

Determinación del factor de forma de copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.), en la parroquia Lita, cantón Ibarra.

Xavier Germán Valencia Valenzuela¹

xgvalenciav@utn.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3209-9581>

Colegio de Ingenieros Forestales de Imbabura
Ibarra – Ecuador

German Washington Congo Espinosa

gcongoe@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6437-8406>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición
Ecológica
Ibarra - Ecuador

Edison Santiago Yépez Duque

esyepzd@utn.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9608-5322>

Ministerio de Ambiente, Agua y Transición
Ecológica
Ibarra – Ecuador

Segundo Vicente Revelo Ruiz

vrr.ingf@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-9414-8362>

Colegio de Ingenieros Forestales de Imbabura
Ibarra – Ecuador

Rolendio Bolívar Montenegro Verdugo

role1684@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-9133-5271>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición
Ecológica
Ibarra - Ecuador

José Fernando Trejo Cuásquer

jose.trejo@ambiente.gob.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3790-7330>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición
Ecológica
Ibarra – Ecuador

RESUMEN

El aprovechamiento forestal de copal es muy frecuente en la parroquia Lita y en la provincia Imbabura, y se hace necesario utilizar un Factor de forma que estime correctamente el volumen en pie de esta especie. El objetivo fue determinar el Factor de forma para estimar el volumen en pie de copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec). El estudio se realizó en un programa de corta de árboles relictos dispersos en potrero, en el sector La Esperanza de Rio Verde, parroquia Lita, cantón Ibarra, provincia Imbabura. La metodología que se aplicó en la investigación exhibe un enfoque cuantitativo, con paradigma positivista; además se empleó un diseño experimental basado en el cálculo de estimadores estadísticos, cálculo de Regresiones y Análisis de Varianza; también exhibe un método hipotético deductivo en la determinación del Factor de forma, con un tipo de investigación descriptiva y de campo. En el proceso de investigación, se seleccionó 13 árboles de copal mediante un muestreo simple aleatorio dentro del área del programa de corta, se midió el DAP y altura comercial de los árboles, luego se clasificó en tres clases diamétricas. Se estimó el volumen en pie mediante la fórmula convencional con el Factor de forma de 0,7; después los individuos fueron apeados y cortados en secciones (trozas) de 2.40 metros cada una, luego se registró el diámetro mayor y diámetro menor de cada troza y se aplicó la ecuación de Smalian para el cálculo del volumen real de trozas y de individuos, también se calculó el volumen del cilindro con el diámetro basal del fuste; posteriormente se determinó el Factor de forma para el cálculo de volumen en pie de la especie copal para cada clase diamétrica. El volumen total en pie de los árboles fue 27.31 m³, con un promedio de 2,10 m³; mientras que el volumen total del cilindro fue 39,81 m³, con un promedio de 3,06 m³ y el volumen total Smalian fue 27,84 m³, con un promedio de 2,14 m³; el ANOVA estableció una Regresión altamente significativa entre el DAP y volumen Smalian de los individuos; el Factor de forma obtenido en el presente estudio fue 0,73; por lo que se recomienda aplicar este Factor para estimar el volumen en pie de los árboles de copal.

Palabras clave: smalian; factor de forma; volumen; dacryodes olivifera; copal

¹ Autor principal.

Correspondencia: xgvalenciav@utn.edu.ec

Determination of the form factor of copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.), in the Lita parish, Ibarra canton.

ABSTRACT

Copal forestry is very common in the Lita parish and the Imbabura province, and it is necessary to use a Shape Factor that correctly estimates the standing volume of this species. The objective was to determine the Form Factor to estimate the foot volume of copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec). The study was carried out in a program of cutting relict trees scattered in pastures, in the La Esperanza sector of Rio Verde, Lita parish, Ibarra canton, Imbabura province. The methodology that was applied in the research exhibits a quantitative approach, with a positivist paradigm; In addition, an experimental design was used based on the calculation of statistical estimators, calculation of Regressions and Analysis of Variance; It also exhibits a hypothetical deductive method in determining the Form Factor, with a type of descriptive and field research. In the research process, 13 copal trees were selected through simple random sampling within the cutting program area, the DAP and commercial height of the trees were measured, then they were classified into three diameter classes. The standing volume was estimated using the conventional formula with the Form Factor of 0.7; Afterwards, the individuals were felled and cut into sections (logs) of 2.40 meters each, then the largest diameter and smallest diameter of each log were recorded and the Smalian equation was applied to calculate the real volume of logs and individuals, also The volume of the cylinder was calculated with the basal diameter of the stem; Subsequently, the Form Factor was determined to calculate the standing volume of the copal species for each diameter class. The total standing volume of the trees was 27.31 m³, with an average of 2.10 m³; while the total cylinder volume was 39.81 m³, with an average of 3.06 m³ and the Smalian total volume was 27.84 m³, with an average of 2.14 m³; The ANOVA established a highly significant regression between the DAP and Smalian volume of the individuals; The Shape Factor obtained in the present study was 0.73; Therefore, it is recommended to apply this Factor to estimate the standing volume of copal trees.

Keywords: smalian; form factor; volume; dacryodes olivifera; copal

Artículo recibido: 20 de noviembre 2023
Aceptado para publicación: 29 diciembre 2023

INTRODUCCIÓN

El copal (*Dacryodes spp.*) es una especie forestal muy apetecida en el mercado local y nacional, según Valencia et ál. (2022a) exponen que el copal fue la especie forestal mayormente aprovechada en la provincia Imbabura durante el periodo 2015-2019 con un volumen de 3.563,94 m³; así mismo, Valencia et ál. (2022b) exhiben que el volumen de copal (*Dacryodes spp.*) aprovechado en ese mismo periodo en la parroquia de García Moreno fue 1.190,31 m³ y 2.373,63 m³ en la parroquia Lita, de los cantones Cotacachi e Ibarra respectivamente. Es así, que se hace necesario determinar un Factor de forma para la estimación correcta del volumen en pie de esta especie. Por otra parte, Congo et ál. (2023) incentiva a realizar estudios forestales que aporten con información necesaria para la generación de nuevas normativas en el Ecuador, por parte del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

Para la estimación del volumen en pie en inventarios forestales con el fin de elaborar planes y programas de corta para el aprovechamiento forestal, se utiliza la fórmula convencional y se aplica un Factor de forma de 0,7; este valor es una constante sugerida por Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica “MAATE”, la fórmula se encuentra en el Acuerdo Ministerial Nro. 125, publicado en el Registro Oficial No. 272 del 23 de febrero del 2015 (MAE, 2015). El Factor de forma que se aplica actualmente en la fórmula convencional, es una constante generalizada para la estimación del volumen en pie de todas las especies forestales, por lo que es importante investigar y definir un Factor de forma para cada especie, incluso para mayor precisión se debe tomar en cuenta las clases diamétricas, ya que al estimar correctamente el volumen en pie de los árboles se optimiza el recurso forestal y se contribuye al Manejo Forestal Sostenible (MFS) de los bosques nativos en Ecuador. Al respecto, Congo et ál. (2022) expresan que “El MFS es un elemento importante a poner en práctica en diferentes etapas del aprovechamiento forestal, para proporcionar recursos forestales inagotables a futuras generaciones” (p. 4208). La estimación correcta del volumen en pie promueve un aprovechamiento forestal óptimo de las especies, además contribuye a mantener la estructura de los bosques y posiblemente a disminuir la tala ilegal. Al respecto, Valencia (2020) expresa que “La pérdida de la estructura y diversidad arbórea de los bosques nativos es consecuencia directa de la tala ilegal de árboles”. La especie copal es frecuente en bosques, en áreas de rastrojo y potrero en las parroquias de Lita y García Moreno de la provincia Imbabura, así el copal es parte de la diversidad arbórea en esos ecosistemas; según Palacios (2011);

citado por Valencia et ál. (2022c), la diversidad es la cantidad de individuos, más la abundancia de especies. En relación con el aprovechamiento forestal en Napo, Congo (2017) expresa que: “*El mayor aprovechamiento se registra en Planes de Manejo Forestal simplificado (PAFSi) con un 38%, seguido de Programas de Corta de Árboles Relictos con el 32%, el 24% proviene de Árboles de Regeneración Natural en Cultivos; y en menor porcentaje provienen de Planes de Manejo Forestal Sustentable con el 3% y Planes de Conversión Legal con el 3%*” (p. 51).

El Factor de forma se encuentra relacionado con dos grupos de árboles: a) latifoliadas que tienen un tronco ramificado en diversas direcciones y b) coníferas que poseen un tronco principal recto e identificado hasta el ápice (Jaramillo, 2001). El Factor de forma puede definirse como la relación existente entre el volumen real de un árbol y el volumen del cilindro.

El Ministerio del Ambiente, expone en el catálogo de iniciativas sobre bioemprendimientos, que el copal (*Dacryodes spp.*) es una especie que su resina se utiliza para producción de aceites esenciales, además expone que el fruto del copal posee propiedades cosméticas, aromáticas y repelentes (MAE, 2017).

Para la estimación correcta del volumen en pie de diferentes especies forestales es importante conocer y determinar un Factor de forma cercano a la realidad, es por ello que varios investigadores han determinado Factores de forma de varias especies; es así, que Sánchez (2012), en su investigación realizada en la provincia Orellana obtuvo el Factor de forma de cinco especies forestales: Sangre de gallina (*Otoba spp*) 0,9; Chuncho (*Cedrelinga cateniformes*) 0,8; Ceibo (*Ceiba samauma*) 0,7; Canelo (*Nectandra spp.*) 0,7 y para Laurel (*Cordia alliodora*) 0,7. Así mismo, en un estudio realizado en la ciudad de Ibarra, Carvajal et ál. (2023) obtuvieron un Factor de forma de 0,92 y 0,94 para la especie Nogal (*Juglans neotropica* Diels), con la fórmula de Smalian y Newton respectivamente.

Palacios et ál. (2017) obtuvieron un Factor de forma de 0,86 para estimar el volumen de nogal (*Juglans neotropica* Diels), además, construyeron una ecuación para estimar su volumen en pie, en base al modelo de regresión lineal simple, con una sola variable (DAP), con el modelo $V = a + b * (X)$; y la ecuación resultante fue: $\{V = -0,36 + 0,03 * (X)\}$, con un valor de CME de 0,0043; PRESS de 0,36 y un coeficiente de determinación del 82 % ($r^2 = 0,82$). López (2023) obtuvo un Factor de forma para nogal (*Juglans neotropica* Diels) de 0,92 con la fórmula Smalian y de 0,94 con la fórmula de Newton.

La presente investigación tiene como objetivo determinar el Factor de forma para estimar el volumen en pie de copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.), para ofrecer información más precisa en la estimación del volumen, de tal manera que, con las variables dasométricas (DAP y altura comercial), se pueda obtener de forma más precisa el volumen en pie, para que no exista diferencias entre el volumen en pie y el volumen en secciones de un árbol (Jaramillo, 2021).

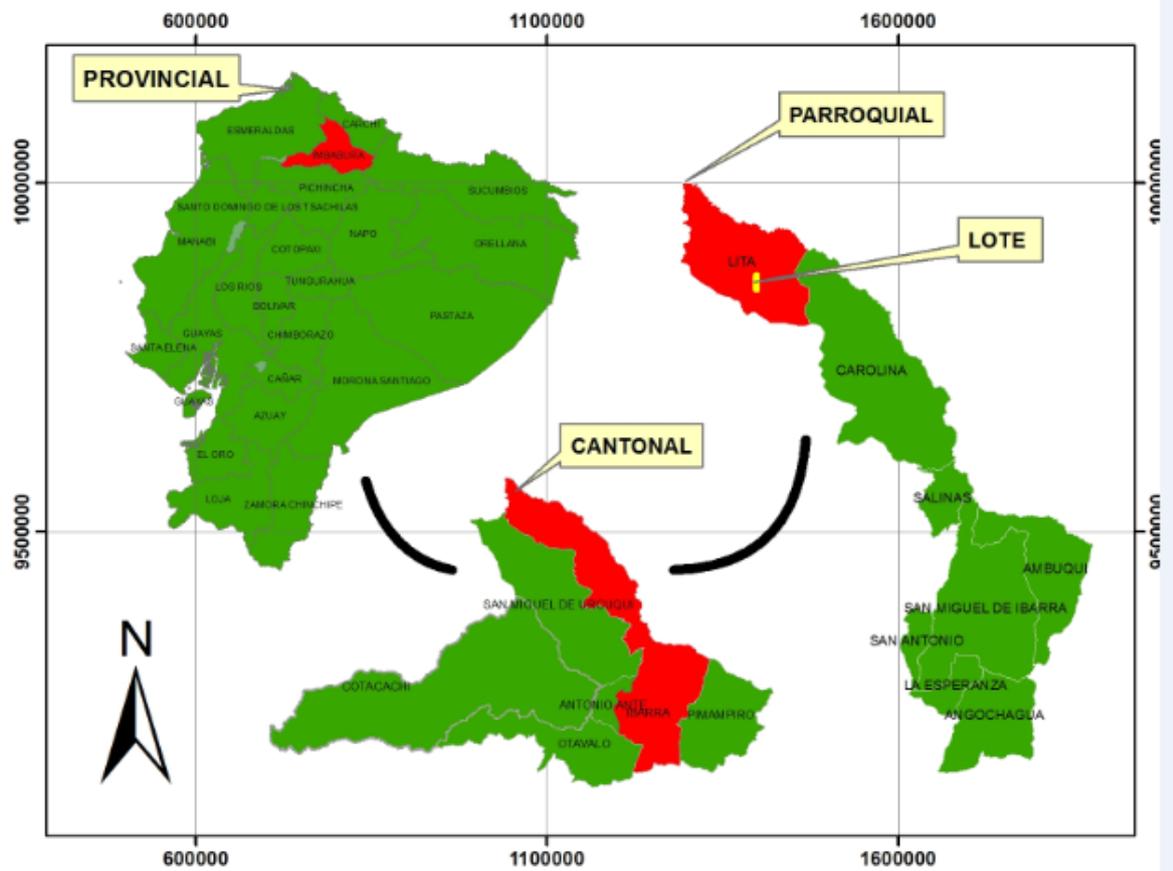
METODOLOGÍA

El enfoque metodológico de la presente investigación es de tipo cuantitativo, descriptivo y de campo, ya que se realizó la recopilación de datos a través de la medición de variables: DAP, altura comercial y longitud de trozas; además se calculó el volumen de las secciones del fuste (Smalian), volumen en pie y volumen del cilindro. El paradigma en el presente estudio corresponde al positivista, a través de la determinación del Factor de forma de la especie forestal copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.) mediante la relación existente entre el volumen Smalian y volumen del cilindro. El diseño de la investigación es experimental, se sustenta en el cálculo de Regresiones, análisis de varianza y de estimadores estadísticos del área basal, volumen en pie, volumen Samalian, volumen del cilindro y determinación del Factor de forma. Durante la investigación se aplicó el método hipotético deductivo, sustentado en la investigación de campo, en la recopilación de información de variables para el desarrollo del estudio.

Descripción del área de estudio

El presente estudio se realizó en un predio cuyos árboles seleccionados formaban parte de un programa de corta de árboles relictos aprobado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, los individuos se encontraban dispersos en la finca, cuya cobertura vegetal corresponde a un sistema silvopastoril. La finca se encuentra ubicada en La Esperanza del Rio Verde, parroquia Lita, cantón Ibarra, provincia Imbabura; su altitud promedio es 1.300 m.s.n.m., la temperatura fluctúa entre 18°C y 20°C, con una precipitación anual que fluctúa entre 1.750 y 2.000 mm; con un tipo de clima Ecuatorial Térmico Semi-Húmedo (MAATE, 2023). Las coordenadas referenciales son X: 793242, Y: 10082776 (Datum WGS 84) en la parte media de la finca; según el Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental, el área donde se realizó el estudio corresponde a Bosque Húmedo Pre Montano (b.h.P.M) (MAE, 2012).

Ilustración 1: Localización del área de estudio



El proceso que se utilizó en el presente estudio fue mediante un censo forestal de 13 árboles que formaban parte del programa de corta de árboles relictos “PCAR16138071465”; estos individuos fueron seleccionados de forma aleatoria con ayuda del ejecutor del programa. La información recolectada en campo se clasificó en tres categorías diamétricas: a) Individuos con $DAP > 47\text{cm}$; $DAP < 60\text{ cm}$. b) $DAP \geq 60\text{ cm}$; $< 70\text{ cm}$ y c) $DAP \geq 70\text{ cm}$; $< 83\text{ cm}$. Para cumplir con el objetivo del estudio se realizó la estimación del volumen de los árboles en pie, aplicando la fórmula convencional con el Factor de forma de 0,7; después los individuos fueron apeados y cortados en secciones (trozas) de 2.40 metros cada una, luego se registró el diámetro mayor y diámetro menor de cada troza, y se aplicó la ecuación de Smalian para el cálculo del volumen de trozas y de individuos; posteriormente se determinó el Factor de forma de la especie copal en cada categoría diamétrica, a través de la relación existente entre el volumen Smalian y volumen del cilindro de cada individuo. Este proceso metodológico se realizó en tres fases de investigación.

Fases de la investigación:

Fase I: Recopilación de información

Población: La población estuvo conformada por 29 individuos censados y registrados en el programa de corta de árboles relictos “PCAR16138071465”

Tamaño de la muestra: Se seleccionó 13 árboles de la especie forestal copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.) cuyos valores de DAP oscilan entre 47 a 83 cm; y Altura comercial comprendida entre 4.80 y 14.40 m. Estos árboles fueron seleccionados por el ejecutor del programa (Operador Forestal), debido a que en una primera etapa de aprovechamiento forestal se apeó, troceó y aserró los individuos.

Tipo de muestreo: El tipo de muestreo utilizado en el presente estudio fue un muestreo simple aleatorio de árboles del programa de corta.

Toma de datos: La recopilación de la información de DAP y Altura comercial, se realizó a través de un censo forestal, de los 13 árboles en pie de la especie forestal copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.), se midió el DAP de los individuos (diámetro a la altura del pecho) con una cinta diamétrica, luego se registró la altura comercial de los árboles con un Hipsómetro Suunto.

Tumba de los árboles: La Tumba de los árboles se realizó con motosierra y con la ayuda de un operador experto en aprovechamiento forestal.

Troceado. Con la ayuda de un flexometro se midió y se señaló el fuste en secciones de 2.40 m de longitud, luego se procedió a realizar el troceado con motosierra.

Registro del Diámetro: En cada sección (troza) se registró el Diámetro mayor (DM) y Diámetro menor (Dm).

Variables dasométrica: Se consideró las siguientes:

- Diámetro a la altura del pecho (DAP)
- Altura comercial del árbol
- Diámetro de las secciones (Diámetro Mayor y Diámetro menor).

Fase II: Sistematización de la información

Con la información obtenida en campo, se generó una tabla de estimación del volumen en pie de los árboles registrados, para ello se aplicó la fórmula convencional con el Factor de forma 0,7; según lo establecido por el Ministerio del Ambiente, en el Acuerdo Ministerial Nro. 125, publicada en el Registro

Oficial No. 272 del 23 de febrero del 2015 (MAE, 2015). Fórmula similar a la utilizada por Valencia et ál. (2022c) y Valencia et ál. (2023) en la realización de inventarios forestales en Concesiones Mineras en la ciudad Otavalo. También se realizó el cálculo del volumen del cilindro para cada individuo registrado, además se determinó el volumen para cada sección del fuste (troza) e individuo con la fórmula de Smalian. El volumen Smalian es el volumen real del árbol (Jaramillo, 2001).

- **Volumen en Pie:**

$$V_p = \frac{\pi}{4} \times (DAP)^2 \times HC \times Ff$$

Fuente: (MAE, 2015)

Dónde:

V_p = Volumen del árbol en pie

DAP= Diámetro a la altura del pecho

HC = Altura comercial

π = 3.1416

Ff = Factor de forma (0.70)

- **Volumen del cilindro:**

$$V_c = \frac{\pi}{4} \times (DAP)^2 \times HC$$

Fuente: (Jaramillo, 2001)

Dónde:

V_c = Volumen del cilindro

DAP= Diámetro a la altura del pecho

HC = Altura comercial

π = 3.1416

- **Volumen de sección según Samalian:**

$$V_S = \frac{\pi}{8} \times (DM)^2 + (Dm)^2 \times L$$

Fuente: (Jaramillo, 2001)

Dónde:

VS = Volumen Smalian

DM = Diámetro Mayor de la troza

Dm = Diámetro menor de la troza

L = Longitud de la troza (2,40m)

$\pi = 3,1416$

Factor de forma para copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.): Se determinó el Factor de forma para la estimación del volumen en pie de la especie forestal copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.) en cada categoría diamétrica registrada, dividiendo el volumen Smalian para el volumen del cilindro de cada individuo. se realizó en función de la siguiente relación:

$$Ff = \frac{VS}{Vc}$$

Fuente: (Jaramillo, 2001)

Dónde:

Ff = Factor de forma según Smalian

VS = Volumen del árbol según Smalian

Vc = Volumen del cilindro.

Regresión Lineal

Al respecto Aguirre y Vizcaino (2010) indican que por geometría analítica se conoce la ecuación de una recta (Aguirre & Vizcaino, 2010)

Modelo Matemático

$$Y = b_0 + b_1 * (X)$$

Fuente: (Aguirre & Vizcaino, 2010)

Dónde:

Y = Variable Y

X = Variable X

b₀ = Intercepto

b₁ = Pendiente

Modelo Estadístico

$$Y = b_0 + b_1 * (X) + E$$

Fuente: (Aguirre & Vizcaino, 2010)

Dónde:

Y = Variable Y

X = Variable X

bo = Intercepto

b1 = Pendiente

E = Error estándar de los coeficientes

$$b1 = \frac{\Sigma X.Y - (\Sigma X) * (\Sigma Y)/n}{\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n}} \quad Bo = Y - b1 * (X)$$

Análisis de Varianza del Factor de forma por clase diamétrica

Se calculó el ANOVA del Factor de forma estimado por clase diamétrica.

ANOVA						
Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (Gl)	Cuadrado Medio (CM)	F. Calculado	F (95%)	F (99%)
Tratamientos	SCT	Gl = (T-1) = (3-1) = 2	SCT/Gl	CMT/CME	α (0,05)	α (0,01)
Error	SCE.	Gl = (n-T) = (13-3) = 10	SCE/Gl			
Total	SC Total	Gl = (n-1) = (13-1) = 12				

Análisis de Varianza de la Regresión Lineal

Se realizó el Análisis de Varianza de la Regresión Lineal de: DAP Vs. Altura comercial; volumen Smalian Vs. volumen del cilindro y DAP Vs. volumen Smalian

ANOVA						
Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F. Calculado	F (95%)	F (99%)
Regresión	SCR	Gl= (2-1) = 1	SCR/Gl	CMR/CM Res	α (0,05)	α (0,01)
Residual	SC Res.	Gl = (13-2) = 11	SC Res/Gl			
Total	SCT	Gl= (13-1) = 12				

Fase III: Análisis e interpretación de resultados

Análisis cuantitativo –Descriptivo: Con las tablas de volumen generadas y sistematizadas en función del objetivo, se realizó el análisis comparativo del volumen en pie, volumen del cilindro y volumen Smalian por clase diamétrica; de esta manera se determinó el Factor de forma del copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.), a través de la relación que existe entre el volumen Smalian y volumen del cilindro de cada individuo.

Análisis estadístico: A través del Software estadístico InfoStat y hojas de Excel, se utilizó indicadores de dispersión como: media, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, error estándar, Límites superiores y Límites inferiores, y se observó la dispersión aleatoria de las variables determinadas en este estudio. También se aplicó un ANOVA para el Factor de forma obtenido en las clases diamétricas, además se interpretó la Regresión Lineal y ANOVA para el DAP Vs Altura comercial, volumen Samalian Vs. volumen del cilindro y DAP Vs. volumen Smalian

RESULTADOS

Selección de los árboles en campo

En el presente estudio se seleccionó individuos de la especie Copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.) del programa de corta de árboles relictos aprobado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) el 01 de marzo del 2021, cuyo código de programa es PCAR16138071465. La selección de individuos se realizó de forma aleatoria, es así, que se escogió 13 árboles con un DAP comprendido entre 47 cm y 83 cm.

Clasificación de los árboles por clases diamétricas

En la Tabla 01, se presenta los individuos registrados en tres clases diamétricas. a) DAP > 47 cm; < 60 cm, b) DAP ≥ 60 cm; < 70 cm y c) Individuos con DAP ≥ 70 cm; < 83 cm. Ver Tabla 01.

Tabla 01:

Clasificación de individuos por clase diamétrica

Clase diamétrica	Rango	Frecuencia (Nro. Arboles)
1	DAP > 47; < 60 cm	5
2	DAP ≥ 60; < 70 cm	4
3	DAP ≥ 70; < 83 cm	4
Total		13

Estimación del volumen de los árboles en pie.

En la Tabla 02, se muestra el volumen en pie de los árboles de copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.), cuyo DAP registrado se encuentra entre 47 y 83 cm y altura comercial entre 4,80 y 14,40 m. El volumen total de los árboles en pie fue 27,31 m³; para estimar el volumen en pie se aplicó la fórmula establecida en el Acuerdo Ministerial Nro. 125 del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, con un Factor de forma de 0,7 (MAE, 2015).

Tabla 02:

Estimación del volumen en pie (m³) de los árboles de copal

N°	N° Árbol- campo	Especie	DIMENSIONES				Volumen en Pie (m3)
			CAP cm	Trozás 2,40m	DAP (cm)	HC (m)	
1	18	COPAL	147	3	47	7,20	0,87
2	10	COPAL	151	3	48	7,20	0,91
3	5	COPAL	152	3	48	7,20	0,93
4	2	COPAL	153	4	49	9,60	1,25
5	3	COPAL	156	2	50	4,80	0,65
6	8	COPAL	187	3	60	7,20	1,40
7	27	COPAL	187	4	60	9,60	1,87
8	4	COPAL	194	4	62	9,60	2,01
9	6	COPAL	218	5	69	12,00	3,18
10	25	COPAL	222	3	71	7,20	1,98
11	1	COPAL	226	5	72	12,00	3,41
12	26	COPAL	254	6	81	14,40	5,18
13	28	COPAL	262	4	83	9,60	3,67
Volumen Total							27,31

Estimación del volumen Smalian de los árboles apeados.

En la Tabla 03, se observa el volumen Smalian de los individuos de la especie forestal copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.). El volumen total de los árboles con la fórmula de Smalian fue 27,84 m³; para ello, los árboles fueron apeados y seccionados en trozas de 2,40 m de longitud; luego se midió el diámetro mayor y diámetro menor de cada sección del fuste.

Tabla 03:

Estimación del Volumen Smalian

Clase Diamétrica (cm)	Nro. Árbol (campo)	Trozás	Longitud (m)	Diámetro Mayor (cm)	Diámetro menor (cm)	Volumen Troza Smalian (m ³)	Volumen Árbol - Smalian (m3)
DAP > 47; < 60 cm	18	1	2,40	47,00	44,50	0,39	1,04
		2	2,40	44,50	42,50	0,36	
		3	2,40	42,50	36,00	0,29	

		1	2,40	49,00	44,00	0,41	
	10	2	2,40	44,00	42,00	0,35	1,06
		3	2,40	42,00	38,50	0,31	
		1	2,40	49,50	44,00	0,41	
	5	2	2,40	44,00	41,00	0,34	1,07
		3	2,40	41,00	40,50	0,31	
		1	2,40	50,00	45,50	0,43	
	2	2	2,40	45,50	42,50	0,37	1,37
		3	2,40	42,50	40,00	0,32	
		4	2,40	40,00	33,50	0,26	
		1	2,40	51,00	44,50	0,43	
	3	2	2,40	44,50	41,50	0,35	0,78
		1	2,40	60,00	53,00	0,60	
	8	2	2,40	53,00	49,00	0,49	1,53
		3	2,40	49,00	47,00	0,43	
		1	2,40	60,50	53,00	0,61	
	27	2	2,40	53,00	43,50	0,44	1,71
		3	2,40	43,50	41,00	0,34	
		4	2,40	41,00	41,00	0,32	
		1	2,40	62,50	56,00	0,66	
DAP ≥ 60; < 70 cm		2	2,40	56,00	52,50	0,56	
	4	3	2,40	52,50	50,00	0,50	2,12
		4	2,40	50,00	42,50	0,41	
		1	2,40	69,50	62,00	0,82	
		2	2,40	62,00	58,50	0,68	
	6	3	2,40	58,50	52,50	0,58	3,05
		4	2,40	52,50	51,00	0,50	
		5	2,40	51,00	47,50	0,46	
		1	2,40	71,50	64,00	0,87	
	25	2	2,40	64,00	61,50	0,74	2,27
		3	2,40	61,50	56,50	0,66	
		1	2,40	73,00	64,50	0,89	
		2	2,40	64,50	61,50	0,75	
DAP ≥ 70; < 83 cm		3	2,40	61,50	62,00	0,72	3,62
	1	4	2,40	62,00	57,00	0,67	
		5	2,40	57,00	55,00	0,59	

	1	2,40	81,00	74,00	1,13	
	2	2,40	74,00	69,00	0,96	
26	3	2,40	69,00	66,50	0,87	5,00
	4	2,40	66,50	63,00	0,79	
	5	2,40	63,00	57,00	0,68	
	6	2,40	57,00	52,50	0,57	
	1	2,40	84,00	71,50	1,15	
28	2	2,40	71,50	70,00	0,94	3,21
	3	2,40	70,00	50,00	0,70	
	4	2,40	47,50	47,50	0,43	
Volumen Total - Smalian						27,84 m³

Determinación del Factor de forma de copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.)

En la Tabla 04, se observa el Factor de forma calculado en tres clases diamétricas: a) $DAP > 47\text{cm}; < 60\text{ cm}$, el Factor de forma obtenido fue 0,78; b) $DAP \geq 60\text{ cm}; DAP < 70\text{ cm}$, el Factor de forma fue 0,69; y c) $DAP \geq 70\text{ cm y } DAP < 83\text{ cm}$, el Factor de forma fue 0,70. El Factor de forma promedio obtenido fue **0,73**; este Factor de forma se debe emplear para la estimación del volumen en pie de los árboles de copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.); este Factor de forma obtenido en la presente investigación es levemente superior al Factor de forma de 0,7; sugerido por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica en el cálculo de volumen en pie para todas las especies forestales (MAE, 2015); y también es levemente superior al Factor de forma obtenido por Sánchez (2012) en su investigación realizada en la provincia Orellana con cinco especies forestales, que obtuvo Factor de forma de 0,7 para Ceibo (*Ceiba samauma*), Canelo (*Nectandra* spp.) y Laurel (*Cordia alliodora*); y muy inferior si comparamos con el Factor de forma obtenido para Sangre de gallina (*Otoba* spp.) con 0,9 y Chuncho (*Cedrelinga cateniformes*) con 0,8. Así mismo es muy inferior si comparamos con el estudio realizado en la ciudad de Ibarra por Carvajal et al (2023), que obtuvieron un Factor de forma de 0,92 y 0,94 para la especie Nogal (*Juglans neotropica* Diels), con la fórmula de Smalian y Newton respectivamente. También muy inferior al comparar con el Factor de forma de 0,86 obtenido por Palacios et al (2017) para estimar el volumen de nogal (*Juglans neotropica* Diels),

Tabla 04:Determinación del Factor de forma para copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.)

Clase Diamétrica (cm)	Nro. Árbol (campo)	DAP (cm)	Volumen Árbol - Smalian (m3)	Volumen Cilindro (m3)	Factor Volumétrico de Forma (Individuo)	Factor Volumétrico de Forma (Clase Diamétrica)
DAP > 47; < 60 cm	18	47	1,04	1,25	0,84	0,78
	10	48	1,06	1,36	0,78	
	5	48	1,07	1,39	0,77	
	2	49	1,37	1,88	0,73	
	3	50	0,78	0,98	0,80	
DAP ≥ 60; < 70 cm	8	60	1,53	2,04	0,75	0,69
	27	60	1,71	2,76	0,62	
	4	62	2,12	2,95	0,72	
DAP ≥ 70; < 83 cm	6	69	3,05	4,55	0,67	0,70
	25	71	2,27	2,89	0,78	
	1	72	3,62	5,02	0,72	
	26	81	5	7,42	0,67	
	28	83	3,21	5,32	0,60	
Factor de Forma Promedio						0,73

Comparación del volumen en pie, volumen Smalian y volumen del cilindro

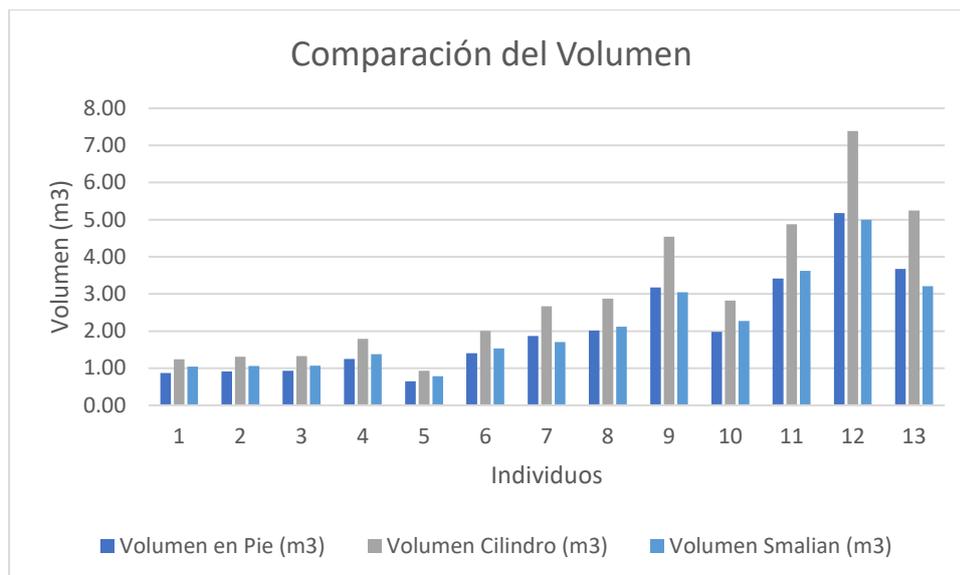
En la Tabla 05, se muestra la estimación del volumen en pie, mediante aplicación de la fórmula convencional con el Factor de forma de 0,7 de los individuos evaluados aleatoriamente del programa de corta de árboles relictos presentan un volumen en pie total de 27,31 m³; mientras que el total del volumen Smalian es 27,84 m³; y el total del volumen del cilindro es 39,01 m³.

Tabla 5:

Volumen en pie, volumen Smalian y volumen del cilindro

Nº Árbol	Especie	Diámetro Basal (cm)	DAP (cm)	Altura Comercial (m)	Volumen en Pie (m3)	Volumen Cilindro (m3)	Volumen Smalian (m3)
18	COPAL	47	47	7,20	0,87	1,25	1,04
10	COPAL	49	48	7,20	0,91	1,36	1,06
5	COPAL	50	48	7,20	0,93	1,39	1,07
2	COPAL	50	49	9,60	1,25	1,88	1,37
3	COPAL	51	50	4,80	0,65	0,98	0,78
8	COPAL	60	60	7,20	1,40	2,04	1,53
27	COPAL	61	60	9,60	1,87	2,76	1,71
4	COPAL	63	62	9,60	2,01	2,95	2,12
6	COPAL	70	69	12,00	3,18	4,55	3,05
25	COPAL	72	71	7,20	1,98	2,89	2,27
1	COPAL	73	72	12,00	3,41	5,02	3,62
26	COPAL	81	81	14,40	5,18	7,42	5,00
28	COPAL	84	83	9,60	3,67	5,32	3,21
TOTAL					27,31	39,81	27,84

Ilustración 2: Comparación del volumen



Estimadores estadísticos

En la tabla 06, se indica el cálculo de los estimadores estadísticos para las variables obtenidas de datos sin agrupar. En el DAP, el valor obtenido de la media fue 61,43 cm, Desviación Estándar 12,88; Coeficiente de variación 20,96%; Límite inferior 53,65 cm; Límite superior 69,22 cm y un Error Estándar de 3,72. El valor promedio del DAP se encuentra dentro del límite inferior y límite superior, así, que todos los árboles seleccionados aleatoriamente cumplen con un DAP adecuado para la determinación del Factor de forma.

Tabla 06:

Estimadores estadísticos de datos sin agrupar

Nro. Árbol	Diámetro Basal (cm)	DAP (cm)	Altura comercial (m)	Área Basal (m ²)	Volumen en Pie (m ³)	Volumen Cilindro (m ³)	Volumen Smalian (m ³)	Nro. Trozas	Factor de forma (Ff)
1	73	72	12,00	0,41	3,41	5,02	3,62	5	0,72
2	50	49	9,60	0,19	1,25	1,88	1,37	4	0,73
3	51	50	4,80	0,19	0,65	0,98	0,78	2	0,80
4	63	62	9,60	0,30	2,01	2,95	2,12	4	0,72
5	50	48	7,20	0,18	0,93	1,39	1,07	3	0,77
6	70	69	12,00	0,38	3,18	4,55	3,05	5	0,67
8	60	60	7,20	0,28	1,40	2,04	1,53	3	0,75

10	49	48	7,20	0,1 8	0,91	1,36	1,06	3	0,78
18	47	47	7,20	0,1 7	0,87	1,25	1,04	3	0,84
25	72	71	7,20	0,3 9	1,98	2,89	2,27	3	0,78
26	81	81	14,40	0,5 1	5,18	7,42	5,00	6	0,67
27	61	60	9,60	0,2 8	1,87	2,76	1,71	4	0,62
28	84	83	9,60	0,5 5	3,67	5,32	3,21	4	0,60
Suma (Σxi)	808,50	798,64	117,60	4,0 1	27,31	39,81	27,84	49	9,46
Suma al cuadrado (Σxi^2)	52216,25	51053,18	1146,24	1,4 4	79,86	167,95	78,49	199,00	6,94
Media (xi)	62,19	61,43	9,05	0,3 1	2,10	3,06	2,14	3,77	0,73
Varianza (S^2)	161,15	165,83	6,87	0,0 17	1,87	3,84	1,57	1,19	0,00 5
Desv. Estándar (S)	12,69	12,88	2,62	0,1 3	1,37	1,96	1,25	1,09	0,07
Coefficiente de Variación (CV) %100	20,41	20,96	28,97	41,89	65,18	63,99	58,58	28,97	9,62
Límite inferior (95%)	54,52	53,65	7,46	0,2 3	1,27	1,88	1,38	3,11	0,69
Límite superior (95%)	69,86	69,22	10,63	0,3 9	2,93	4,25	2,90	4,43	0,77
Error Estándar	3,66	3,72	0,76	0,0 4	0,40	0,57	0,36	0,32	0,02

Estimadores estadísticos con datos agrupados por clases diamétricas

En la tabla 07, se presenta el cálculo de estimadores estadísticos para variables obtenidas con datos agrupados. Para el caso del DAP el valor de la media fue 61,43 cm, Desviación Estándar fue 12,24; Coeficiente de variación 19,93%; Límite inferior 54,03 cm; Límite superior 68,83 cm; y un Error Estándar de 3,53. En cuanto al análisis estadístico del Factor de forma obtenido, presenta un promedio de 0,73; este valor se encuentra dentro de los límites superior e inferior, esto indica que se cuenta con el 95 % de seguridad de que el Factor de forma obtenido sea el correcto.

Tabla 07:

Estimadores estadísticos con datos agrupados por clases diamétricas

Clase diamétrica:	Rango	Frecuencia (F)	Diámetro Basal Promedio / Cilindro (cm)	DAP Promedio (cm)	Altura Comercial Promedio (m)	Volumen en Pie (m ³)	Volumen Cilindro (m ³)	Volumen Smalian (m ³)	Factor de forma (Ff)
1	>47; <60	5	49,30	48,32	7,20	0,92	1,37	1,07	0,78
2	>60; <70	4	63,13	62,55	9,60	2,12	3,07	2,10	0,69
3	>70; <83	4	77,38	76,71	10,80	3,56	5,16	3,53	0,70
Suma (ΣF)		13							
$\bar{X} = \Sigma (x.F)$			62,19	61,43	9,05	2,10	3,06	2,14	0,73
Varianza (S^2)			146,38	149,89	2,55	1,29	2,66	1,12	0,002
Desv. Estándar (S)			12,10	12,24	1,60	1,13	1,63	1,06	0,05
Coef. de Variación (CV)%100			19,45	19,93	17,64	54,02	53,29	49,46	6,28
Límite inferior (95%)			54,88	54,03	8,08	1,41	2,08	1,50	0,70
Límite superior (95%)			69,50	68,83	10,01	2,79	4,05	2,78	0,76
Error Estándar			3,49	3,53	0,46	0,33	0,47	0,31	0,01

Análisis de varianza del Factor de forma por clase diamétrica.

En las Tablas 08 y 09, se puede observar el análisis de varianza del Factor forma obtenido en la presente investigación para la estimación del volumen de los árboles en pie del copal en tres clases diamétricas.

Se consiguió un F. calculado de **(3,72)**; valor inferior al F. tabular al 95% (4,10) y al 99% (7,56); valor **No Significativo (NS)**, por lo que se considera que el Factor de forma conseguido es igual y aplicable para la estimación del volumen en las tres clases diamétricas, de esta forma aceptamos la Hipótesis Nula y rechazamos la Hipótesis Alterna.

Hipótesis Nula: El Factor de forma calculado es similar para la estimación de volumen en tres clases diamétricas.

Hipótesis Alterna: El Factor de forma calculado es diferente para la estimación de volumen en tres clases diamétricas.

Tabla 08:

Clases Diamétricas y Observaciones (Factor de forma)

CLASES DIAMÉTRICAS	OBSERVACIONES (Factor de forma)					Suma	Media
	1	2	3	4	5		
>47; <60	0,84	0,78	0,77	0,73	0,80	3,91	0,78
>60; <70	0,75	0,62	0,72	0,67		2,76	0,69

>70; <83	0,78	0,72	0,67	0,60	2,78	0,70
Suma					9,46	
Factor de corrección					6,88	

Tabla 09.

ANOVA del Factor de forma por clase diamétrica

ANOVA						
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Calculado	F (95%)	F (99%)
Tratamientos	2	0,03	0,013	3,72 N.S.	4,10	7,56
Error	10	0,03	0,003			
Total	12	0,06				

Regresión Lineal entre DAP y Altura comercial

En la Tabla 10, se muestra la fórmula de Regresión Lineal obtenida entre DAP y Altura comercial para predicción de datos en DAP fue $\{Y = 0,56 + 0,14 * (X)\}$. El Coeficiente de correlación conseguido fue 0,68; esto indica que existe una correlación positiva moderada entre los datos, además el coeficiente de determinación obtenido fue del 46%, esto demuestra que los datos se encuentran diseminados alrededor de la recta y por ende existe un error en las predicciones.

Tabla 10.

Regresión Lineal entre DAP y Altura comercial

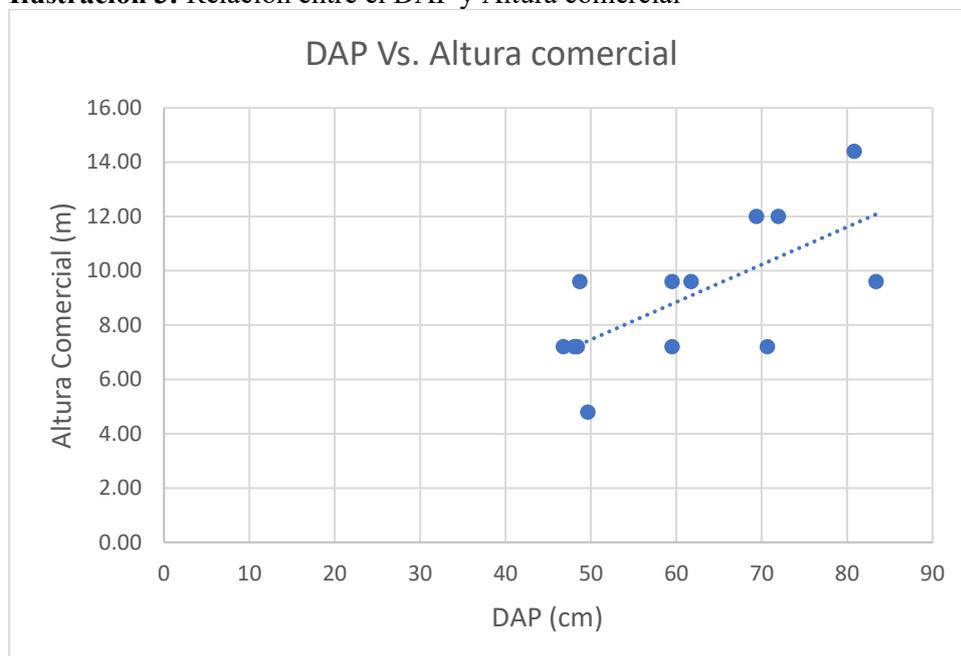
Nro. Árbol	X DAP (cm)	Y Altura comercial (m)	X.Y	X ²	Y ²
1	72	12,00	863,25	5175,06	144,00
2	49	9,60	467,53	2371,82	92,16
3	50	4,80	238,35	2465,74	23,04
4	62	9,60	592,82	3813,31	92,16
5	48	7,20	348,36	2340,91	51,84
6	69	12,00	832,70	4815,17	144,00
8	60	7,20	428,57	3543,08	51,84
10	48	7,20	346,07	2310,21	51,84
18	47	7,20	336,90	2189,44	51,84
25	71	7,20	508,79	4993,49	51,84
26	81	14,40	1164,25	6536,81	207,36
27	60	9,60	571,43	3543,08	92,16
28	83	9,60	800,61	6955,06	92,16
Suma (Σxi)	798,64	117,60	7499,62	51053,18	1146,24
Media (xi)	61,43	9,05	576,89	3927,17	88,17
Intercepto (bo)	0,56				
Pendiente (b1)	0,14				

Fórmula: $Y = b_0 + b_1 * (X) \rightarrow Y = 0,56 + 0,14 * (X)$

Coefficiente de correlación: $r = 0,68$

Coefficiente de determinación: $r^2 = 46\%$

Ilustración 3: Relación entre el DAP y Altura comercial



Análisis de varianza de la Regresión Lineal entre DAP y Altura comercial.

En la Tabla 11, se observa el análisis de varianza de la Regresión Lineal entre el DAP y Altura comercial, se detecta que el F. Calculado de **(9,42)** y es superior al F. Tabular al 95% (4,84) e inferior al F. Tabular al 99% (9,65); consecuentemente el valor es **Significativo (*)**, el mismo que permite concluir que existe relación entre estas dos variables, por tal razón rechazamos la Hipótesis Nula (Ho) y aceptamos la Hipótesis alterna (Hi), puesto que si existe Regresión entre estas dos variables de DAP y Altura comercial.

Hipótesis Nula: No existe regresión entre el DAP y la Altura comercial.

Hipótesis Alterna: Existe regresión entre el DAP y la Altura comercial.

Tabla 11.

Análisis de varianza de la Regresión Lineal entre DAP y Altura comercial.

ANOVA						
Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	FC	F (95%)	F (99%)
Regresión	38,01	1	38,01	9,42 (*)	4,84	9,65
Residual	44,40	11	4,04			
Total	82,41	12				

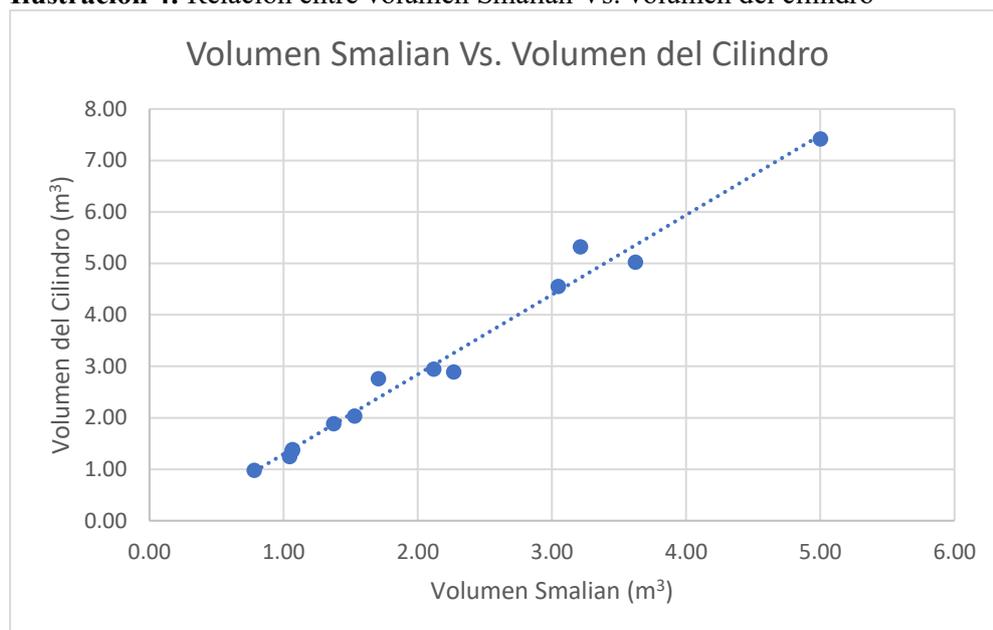
Regresión Lineal entre volumen Smalian y volumen del cilindro

En la Tabla 12, se observa la fórmula de Regresión Lineal resultante entre el volumen Smalian y volumen del cilindro para predicción de datos fue $\{Y = (-0,25) + 1,55 * (X)\}$. El Coeficiente de correlación conseguido fue 0,99; esto revela que existe una correlación positiva fuerte entre los datos, además el coeficiente de determinación obtenido fue 98,30 %, esto indica que los datos se encuentran dispersos muy cerca a la recta, con un error en las predicciones muy bajo.

Tabla 12.
Regresión Lineal entre volumen Smalian y volumen del cilindro

Nro. Árbol	X Volumen Smalian	Y Volumen cilindro	X.Y	X ²	Y ²
1	3,62	5,02	18,19	13,12	25,23
2	1,37	1,88	2,59	1,89	3,55
3	0,78	0,98	0,77	0,61	0,96
4	2,12	2,95	6,24	4,50	8,67
5	1,07	1,39	1,48	1,14	1,92
6	3,05	4,55	13,87	9,29	20,72
8	1,53	2,04	3,11	2,34	4,14
10	1,06	1,36	1,44	1,13	1,84
18	1,04	1,25	1,30	1,09	1,56
25	2,27	2,89	6,56	5,14	8,36
26	5,00	7,42	37,12	25,02	55,06
27	1,71	2,76	4,71	2,91	7,62
28	3,21	5,32	17,09	10,32	28,30
Suma (Σxi)	27,84	39,81	114,48	78,49	167,95
Media (xi)	2,14	3,06	8,81	6,04	12,92
Intercepto (bo)	-0,25				
Pendiente (b1)	1,55				
Fórmula: $Y = bo + b1 * (X)$	$\rightarrow Y = (-0,25) + 1,55 * (X)$				
Coeficiente de correlación: r = 0,99					
Coeficiente de determinación: $r^2 = 98,30\%$					

Ilustración 4: Relación entre volumen Smalian Vs. volumen del cilindro



Análisis de varianza de la Regresión del volumen Smalian y volumen del cilindro.

En la Tabla 13, se muestra el análisis de varianza de la Regresión Lineal entre el volumen Smalian y volumen del cilindro, se detecta que un F. Calculado de **(637,48)** y es muy superior al F. Tabular al 95% (4,84) y al 99% (9,65); consecuentemente el valor es **Altamente Significativo (**)**, el mismo que permite concluir que existe relación entre estas dos variables, por tal razón rechazamos la Hipótesis Nula (Ho) y aceptamos la Hipótesis Alternativa (Hi), puesto que si existe Regresión entre estas dos variables de volumen Smalian y volumen del cilindro.

Hipótesis Nula: No existe regresión entre el volumen Smalian y volumen del cilindro.

Hipótesis Alternativa: Existe regresión entre el volumen Smalian y volumen del cilindro.

Tabla 13.

Análisis de varianza de la Regresión Lineal entre volumen Smalian y volumen del cilindro

ANOVA						
Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	FC	F (95%)	F (99%)
Regresión	45,28	1	45,28	637,48 **	4,84	9,65
Residual	0,78	11	0,07			
Total	46,07	12				

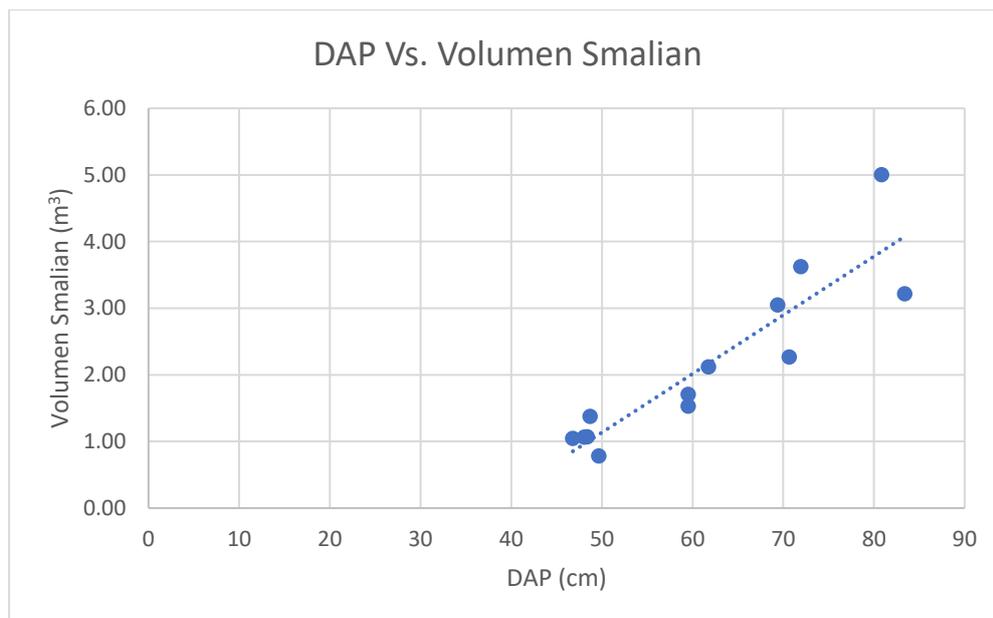
Regresión Lineal entre el DAP y el volumen Smalian

En la Tabla 14, se observa la fórmula de Regresión Lineal obtenida del DAP y volumen Smalian para predicción de datos fue $\{Y = (-3,27) + 0,09 * (X)\}$. El Coeficiente de correlación conseguido fue 0,90;

esto indica que existe una correlación positiva fuerte entre los datos, además el coeficiente de determinación obtenido fue 81,77 %, esto indica que los datos se encuentran dispersos muy cercanos a la recta, con un error en las predicciones muy bajo. La fórmula obtenida en el presente estudio para estimar el volumen Smalian (volumen real) del copal $\{Y = (-3,27) + 0,09 * (X)\}$, es diferente a la fórmula construida por Palacios et al. (2017), que generó una ecuación para estimar el volumen en pie de nogal (*Juglans neotropica* Diels), en base al modelo de regresión lineal simple, con una sola variable (DAP), cuya ecuación resultante fue: $\{V = -0,36 + 0,03 * (X)\}$ y un coeficiente de determinación de 82% ($r^2 = 0,82$), la diferencia posiblemente se debe a que el nogal pertenece a una plantación y el copal pertenece a relictos de bosque nativo.

Tabla 14.
Regresión Lineal entre el DAP y el volumen Smalian

Nro. Árbol	X DAP (cm)	Y Volumen Smalian (m ³)	X.Y	X ²	Y ²
1	72	3,62	260,52	5175,06	13,12
2	49	1,37	66,90	2371,82	1,89
3	50	0,78	38,77	2465,74	0,61
4	62	2,12	130,93	3813,31	4,50
5	48	1,07	51,64	2340,91	1,14
6	69	3,05	211,46	4815,17	9,29
8	60	1,53	91,04	3543,08	2,34
10	48	1,06	51,11	2310,21	1,13
18	47	1,04	48,85	2189,44	1,09
25	71	2,27	160,25	4993,49	5,14
26	81	5,00	404,41	6536,81	25,02
27	60	1,71	101,57	3543,08	2,91
28	83	3,21	267,97	6955,06	10,32
Suma (Σxi)	798,64	27,84	1885,43	51053,18	78,49
Media (xi)	61,43	2,14	145,03	3927,17	6,04
Intercepto (bo)	-3,27				
Pendiente (b1)	0,09				
Fórmula: $Y = bo + b1 * (X)$	$\rightarrow Y = (-3,27) + 0,09 * (X)$				
Coeficiente de correlación: r = 0,90					
Coeficiente de determinación: $r^2 = 81,77\%$					
Ilustración 5: Relación entre el DAP y el volumen Smalian					



Análisis de varianza de Regresión del DAP y volumen Smalian.

En la Tabla 15, se muestra el análisis de varianza de la Regresión Lineal entre el DAP y el volumen Smalian, y se obtuvo un F. Calculado de **(49,35)**, valor muy superior al F. Tabular al 95% (4,84) y al 99% (9,65); consecuentemente el valor es **Altamente Significativo (**)**, el mismo que permite concluir que existe relación entre estas dos variables, por tal razón rechazamos la Hipótesis Nula (Ho) y aceptamos la Hipótesis Alterna (Hi), puesto que si existe Regresión entre estas dos variables: DAP y volumen Smalian.

Hipótesis Nula: No existe regresión entre DAP y volumen Smalian.

Hipótesis Alterna: Existe regresión entre DAP y volumen Smalian.

Tabla 15.

Análisis de varianza de la Regresión Lineal entre DAP y volumen Smalian

ANOVA						
Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	FC	F (95%)	F (99%)
Regresión	15,44	1	15,44	49,35 **	4,84	9,65
Residual	3,44	11	0,31			
Total	18,88	12				

CONCLUSIONES

El Factor de forma promedio obtenido en la presente investigación para la estimación del volumen en pie de la especie forestal copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.) fue 0,73.

El Factor de forma determinado en la clase diamétrica (>70 cm; <83 cm) fue 0,70; Factor de forma idéntico al sugerido en la normativa forestal vigente por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

El volumen estimado de los árboles en pie con la fórmula convencional y Factor de forma 0,7 fue 27,31 m³; valor parecido al volumen calculado de los árboles apeados con la formula Smalian con 27, 84 m³.

Existe Regresión altamente significativa (**) entre el DAP y volumen Smalian de los individuos de la especie forestal copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.).

RECOMENDACIONES

Para la estimación del volumen en pie de la especie forestal copal (*Dacryodes olivifera* Cuatrec.), se sugiere utilizar el Factor de forma obtenido en la presente investigación.

Es necesario realizar nuevos estudios con otras especies forestales para determinar un Factor de forma que permita estimar correctamente el volumen en pie de diferentes especies.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, C., & Vizcaino, M. (2010). Aplicación de estimadores estadísticos y diseños experimentales en investigaciones forestales. Ibarra. Editorial universitaria
- Carvajal Benavides, M. J. G., Sono Toledo, D. D., López Narváez, A. L., Layana Bajaña, E. M., & Chagna Avila, E. J. (2023). Evaluación y análisis del factor de forma de Juglans Neotropica Diels en el predio de Yuyucocha, Cantón Ibarra . *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 10243-10262. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.6117
- Congo Espinosa, G. W. (2017). *Evolución del aprovechamiento forestal de origen legal en la provincia de Napo* [Tesis de maestría, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6106>

- Congo Espinosa, M. G. W., Valencia Valenzuela, M. X. G., Jaramillo Vallejos, M. J. R., Jaramillo Paredes, I. F. J. A., & Garrido Aguilar, I. F. L. F. (2022). Autorizaciones administrativas de productos forestales maderables en los ecosistemas de la provincia de Napo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 4204-4216.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3388
- Congo Espinosa, G. W., Valencia Valenzuela, X. G., Paredes Rodríguez, H. O., Carvajal Benavides, J. G., Yépez Duque, E. S., & Revelo Ruiz, S. V. (2023). Manejo forestal sostenible del Pambil en la amazonia ecuatoriana. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 5251-5277.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6548
- Jaramillo, C. A. (2001). *Dasometría*. Ibarra, Ecuador: Editorial universitaria.
- Jaramillo Vallejos, J. R. (2021). *Determinación del factor de forma en cedrelinga cateniformis D. Duke (Chuncho), y Ceiba Pentandra (L.) Gaerth (Ceibo), para el aprovechamiento forestal sustentable en la provincia de Sucumbíos* [Tesis de maestría, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11490>
- López Narváez, A. L. (2023). *Determinación del factor de forma de juglans neotropica diels en predio universitario Yuyucocha, Imbabura, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14237>
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Quito: Recuperado de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial No. 125. Norma para el Manejo Forestal Sostenible de los Bosques Húmedos. Publicada en el *Registro Oficial No. 272*, del 23 de febrero del 2015. Ecuador: Recuperado de <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC162523/>
- Ministerio del Ambiente. (2017). El copal y sus posibilidades de uso sostenible. Catálogo de iniciativas sobre bioemprendimientos. Zamora Chinchipe-Ecuador. Recuperado de https://www.bivica.org/files/5636_Copal_ProCamBio.pdf

- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2023). *Mapa interactivo*. Quito: Recuperado de <http://ide.ambiente.gob.ec:8080/mapainteractivo/>
- Palacios, B., Aguirre, Z., Pucha, D., Mozha, J., Armijos, C., Feijoo, C., Jumbo, J. & Rojas, A. (2017). Factor de forma y productividad de una plantación de *Juglans neotropica* Diels, establecida en los predios de la Universidad Nacional de Loja. *In Memorias I Congreso Internacional de Bosques y Agroforestería*; ESPOCH: Riobamba, Ecuador.
- <https://www.researchgate.net/publication/344072935>
- Sánchez Sarango, Y. A., (2012). “Elaboración de tablas de volúmenes y determinación de factores de forma de las especies forestales: chuncho (*Cedrelinga cateniformes*), laurel (*Cordia alliodora*), sangre de gallina (*Otoba sp.*), ceibo (*Ceiba samauma*) y canelo (*Nectandra sp.*), en la provincia de Orellana” [Tesis de ingeniería, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2213>
- Valencia Valenzuela, X. G. (2020). Análisis estructural y diversidad de la vegetación arbórea, en las comunidades brillasol y chontal alto de la parroquia García Moreno, cantón Cotacachi [Tesis de maestría, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9759>
- Valencia Valenzuela, X. G., Paredes Rodríguez, H. O., Rosero Mier, M. M., Pozo Andrade, V. M., & Yépez Duque, E. S. (2022). Variabilidad del aprovechamiento forestal en la provincia Imbabura, periodo 2015-2019. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 2863-2981. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2806
- Valencia Valenzuela, X. G., Paredes Rodríguez, H. O., Trejo Cuasquer, J. F., & Mullo Ramírez, K. E. (2022). Aprovechamiento forestal en la parroquia García Moreno de la provincia Imbabura, periodo 2015-2019. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(3), 4379-4395. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2566
- Valencia Valenzuela, M. X. G., Congo Espinosa, M. G. W., Jaramillo Vallejos, M. J. R., Ipiates Acosta, I. F. F. J., & Jaramillo Paredes, I. F. J. A. (2022). Estructura y diversidad arbórea del área de intervención de la concesión minera en la provincia Imbabura. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 2536-2554. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3262

Valencia Valenzuela, X. G., Rosero Chamorro, E. G., Yépez Duque, E. S., & Jaramillo Vallejos, J. R. (2023). Inventario de recursos forestales del área de intervención de la concesión minera no metálica en Otavalo, provincia Imbabura. *Tesla Revista Científica*, 3(1), e144. <https://doi.org/10.55204/trc.v3i1.e144>