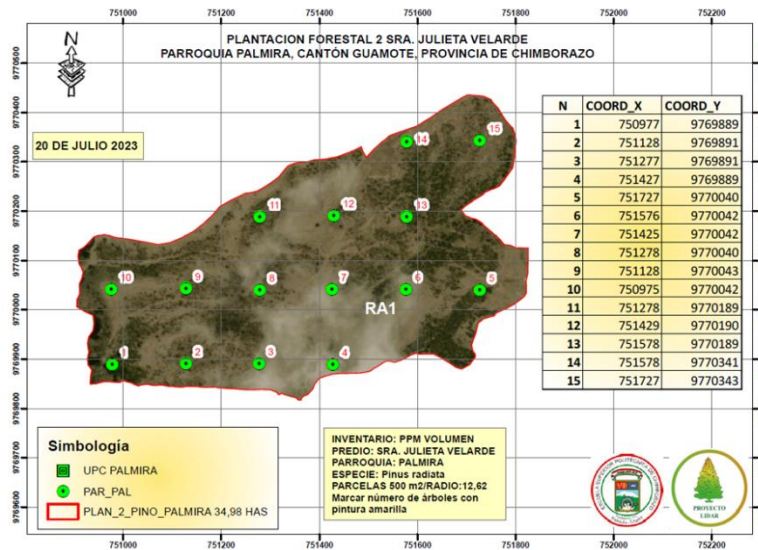
Figura 2: Vista aérea plantación *Pinus radiata* de 8 años



Determinación del tipo de muestreo y número de parcelas

Se utilizó el diseño de muestro sistemático alineado de (FERREIRA, O.1994), tomando 15 parcelas circulares de radio 12.62 m², lo que equivale a un área de 500 m², este tipo de parcela se aplicó debido a las facilidades que presentó el rodal en términos de transitabilidad y manejo silvicultural (Ver figura 3).

Figura 3: Distribución de parcelas permanentes



Como resultado de la medición del DAP con la forcípula a la distancia establecida para altura, se obtuvo los valores de área basimétrica, volumen por parcela y volumen por hectárea (Ver tabla 2).

Tabla 2: Volumen por parcela y por hectárea

Parcela	East	North	Altitud	AB(m ² /ha)	V.par. (m ³)	V.tot. (m ³)
1	750977	9769889	3200-3300	13.6333183	10.2978743	206.0
2	751128	9769891	3200-3300	2.22952155	0.68190197	13.6
3	751277	9769891	3200-3300	4.1342299	1.10983225	22.2
4	751427	9769889	3200-3300	13.154842	4.04858143	81.0
5	751727	9770040	3200-3300	8.94744045	2.3787066	47.6
6	751576	9770042	3200-3300	5.97017272	1.98364103	39.7
7	751425	9770042	3200-3300	5.51395064	1.44640049	28.9
8	751278	9770040	3200-3300	1.44031813	0.22679647	4.5

9	751128	9770043	3200-3300	4.02978373	1.00128437	20.0
11	751278	9770189	3200-3300	3.11598867	0.80614478	16.1
12	751429	9770190	3200-3300	4.18067459	1.19305954	23.9
13	751578	9770189	3200-3300	10.3898715	3.0400935	60.8
14	751578	9770341	3200-3300	4.35905798	1.1037518	22.1
15	751727	9770343	3200-3300	1.80813187	0.44720436	8.9

En la tabla 2, se observa que en la parcela 1 es donde se concentra el mayor volumen esto debido a que existen árboles remanentes de un primer aprovechamiento, mientras que en la parcela 10 no se evidenció la presencia de árboles debido a que esta estaba ubicada en una quebrada, se tiene un diámetro promedio del rodal de 12.92 cm, a la edad de 8 años, el diámetro promedio obtenido aumenta proporcionalmente a su edad siguiendo la tendencia natural de crecimiento. Lo que significa que las plantaciones tienen incremento total en diámetro proporcional al tiempo.

Prueba de normalidad de las variables DAP Y Altura

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable DAP indican que la distribución de los datos no sigue una distribución normal ($W = 0.86625$, $p\text{-value} = 5.437e-15$). Esto sugiere que los datos de la variable DAP no están adecuadamente modelados por una distribución normal. Es importante tener en cuenta esta falta de normalidad al interpretar los resultados de cualquier análisis estadístico que se realice con estos datos. Por otro lado, los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable "Altura" revelaron una significativa falta de normalidad en la distribución de los datos ($W = 0.76254$, $p\text{-value} < 2.2e-16$). Esto sugiere que los datos de la variable "Altura" no siguen una distribución normal. Es importante considerar esta no normalidad al interpretar los resultados de cualquier análisis estadístico relacionado con esta variable.

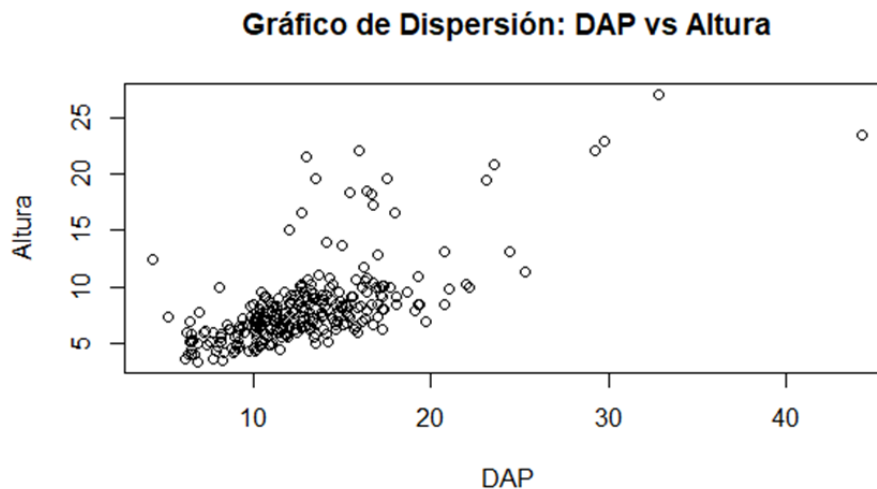
En el contexto de nuestro estudio, aunque los datos recolectados no cumplan estrictamente con el supuesto de normalidad, la aplicación de la regresión lineal sigue siendo justificada por varias razones. Primero, la regresión lineal es una herramienta robusta que puede proporcionar una aproximación útil para modelar la relación entre nuestras variables predictoras y la variable de interés, incluso en presencia de desviaciones leves de la normalidad. Además, la regresión lineal es ampliamente utilizada en la literatura científica y ha demostrado ser efectiva en una variedad de

escenarios empíricos. Por último, al considerar el contexto específico de nuestro estudio y la naturaleza de nuestros datos, creemos que la regresión lineal sigue siendo una opción válida y relevante para explorar las relaciones entre las variables de interés.

Análisis de regresión

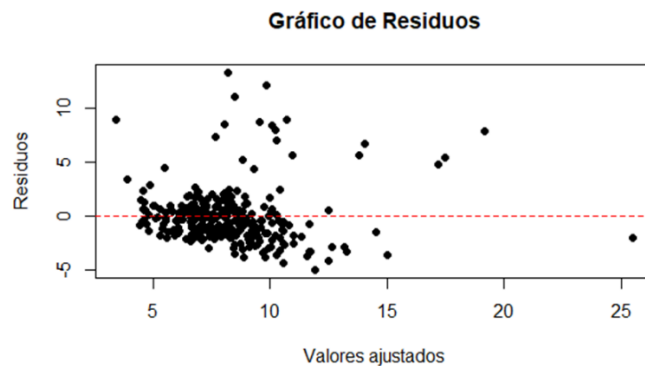
El coeficiente de correlación entre las variables "DAP" y "Altura" es aproximadamente 0.675, lo que indica una correlación positiva moderada entre estas dos variables. Esto sugiere que a medida que el diámetro a la altura del pecho (DAP) aumenta, la altura del árbol tiende a aumentar también, y viceversa, aunque la relación no es perfecta.

Figura 4: Diagrama de dispersión DAP vs ALTURA



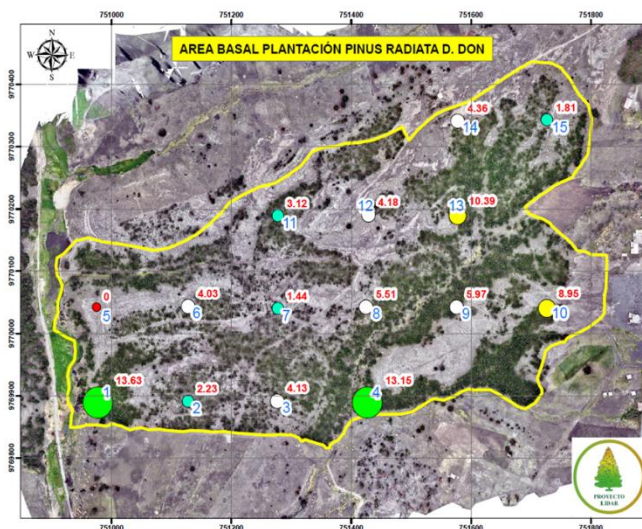
El análisis gráfico de dispersión revela una interesante relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura de los árboles. Los datos muestran una tendencia positiva, lo que sugiere que a medida que aumenta el diámetro de los árboles, también lo hace su altura. Este hallazgo respalda la noción intuitiva de que existe una asociación entre la variable diámetro de un árbol y su altura. Sin embargo, la dispersión en los datos sugiere que otros factores, como las condiciones del suelo o el acceso a la luz solar, mortalidad y densidad también pueden influir en la altura de los árboles.

Figura 5: Gráfico de residuos



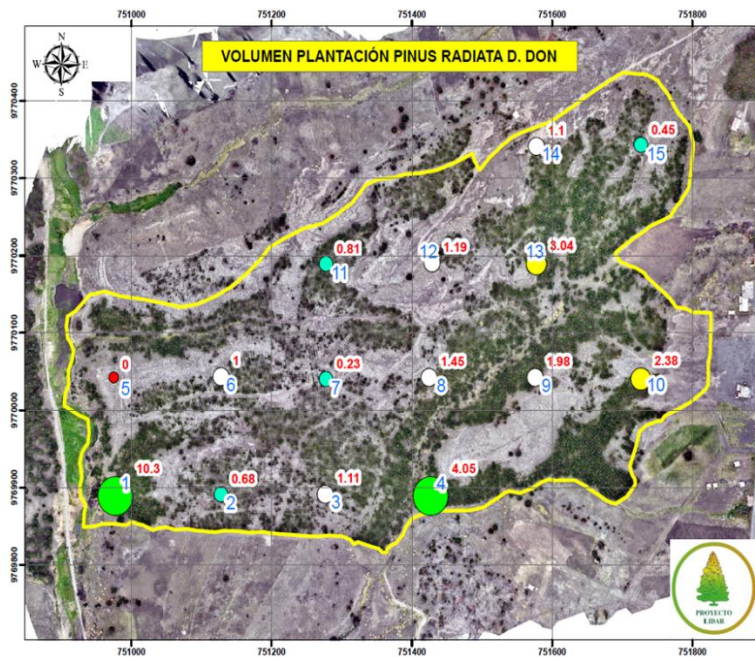
El gráfico de residuos generado muestra la diferencia entre los valores observados y los valores predichos por el modelo de regresión lineal entre las variables DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) y Altura de los árboles. Los residuos se distribuyen alrededor de la línea horizontal en cero, lo que indica que el modelo de regresión captura adecuadamente la relación entre las variables. Estos resultados respaldan la noción de que el diámetro puede ser un indicador útil para predecir la altura de los árboles en el rodal estudiado. Se observa que el DAP muestra una tendencia ascendente a medida que avanza la edad, lo que facilita la toma de decisiones confiables en cuanto a la aplicación de podas y raleos en esta especie. Del mismo modo, la altura total promedio también muestra una tendencia al alza con el paso del tiempo, lo que simplifica la toma de decisiones respecto a la poda de los árboles de *Pinus radiata* en la plantación.

Figura 6: Área basal por parcela en m²/ha



El área basal promedio proyectada fue de $5.48 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, un valor notablemente inferior al reportado en la región de Biobío-Chile, que alcanza los $32.9 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (Hubert et al., 2010). En el caso de Ecuador, específicamente en Mulaló, este valor es 1.61 veces mayor, con una cifra de $21.15 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ y una densidad de 980 árboles. Es importante destacar que este valor está influenciado por la densidad de árboles, la cual tiene un efecto directo sobre la productividad del sitio.

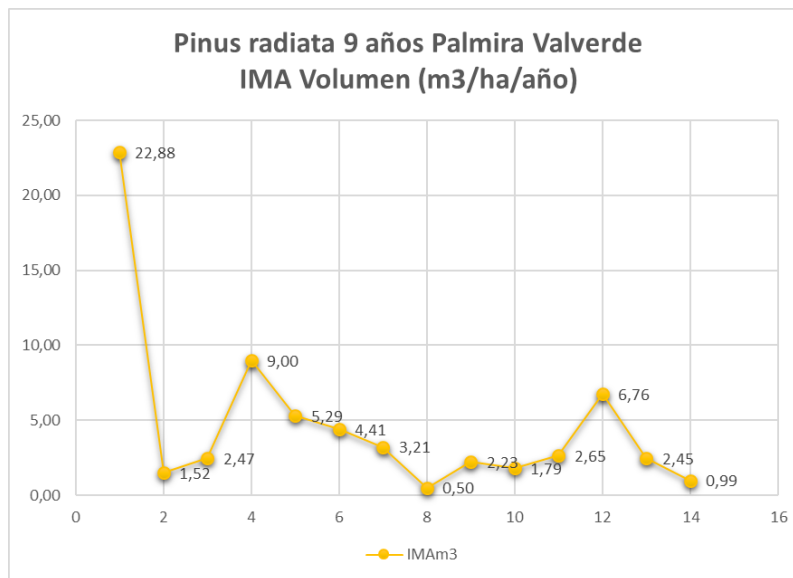
Figura 7: Volumen por parcela en m^3/ha



El raleo permite mantener una densidad de árboles que garantice una productividad óptima del sitio, evitando así la competencia excesiva y promoviendo un crecimiento saludable de los árboles seleccionados.

A medida que aumenta la densidad, también lo hace la producción, aunque hasta cierto límite, antes de que se produzca una competencia intraespecífica significativa. Por esta razón, es crucial considerar el raleo como una medida para redistribuir los recursos entre un número adecuado de individuos seleccionados según criterios técnicos específicos (Acosta, 2008).

Figura 8: IMA de volumen por parcela para el año 2023



Los resultados del incremento medio anual (IMA) en volumen muestran que, a medida que avanza la edad la tasa de IMA aumenta, observando que a la edad de 8 años es 4.72 cm/año.

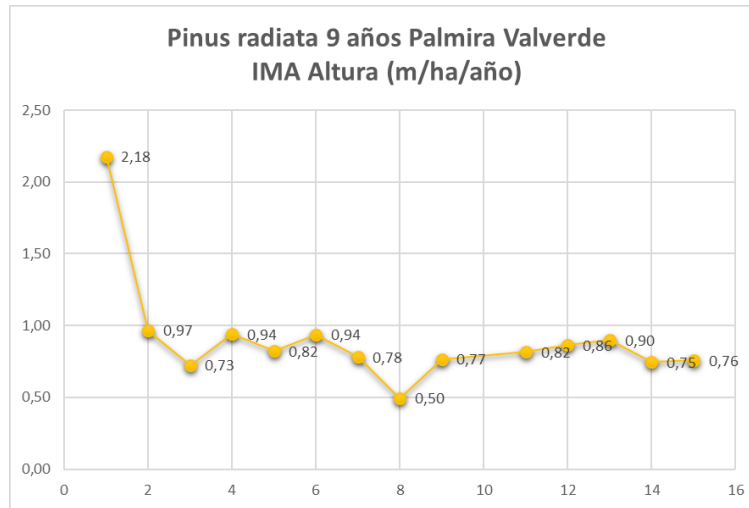
Al respecto, Daniel et al. (1982) dice que el IMA en diámetro está influenciado por la calidad del sitio, la genética y el manejo que se le aplique a las plantaciones forestales, además menciona que la mayor tasa de incremento anual en volumen se da en la etapa de desarrollo juvenil al igual que el dap, ya que en la primera etapa tiene la tendencia de ganar la mayor altura posible, esa tasa se mantiene en cambios ligeros durante varios años hasta llegar a su madurez fisiológica, donde las tasas de IMA van a disminuir.

Sáenz et al. (2011) en su estudio en México, menciona que la especie de *Pinus radiata* bajo condiciones de manejo obtiene resultados de IMA en diámetro 1.06 cm/año a los 15 años, observando que esta tendencia de la disminución de la tasa de incremento medio anual IMA, se da de forma natural. Domínguez (2016), indica en su estudio realizado en Granja Porcón (Cajamarca), resultados de IMA en diámetro; 0.88 cm/árbol/año, similar al resultado que presenta la plantación en el Centro Poblado Cobro Negro de 22 años de edad, siguiendo la tendencia de disminución de la tasa de IMA conforme avanza la edad de las plantaciones.

Riofrío (2016), describe en su estudio que para llegar a la madurez fisiológica y senectud, el árbol tiene una tendencia natural, teniendo un pequeño incremento diamétrico anual al inicio debido a que en esta etapa trata de alcanzar la mayor altura posible que generalmente es hasta los 5 a 7 años,

el cual se incrementa al máximo en el estado juvenil, este máximo es logrado en la segunda fase y comúnmente se mantiene por muchos años con pequeñas variaciones, cuando llega a la madurez fisiológica se da una lenta disminución en los incrementos, llegando en un punto que ya no tiene incrementos a lo largo del tiempo esta etapa se llama senectud.

Figura 9: IMA de altura por parcela para el año 2023



Corvalán y Hernández (2006), mencionan la importancia de lograr el mayor incremento total en diámetro en las plantaciones forestales, de esto depende mucho el valor comercial y la productividad, a los 22 años de edad con una densidad de 1060 árboles por hectárea en plantaciones instaladas en el Centro Poblado el Cobro Negro presentan un diámetro promedio de 21.1 cm. Cortez y Fernández (2009), manifiestan que el manejo forestal es muy importante para lograr el mayor incremento en diámetro. Los resultados obtenidos en este estudio a la edad de 22 años dependen mucho del manejo que se le ha aplicado, de todas las actividades solo se ha practicado podas, lo que ha influenciado en el resultado, de aplicarse las otras técnicas de manejo forestal posiblemente se podría obtener mayor IT en diámetro, de esta forma obtener mayor productividad y aumentar su valor comercial actual.

Al respecto Cancino (2015), menciona en sus estudios que los árboles tienen la tendencia de ganar la altura máxima en su primera etapa de su vida con el objetivo de ganar mayor luz solar hasta llegar a su etapa media, en la cual su incremento tiende a ser mayor en diámetro, esta tendencia se mantiene con ligeros cambios durante muchos años hasta llegar al clímax total de los árboles, en este último punto de su vida se detiene su crecimiento e incremento. Esta tendencia se refleja en

los resultados obtenidos en el incremento medio anual en altura; donde a los 8 años de edad el IMA es de 1.17 m/año, edad de 12 años 1.06 m/año y 0.7 m/año a la edad de 22 años siguiendo la tendencia a disminuir sus tasas de incremento a medida que llega a la senectud.

Cancino (2015), en su estudio demuestra que, en las plantaciones, las primeras etapas de desarrollo presentan bajos incrementos en altura, esto ocurre generalmente hasta la edad de 5 a 7 años a partir de esta edad comienza la etapa (juvenil o desarrollo medio), presentan las tasas más altas de incremento, estas van variando ligeramente hasta llegar a su madurez fisiológica y declive, cabe resaltar que en el crecimiento en altura es donde más se diferencia estas etapas (inicial, media, madurez fisiológica y declive).

Prodan et al. (1997), en sus estudios mencionan que el incremento en altura está influenciado por la competencia entre las especies por espacio y luz principalmente y que su incremento en altura al no tener un manejo adecuado, sus incrementos en la etapa juvenil presentarían tasas bajas de incremento en altura, aumentando su masa en la ramificación, afectando la productividad en las plantaciones, el estudio demuestra que no han tenido intervenciones de manejo forestal adecuado y oportuno, no se garantiza la productividad y la calidad del producto a obtener.

Domínguez (2016), en su estudio, crecimiento de *Pinus pátula* y *Pinus radiata* en plantaciones de Granja Porcón (Cajamarca), menciona que la variable con mayor influencia en el incremento en altura en las plantaciones de este género es la precipitación, que para el caso de *Pinus radiata* D. Don, la precipitación que presenta en el centro poblado el Cobro Negro es óptima ya que se tiene 1200 mm a 1500 mm.

Tabla 3: Volumen total y costo de la plantación

PLANTACIÓN	PALMIRA VALVERDE
Año de siembra	2014
Edad	8 años
Área total (Has)	37.85
Especie	<i>Pinus radiata</i>
Espaciamiento (m)	3X3
Densidad (árbol/ha)	375

Área Basal (m ²)	5.92
Vol Comer/Rodal (m ³)	30.91
Vol Total/Rodal (m ³)	39.40
IMA/VOL	4.72
IMA/ALT	0.91
VOL TOTAL FINAL (m³)	1491.53
Costo Total (USD)	22372.95

En la plantación en estudio se observa que a la edad de 8 años se tiene un volumen comercial por rodal de 30.91 m³ y un volumen total por rodal de 39.40. Un IMA/volumen de 4.72 m³ y un IMA/altura 0.91 m. Teniendo como volumen final 1491.52 m³ y un costo aproximado de 22 372.95

Conclusiones

- La plantación forestal de *Pinus radiata* D. DON instalada en la parroquia Palmira, presenta un incremento total en altura de 0.91 y en relación al incremento medio anual en volumen de 4.72 m³ con costo aproximado de 22 372.95 tomando el costo de madera en pie de \$13.00 la tonelada.
- La falta de actividades silviculturales adecuadas puede afectar significativamente la productividad y rentabilidad de las plantaciones forestales. Este estudio resalta la necesidad de implementar prácticas de manejo adecuadas para garantizar un crecimiento óptimo de las plantaciones.
- Se observa una variabilidad en el crecimiento entre diferentes parcelas, lo que puede estar influenciado por diversos factores como la topografía, el manejo previo y las condiciones climáticas. Este hallazgo destaca la importancia de considerar la heterogeneidad del terreno al planificar y gestionar las plantaciones forestales.
- Los resultados muestran que el incremento medio anual en volumen disminuye con la edad, siguiendo una tendencia natural de crecimiento. Esto subraya la importancia de considerar el ciclo de vida completo de las plantaciones al planificar estrategias de manejo y aprovechamiento forestal
- A pesar de los hallazgos obtenidos en este estudio, se reconoce la necesidad de continuar investigando para mejorar la comprensión de los factores que afectan el crecimiento y la

productividad de las plantaciones de *Pinus radiata* D. DON en la región. Esto podría incluir estudios adicionales sobre manejo silvicultural, genética de la especie y adaptación al cambio climático.

Referencias

1. Acosta, C. (2008). Evaluación de una fertilización en *Eucalyptus globulus* Labill aplicada en la etapa de máxima acumulación nutritiva. (Trabajo de pregrado). Escuela de ingeniería Forestal. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
2. Anchaluisa, S. y Suárez R., E. 2013. Efectos del fuego sobre la estructura, microclima y funciones ecosistémicas de plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*; Myrtaceae) en el Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*. 5, 2 (dic. 2013).
3. Cancino, J. 2015. Dendrometría básica: Medición de diámetros y altura en árboles en pie. México, Editorial Herrero. 171 p.
4. Carle, J., J. B., & A. d. (2009). The Global Thematic Study of Planted Forests. In: *Planted Forests. Uses, Impacts And Sustainability*. J. Evans. FAO, CABI.
5. Cortez, C y Fernández, E. 2009. Guía para el buen manejo forestal: manejo forestal, México, México, Editorial S.A. de C.V. 180 p.
6. Corvalán, P y Hernández, J. 2006. Cátedra de Dasometría. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Chile. 130 p
7. Daniel, T; Helms, J; Baker, F. 1982. Principios de Silvicultura. Mc Graw Hill Company Inc, México. 492 p.
8. Diaz Balteiro, L., Bertomeu, M., & Giménez, J. (2008). Gestión óptima de *Eucalyptus globulus* en Galicia. *Researchgate*, 17.
9. Domínguez, JC. 2016. Evaluación de la influencia de la precipitación y temperatura en el crecimiento de *Pinus patula* y *Pinus muricata* en plantaciones de granja Porcón (Perú) a través de técnicas dendrocronológicas. Tesis de título. Lima, Perú, UNALM. 89 p
10. Ecuador Forestal (2010). Ecuador forestal. (2010). Normas para el manejo sostenible de los bosques húmedos. Obtenido de <http://ecuadorforestal.org/wpcontent/uploads/2010/05/Normas-para-el-Manejo-ForestalSostenible-de-los-Bosques-H%C3%BAmedos.pdf>

11. Ecuador Forestal, 2013 Ecuador Forestal. (Julio de 2013). Organización Ecuador Forestal. Recuperado el 15 de marzo de 2014, de <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especiesforestales/ficha-tecnica-no-15-eucalyptus-globulus-labill/>
12. Hernández, J. (2014). Curso Regional de Regulación, Manejo y Salud Forestal. Chihuahua.
13. Hubert, A., Iroumé, A., Mohr, C., & Frene, C. (2010). Efecto de plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* sobre el recurso agua en la Cordillera de la Costa de la región del Biobío, Chile. *Bosque*, 31(3), 219-230.
14. MAE, 2010 Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2010). Aprovechamiento de los Recursos Forestales 2007-2009. Quito, Ecuador.
15. MAE, 2018 Estadísticas del patrimonio natural del Ecuador continental, 2018, pp. 16. Disponible en: https://proamazonia.org/wpcontent/uploads/2019/10/ECUADOR_Folleto_Patrimonio_Natural_compressed.pdf
16. MAGAP, 2015 Aprovechamiento de los Recursos Forestales en Ecuador, 2015, pp. 3-7.
17. PRODAN M., PETERS R., COX F., REAL P., 1997. Medición de Árboles Individuales. Estimación de Atributos de Árboles y Productos. En: *Mensura Forestal*, IICA-GTZ, Costa Rica, pp. 94-131.
18. Riofrío, JG. 2016. Análisis de los patrones de crecimiento radial de masas de *Pinus pinaster* Ait. en respuesta a la variabilidad climática: El incremento de la variabilidad de crecimiento. tesis de maestría, Valladolid, España, Universidad de Valladolid. 126 p.
19. Rodríguez, H., & Ramírez, H. (2016). Dendrometría (forest mensuration) Medición forestal. ResearchGate.
20. Sáenz, D; Hernández, J; Pérez, M. 2011. Valoración económica- ambiental de recursos naturales la Habana- Cuba. Cuba. 223 p.