



**UNAP**



**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE BOSQUES**  
**TROPICALES**

**TESIS**

**“ASOCIACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO Y ALTURA COMERCIAL EN EL  
CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS DE *Guatteria elata* R. E. Fr. EN  
DIFERENTES MUESTRAS EN BOSQUE NATURAL. PUERTO ALMENDRA,  
LORETO, PERÚ - 2022”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA EN ECOLOGÍA DE BOSQUES TROPICALES**

**PRESENTADO POR:**

**SHANTAL RAMESH HUAMAN ANDOA**

**ASESOR:**

**Ing. JORGE ELIAS ALVÁN RUIZ, Dr.**

**IQUITOS, PERÚ**

**2023**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 075-CTG-FCF-UNAP-2023**

En Iquitos, en la sala de conferencias de la Facultad de Ciencias Forestales, a los 20 días del mes de diciembre del 2023, a horas 10:00 am., se dio inicio a la sustentación pública de la tesis: "ASOCIACION ENTRE EL DIÁMETRO Y ALTURA COMERCIAL EN EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS DE *Guatteria elata* R. E. Fr. EN DIFERENTES MUESTRAS EN BOSQUE NATURAL. PUERTO ALMENDRA, LORETO, PERÚ - 2022", aprobado con R.D. N° 0607-2022-FCF-UNAP, presentado por la bachiller SHANTAL RAMESH HUAMAN ANDOA, para optar el Título Profesional de Ingeniera en Ecología de Bosques Tropicales, que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R.D. N° 0507-2023-FCF-UNAP, está integrado por:

Ing. William Pinedo Cruz, Dr. : Presidente  
Ing. Segundo Córdova Horna, Dr. : Miembro  
Ing. Jorge Solignac Ruiz, M.Sc. : Miembro

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: por la bachiller...

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis han sido: aprobadas con la calificación de regular.


Estando la bachiller apta para obtener el Título Profesional de Ingeniera en Ecología de Bosques Tropicales.

Siendo las 11:30 Se dio por terminado el acto académico.

  
Ing. SEGUNDO CÓRDOVA HORNA, Dr.  
Miembro

  
Ing. WILLIAM PINEDO CRUZ, Dr.  
Presidente

  
Ing. JORGE SOLIGNAC RUIZ, M.Sc.  
Miembro

  
Ing. JORGE ELÍAS ALVARÍN RUIZ, Dr.  
Asesor

ESCUELA DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE BOSQUES TROPICALES

TESIS

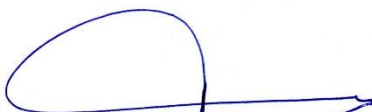
“ASOCIACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO Y ALTURA COMERCIAL EN EL  
CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS DE *Guatteria elata* R. E. Fr. EN DIFERENTES  
MUESTRAS EN BOSQUE NATURAL. PUERTO ALMENDRA, LORETO, PERÚ -  
2022”

(Aprobado el día 20 de diciembre de 2023 según Acta de Sustentación N°075)

MIEMBROS DEL JURADO Y ASESOR



Ing. WILLIAM PINEDO CRUZ, Dr.  
C.I.P. 19630  
PRESIDENTE



Ing. SEGUNDO CÓRDOVA HORNA, Dr.  
C.I.P. 65032  
MIEMBRO



Ing. JORGE SOLIGNAC RUIZ, M.Sc.  
C.I.P. 113740  
MIEMBRO



Ing. JORGE ELÍAS ALVÁN RUIZ, Dr.  
C.I.P. 28387  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

**GRACIAS A DIOS MIS PADRES Y A MI QUERIDO HIJITO**

**AGRADECIMIENTO**

**A LOS CATEDRATICOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**Y**

**A LA PACIENCIA DE MI QUERIDO HIJO**

## INDICE

	Pág.
Portada	i
Acta de sustentación	ii
Jurados y Asesor	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice	vi
Índice de cuadros	viii
Índice de figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPITULO I: MARCO TEÓRICO</b>	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Bases teóricas	4
1.3. Definición de términos básicos	5
<b>CAPITULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES</b>	7
2.1. Formulación de la hipótesis	7
2.2. Variables y su operacionalización	7
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA</b>	8
3.1. Diseño metodológico	8
3.2. Diseño muestral	8
3.3. Procedimiento de recolección de datos	8
3.4. Procesamiento y análisis de datos	10
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS</b>	12

<b>CAPITULO V: DISCUSIÓN</b>	24
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES</b>	26
<b>CAPITULO VII: RECOMENDACIONES</b>	27
<b>CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	28
<b>ANEXOS</b>	

Anexo 1. Mapa de ubicación del estudio

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos

Anexo 3. Compromiso de Asesoramiento de tesis

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>N°</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
1	Modelo alométrico para la relación diámetro – altura comercial de las plantas de <i>G. elata</i> R. E. Fr. “carahuasca” - Muestra 1.	12
2	Modelos alométrico para la relación diámetro – altura comercial de las plantas de <i>G. elata</i> R. E. Fr. “carahuasca” - Muestra 2.	15
3	Modelos alométrico para la relación diámetro – altura comercial de las plantas de <i>G. elata</i> R. E. Fr. “carahuasca” - Muestra 3.	18
4	Modelos alométrico para la relación diámetro – altura comercial de las plantas de <i>G. elata</i> R. E. Fr. “carahuasca” - Muestra 4.	21
5	Formato de registro de datos.	35



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>N°</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
1	Tendencia de los Modelos alométricos probados en el estudio. Muestra 1.	13
2	Tendencia del modelo alométrico cúbico seleccionado en el estudio. Muestra 1.	14
3	Tendencia de los Modelos alométrico probados en el estudio. Muestra 2.	16
4	Tendencia del modelo alométrico cúbico seleccionado en el estudio. Muestra 2.	17
5	Tendencia de los Modelos alométrico probados en el estudio. Muestra 3.	19
6	Tendencia del modelo alométrico cúbico elegido en el estudio. Muestra 3.	20
7	Tendencia de los Modelos alométrico probados en el estudio. Muestra 4.	22
8	Tendencia del modelo alométrico cúbico elegido en el estudio. Muestra 4.	23
9	Mapa de ubicación del área de estudio.	34

## RESUMEN

La investigación fue realizada en Puerto Almendra, perteneciente a la región Loreto. Con el propósito de evaluar el grado de relación entre el diámetro y altura comercial de la especie *Guatteria elata* R. E. Fr. “carahuasca” en diferentes muestras en bosque natural. Se utilizaron árboles con DAP  $\geq 10$  cm y se registró 40 individuos en total, conformándose 4 muestras, la primera tuvo 6 clases diamétrica, la segunda fue de 8 clases diamétrica, la tercera tuvo 30 individuos elegidos al azar y la muestra representativa – muestra 4 fue de 16 individuos. De acuerdo a los resultados, se tiene que el modelo alométrico **cúbico** es el que mejor se ajusta a la asociación diámetro-altura comercial en las plantas de *G. elata* R. E. Fr. con **grado** de asociación entre **Bueno** y **Excelente**; siendo la ecuación de predicción elegida fue de la muestra 2:  $\hat{y} = 1,710 + (0,169 \times t) + (0,040 \times t^2) + (-0,001 \times t^3)$

**Palabras clave:** Asociación, diámetro, altura comercial, muestra.

## ABSTRACT

The research was carried out in Puerto Almendra, belonging to the Loreto region.

**OBJECTIVE:** determine the degree of relationship between the diameter and commercial height of *Guatteria elata* R. E. Fr. “carahuasca” plants in different samples in natural forest. **METHODOLOGY:** Trees with DBH  $\geq 10$  cm were used and 40 individuals were recorded in total, forming 4 samples, the first had 6 diameter classes, the second had 8 diameter classes, the third had 30 individuals chosen at random and the representative sample – sample 4 was 16 individuals. **RESULTS:** the cubic allometric model is the one that best fits the commercial diameter-height association in *G. elata* R. E. Fr. plants with a degree of association between Good and Excellent. **CONCLUSION:** the prediction equation chosen was from sample 2:  
$$\hat{y} = 1.710 + (0.169 \times t) + (0.040 \times t^2) + (-0.001 \times t^3)$$

**Keywords:** Association, diameter, commercial height, sample.

## INTRODUCCIÓN

Los **modelos alométricos** presentan **ventajas** en cuanto a una descripción verbal del problema, describiéndola de manera mucho más concisa, facilitan la comprensión de la estructura del problema sea comprensible y revelan conexiones importantes entre causa y efecto. [http://www.investigacion-operaciones.com/Metodologia\\_IO.htm](http://www.investigacion-operaciones.com/Metodologia_IO.htm).02/12/2020 Hora: 11:51'

La alometría es una herramienta útil para los planificadores e investigadores de sistemas de aprovechamiento intensivo de recursos naturales porque puede relacionar las propiedades de los materiales de estudio para **predecir** el comportamiento futuro (King, 1996, p. 31).

La **alometría** difiere para cada grupo funcional, revela la relación alométrica entre las propiedades de resistencia a la luz y la altura máxima de las especies. Estos resultados **permiten la creación de prototipos** para cada grupo ecológico, lo que facilita la predicción del desarrollo forestal y descubre patrones de crecimiento comunes (Delgado *et al.* 2005, p. 6).

En modelos de predicción, es conveniente el muestreo de árboles a lo largo del gradiente de tamaño permitiendo garantizar la relación diámetro-tamaño. La teoría de la superficie de respuesta (Box & Draper, 1987, p.128) se puede utilizar para optimizar la clasificación de los árboles según el diámetro a la altura del pecho.

Dado las limitaciones de la teoría del muestreo (tamaño de la muestra), el número de árboles generalmente se elige empíricamente de acuerdo con reglas generales. Como regla general, cuanto mayor sea la diversidad material, mayor será el tamaño de la muestra a fin de obtenerse máxima precisión. Se necesitan

menos árboles para plantaciones de la misma especie que para bosques tropicales naturales, para especies específicas que para grupos de especies, o para 10 hectáreas de tierra que para áreas naturales (Picard *et al.* 2012, p. 40).

En ese contexto, el objetivo de la investigación se centró en evaluar el grado de relación entre el diámetro y altura comercial en el desarrollo de las plántulas de *Guatteria elata* R. E. Fr. en diferentes muestras en bosque del Ciefor Puerto Almendra, Loreto.

## CAPÍTULO I. MARCO TÓRICO

### 1.1. Antecedentes.

“Utilizando los coeficientes de correlación ( $r$ ) y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), la ecuación exponencial fue ajustada a 03 tipos de bosques en el área de estudio; donde el bosque húmedo de terraza alta tuvo un  $R^2 = 0,89$ ; mientras que el bosque húmedo de colina baja tuvo un  $R^2 = 0,85$ ” (Villacorta, 2012, p. 10).

“Se ajustó un modelo alométrico potencial  $Y = b_0 \times (tb_1)$ , presentando un  $R^2 = 0,998$  lo que indica que las variables en estudio presentan una relación excelente. Además, el  $R^2 = 0,996$  muestra que ambas variables están presentes en el 99,60% de las variaciones” (Márquez, 2015, p. 40).

“Respecto a las especies “huira caspi”, “chimicua”, “cumala”, “copal” y “añuje rumo”, el **cúbico** fue el modelo alométrico mejor ajustado presentando un  $R^2 = 0,205$ . En consecuencia, ambas variables varían frecuentemente en un 20,5%. (Wong, 2017, p. 49).

“Dentro del estudio relacionado al diámetro-altura comercial de “lupuna”; “catahua”; “quinilla”; “moena” y “lagarto caspi” dentro del bosque de terraza baja se encontraron modelos alométricos **compuesto, crecimiento, exponencial y logístico**, con  $R^2 = 0,732$  es decir, el 73,2% de las variaciones de ambas variables son similares. Concluye que el grado de relación entre las variables estudiadas fue **excelente** (Pinedo, 2016, p. 50).

En el estudio de especies de Fabaceae, se descubrió que los modelos alométricos con mejor ajuste a la relación diámetro-altura comercial de *Hymenaea oblongifolia* Huber “azúcar huaillo” fueron **Compuesto, Crecimiento, Exponencial**

y **Logística** con coeficiente de correlación ( $\Pi = 0,479$ ) y coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,229$ ), es decir, la altura comercial es responsable del 22,9% de los cambios en el diámetro; para *Ormosia coccinea* Rudd. “huairuro” el modelo alométrico **cúbico** presentó un  $\Pi = 0,515$  y un  $R^2 = 0,265$ , esto significa que un 26,5% de las modificaciones de diámetro se atribuyen a la altura comercial; para *Cedrelinga cateniformis* Ducke. “tornillo” el modelo alométrico **cúbico** se ajustó mejor a esta relación observándose un  $\Pi = 0,489$  y un  $R^2 = 0,239$ , es decir, la altura comercial supone el 23,9% de los cambios de diámetro (Soplin, 2019, p. 16).

## 1.2. Bases teóricas

Cada árbol, desde el más pequeño hasta el más grande, tiene las mismas proporciones entre altura y diámetro, tamaño de copa y biomasa (Dietze *et al.*, 2008, p. 1943).

El coeficiente de determinación ( $\Pi^2$ ) y de determinación ajustado ( $\Pi^2$  ajustado), además del error cuadrático medio de predicción (ECMP) se utiliza para comprobar los modelos alométricos.  $\Pi^2$  se puede interpretar como la proporcionalidad de la variación total de Y que se explica por la variación de las variables independiente (Di Rienzo *et al.* 2001, p. 156).

“El tamaño de los árboles adultos y su ubicación dentro del dosel no se pueden utilizar para predecir la relación alométrica; esta variación puede deberse a cambios de tamaño causados por diversas respuestas a la disponibilidad de luz y factores demográficos (Alves y Santos, 2002, p. 252).

“Un bosque tropical consiste en la combinación de árboles pequeños, grandes que muestran amplia gama de diámetros (DAP), similar encontrada en países

templados de desigual edad, donde la variabilidad de diámetros es aún más pequeña Heinsdijk y Miranda (1963, p. 84); sostienen que el diámetro de los árboles varía más su altura (Hawley y Smith, 1980, p. 7).

Independientemente del tamaño del árbol, la regla se aplica a mediciones del mismo número de árboles en cada tamaño (Pardé & Bouchon, 1988, p.108). Para el muestreo, sería un error obtener un número de árboles por tamaño que sea proporcional al tamaño de esa clase en el rodal (es decir, seleccionar árboles al azar).

### 1.3. Definición de términos básicos

**Bosque.** - gran extensión de terreno cubierta de árboles y arbustos, en condiciones naturales o en plantaciones (Malleux, 1982, p. 216).

**Árbol.** - planta leñosa que presenta un tallo desnudo en su base y puede crecer hasta una altura mayor o igual a 5 m cuando alcanza la madurez (Lindorf *et al.* 1991, p.18).

**Alometría.** - expresión empírica de la distribución de biomasa entre los tejidos aéreos y subterráneos (Archibald & Bond, 2003, p. 9).

**Modelo alométrico.** - fórmula matemática que se puede estimar en mérito al diámetro a la altura del pecho (dap) y/o la altura total (Segura y Andrade, 2008, p. 89).

**Ecuación alométrica.** - permiten estimar la biomasa aérea de los árboles y las reservas de carbono a partir del tamaño de los árboles (Bohlman & O'Brien, 2006, p. 131). **Diámetro de la planta.** - el diámetro del tallo de la plántula se mide de



cuerdo al nivel del suelo y es marcada para posterior evaluación (García, 2019, p. 13).

**Relación diámetro - altura comercial.** - aplicación para estimar la altura comercial de un árbol en función del diámetro (Zeide y Vanderschaaf, 2002, p. 461).

**Regresión.** - aplicable al comparar dos variables de un material particular en estudio (Beiguelman, 1994, p.190).

**Correlación.** - determina el grado de asociación existente entre dos variables en estudio. (Beiguelman, 1994, p. 194).

**Variable independiente.** - propiedad del material a investigar utilizada para pronosticar cómo se comportará otra variable en el mismo material (Vanderlei, 1991, p. 351).

**Variable dependiente.** - propiedad del material de estudio cuyo valor se deriva de otras características de los materiales de estudio dentro del modelo predictivo (Vanderlei, 1991, p. 352).

**Muestra.** – una **muestra estadística** consiste en una porción de una población estadística extraída para representar un estudio en particular,

<https://www.google.com/search?q=muestra+estad%C3%ADstica&oq=muestra&aq s=chrome.3>. 28/09/2021 Hora: 21: 23'

**Crecimiento.** - aumento gradual e imperceptible del tamaño corporal de un organismo hasta alcanzar la madurez.

[https://www.google.com/search?q=crecimiento&oq=crecimiento&aqs=chrome.](https://www.google.com/search?q=crecimiento&oq=crecimiento&aqs=chrome.17/09/2021)  
17/09/2021 Hora: 22:16'

## CAPITULO II. HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 2.1. Formulación de la hipótesis

El grado de asociación diámetro-altura comercial en el desarrollo de las plantulas de *G. elata* R. E. Fr. es diferente según muestra en bosque natural. Puerto Almendra, Loreto.

### 2.2. Variables y su operacionalización

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza.	Indicador	Escala de medición	Medio de verificación
<b>V. Independiente (X)</b>					
Muestra.	Es una parte de la población de las plantulas de <i>G. elata</i> R. E. Fr. del Arboretum "El Huayo" – FCF-UNAP.	Cuantitativa	Definir el número de muestras para el estudio.	Razón	Fichas de registro .
<b>V. Dependiente (Y)</b>					
Asociación diámetro - altura comercial de las plantulas de <i>G. elata</i> R. E. Fr.	Afinidad entre el diámetro. - altura comercial. en el desarrollo de las plantulas de <i>G. elata</i> R. E. Fr.	Cuantitativa y correlacional.	Grado de asociación entre diámetro y altura comercial de las plantas de <i>G. elata</i> R. E. Fr.	Razón	Fichas de registro

## CAPITULO III. METODOLOGÍA

### 3.1. Diseño metodológico

Investigación cuantitativo y correlacional, porque se realizaron mediciones diámetro-altura comercial de las plantas de *G. elata* R. E. Fr.; permitiendo conocer la asociación entre diámetro y altura comercial por cada muestra, siendo un estudio de nivel básico.

### 3.2. Diseño muestral

La **población** fue constituida por todas las plantas de *G. elata* R. E. Fr. ubicadas en las primeras 8 parcelas del bosque natural del Arboretum "El Huayo". Las **muestras** fueron 04, la primera fue constituida por 06 clases diamétrica; para la segunda muestra se consideró 8 clases diamétrica; para la tercera muestra se utilizó el azar o sea sin clase diamétrica siendo elegidas 30 individuos para esta muestra y finalmente se aplicó la muestra representativa de acuerdo con el procedimiento estadístico el cual dio como resultado 16 elementos para la muestra, cabe indicar que los árboles que fueron utilizados tuvieron diámetro  $\geq 10$  centímetros.

### 3.3. Procedimientos de recolección de datos

Se realizó una evaluación dentro las primeras 8 parcelas del bosque natural, considerando a todas las plantas  $\geq 10$  centímetros de DAP de la especie *G. elata* R. E. Fr., la información recolectada sobre diámetro y altura comercial de las plantas de *G. elata* R. E. Fr. que se registraron durante la evaluación fueron clasificadas de la siguiente manera: Muestra 1: clases diametrica 10 cm < 15 cm; 15 cm < 20 cm; 20 cm < 25 cm; 25 cm < 30 cm; 30 cm < 35 cm y  $\geq 35$  cm; Muestra 2: clases

diamétrica 10 cm < 13 cm; 13 cm < 16 cm; 16 cm < 19 cm; 19 cm < 22 cm; 22 cm < 25 cm; 25 cm < 28 cm; 28 cm < 31 cm y  $\geq 31$  cm; Muestra 3: sin clase diamétrica o sea se utilizó el azar considerando 30 individuos y, la Muestra 4: fue una muestra representativa que fue determinada con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{(t)^2 \sigma^2}{E^2}$$

Donde:

t = valor de la tabla de "t"

$\sigma^2$  = Variancia

E = Error aceptable

$\alpha$  = 0,05

(Beiguelman, 1994, p. 140).

El resultado del procedimiento estadístico fue de 16 individuos para la muestra representativa los cuales fueron elegidas al azar de los 40 individuos registrados en la evaluación.

Las mediciones realizadas fueron registradas en un Formato (anexo 2).

#### **Descripción del formato de campo:**

Número de la parcela.- Se usaron la numeración del 1 al 8 por cada parcela donde se identificó la especie a estudiar con las características deseadas.

Número de árbol.- Se emplearon números naturales, comenzando desde el 1.

Nombre de la especie.- Se identificaron a las plantas de *G. elata* R. E. Fr. por su nombre vulgar en función a la data del Arboretum "El Huayo".

Medición del diámetro.- Cada planta fue medida a la altura del pecho (DAP) a 1,30 se clasificaron los árboles  $\geq 10$  cm de dap.

Medición de la altura comercial.- se realizó desde el nivel del suelo hasta la primera rama del fuste, con ayuda del clinómetro.

### 3.4. Procesamiento y análisis de datos

Luego utilizando los programas Excel y SPSS 24 se realizó los procedimientos estadísticos para obtener los resultados de la asociación diámetro & Altura comercial para los diferentes modelos alométrico a fin de identificar al que más se ajusta a la asociación entre las dos variables estudiadas.

Nº	MODELOS ALOMÉTRICO	ECUACIONES
1	LINEAL	$Y = b_0 + (b_1 \times t)$
2	LOGARÍTMICA	$Y = b_0 + (b_1 \times \text{Ln}(t))$
3	INVERSA	$Y = b_0 + (b_1 / t)$
4	CUADRÁTICA	$Y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2)$
5	CÚBICA	$Y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_1 \times t^2) + (b_1 \times t^3)$
6	COMPUESTA	$Y = b_0 \times (b_1^t)$
7	POTENCIAL	$Y = b_0 \times (t^{b_1})$
8	S-CURVA	$Y = e^{(b_0 (b_1 / t))}$
9	CRECIMIENTO	$Y = e^{(b_0 (b_1 \times t))}$
10	EXPONENCIAL	$Y = b_0 (e^{(b_1 \times t)})$
11	LOGÍSTICA	$Y = 1 / (1/u + b_0 (b_1^t))$

Fuente: Software SPSS 24.

Donde:

$b_0$  a  $b_3$  = Constante;  $\text{Ln}$  = Logaritmo natural;  $e$  = Logaritmo neperiano;  $Y$  = Valor esperado de la variable dependiente;  $t$  = Valor propuesto de la variable independiente.

La calificación del grado de asociación entre las variables en estudio fue a partir del análisis correlacional (Beiguelman, 1994, p. 20); además se aplicó el siguiente cuadro:

Valor de “ $\Pi$ ” (+ ó -)	Grado de Asociación
1,00	Perfecta
< 1,00 - $\geq 0,75$	Excelente
< 0,75 - $\geq 0,50$	Buena
< 0,50 - $> 0,00$	Regular
0,00	Nula

Donde: “ $\Pi$ ” = Coeficiente de correlación.

Fuente: Freese, (1970, p. 123).

El coeficiente de determinación ( $\Pi^2$ ) se utilizó en el cálculo de la proporción de la variable independiente (diámetro) sobre los cambios de la variable dependiente (altura comercial).

Asimismo, fue necesario el análisis de regresión a fin de encontrar la ecuación de predicción de la asociación de estudio utilizando el modelo alométrico de mejor ajuste a los datos obtenidos por muestra.

## CAPITULO IV. RESULTADOS

### Muestra 1.

La evaluación de los árboles de *G. elata* R. E. Fr. con diámetro a partir de 10 centímetros incluyendo a la altura comercial en un bosque natural de Puerto Almendra donde fue determinada mediante la correlación, la existencia de asociación entre estas dos variables en el crecimiento de las plantas de *G. elata* R. E. Fr. con coeficiente de correlación  $\Pi = 0,839$  que correspondió al modelo alométrico **cúbico**, por tanto este resultado señala que las variables en estudio obtuvieron un nivel de asociación **excelente**; asimismo, un coeficiente de determinación  $\Pi^2 = 0,704$  demuestra que existe 70% de afinidad entre las variables de estudio (ver cuadro 1).

**Cuadro 1:** Modelo alométrico para la relación diámetro – altura comercial de las plantas de *G. elata* R. E. Fr. “carahuasca” - Muestra 1.

Modelo Alométrico	$\Pi$	$\Pi^2$
Lineal	0,662	0,438
Logarítmica	0,716	0,512
Inversa	0,746	0,557
Cuadrático	0,713	0,508
Cúbico	0,839	0,704
Compuesto	0,683	0,466
Potencia	0,748	0,559
S - curva	0,788	0,621
Crecimiento	0,683	0,466
Exponencial	0,683	0,466
Logística	0,683	0,466

**Donde:**

Coeficiente de correlación ( $\Pi$ )

Coeficiente de determinación ( $\Pi^2$ )

Para definir la ecuación de predicción diámetro-altura comercial de las plantas de *G. elata* R. E. Fr. "carahuasca", se consideró la ecuación base del modelo alométrico **cúbico**:

$$\hat{y} = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2) + (b_3 \times t^3)$$

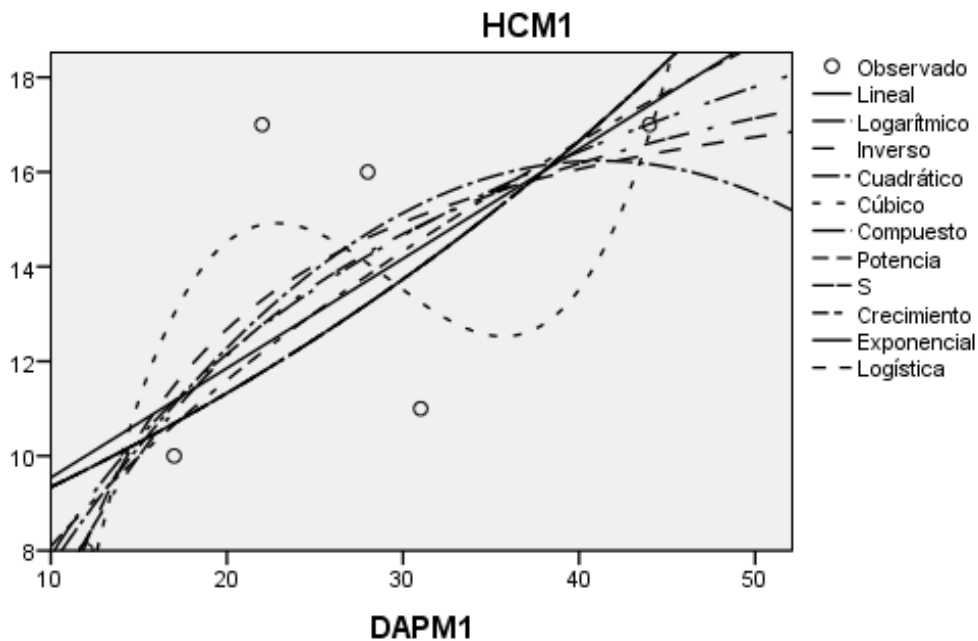
Datos de la muestra 1 para la ecuación de predicción:

Modelo alométrico	Constantes			
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
Cúbico	-34,459	5,499	-0,198	0,002

Reemplazando las constantes en la ecuación base se definió la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = -34,459 + (5,499 \times t) + (-0,198 \times t^2) + (0,002 \times t^3)$$

En la figura 1 se observa la tendencia de los modelos alométricos probados en la investigación.

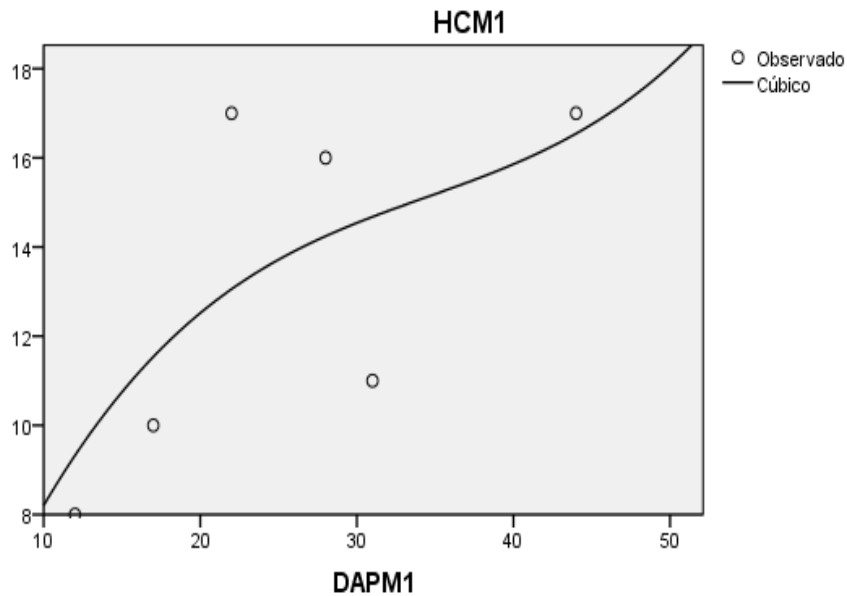


**Figura 1.** Tendencia de los Modelos alométricos probados en el estudio.

Muestra 1.



Para una mejor observación de la tendencia del modelo alométrico seleccionado en el estudio se muestra en la figura 2 al modelo alométrico **cúbico**.



**Figura 2.** Tendencia del modelo alométrico cúbico seleccionado en el estudio. Muestra 1.

### Muestra 2.

En la evaluación de los árboles de *G. elata* R. E. Fr. con diámetros mayor igual a 10 centímetros se consideró a la altura comercial en un bosque natural de Puerto Almendra donde la correlación se ha utilizado para establecer si existe relación entre las dos variables tomadas en cuenta en el estudio de crecimiento de las plantas de *G. elata* R. E. Fr. se obtuvo el mayor coeficiente de correlación  $\Pi = 0,867$  en el modelo alométrico **cúbico**, este resultado indicó que el grado de asociación fue **excelente** entre las variables evaluadas; así mismo, el coeficiente de

determinación con el valor  $\Lambda^2 = 0,751$  mostró que las variables diámetro y altura comercial son comunes en sus variaciones en 75% (ver cuadro 2).

**Cuadro 2:** Modelos alométrico para la relación diámetro – altura comercial de las plantas de *G. elata* R. E. Fr. “carahuasca” - Muestra 2.

Modelo Alométrico	$\Lambda$	$\Lambda^2$
Lineal	0,580	0,336
Logarítmica	0,680	0,463
Inversa	0,736	0,542
Cuadrático	0,857	0,735
Cúbico	0,867	0,751
Compuesto	0,647	0,419
Potencia	0,749	0,561
S - curva	0,806	0,649
Crecimiento	0,647	0,419
Exponencial	0,647	0,419
Logística	0,647	0,419

**Donde:**

Coeficiente de correlación ( $\Lambda$ )  
 Coeficiente de determinación ( $\Lambda^2$ )

Para determinar la ecuación de predicción de la relación diámetro – altura comercial se consideró la ecuación base del modelo alométrico **cúbico** que se presenta a continuación:

$$\hat{y} = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2) + (b_3 \times t^3)$$

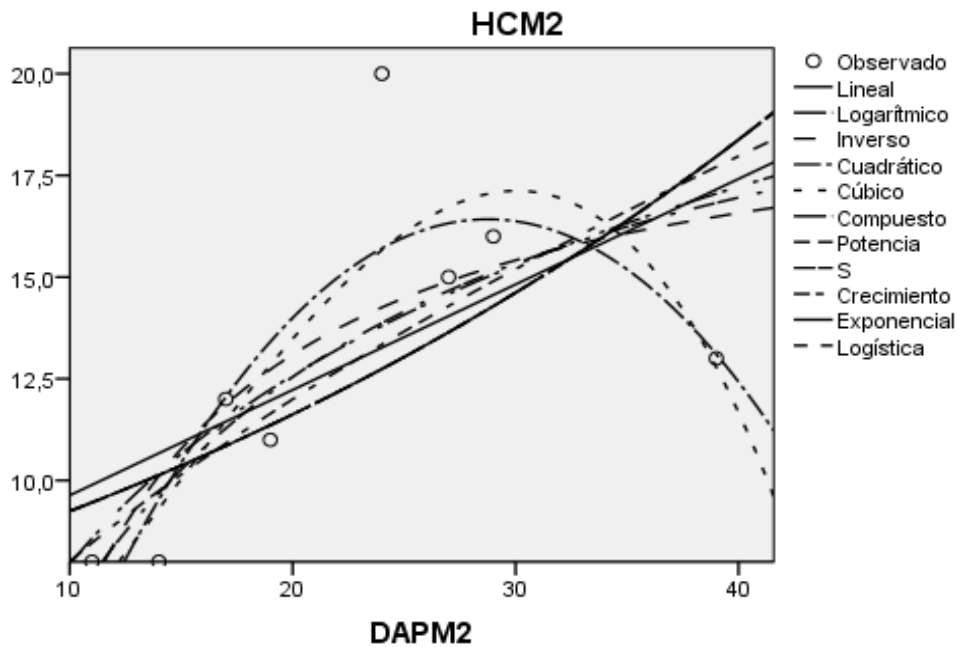
Datos de la muestra 2 para la ecuación de predicción:

Modelo alométrico	Constantes			
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$
Cúbico	1,710	0,169	0,040	-0,001

Reemplazando las constantes en la ecuación base se definió la siguiente ecuación:

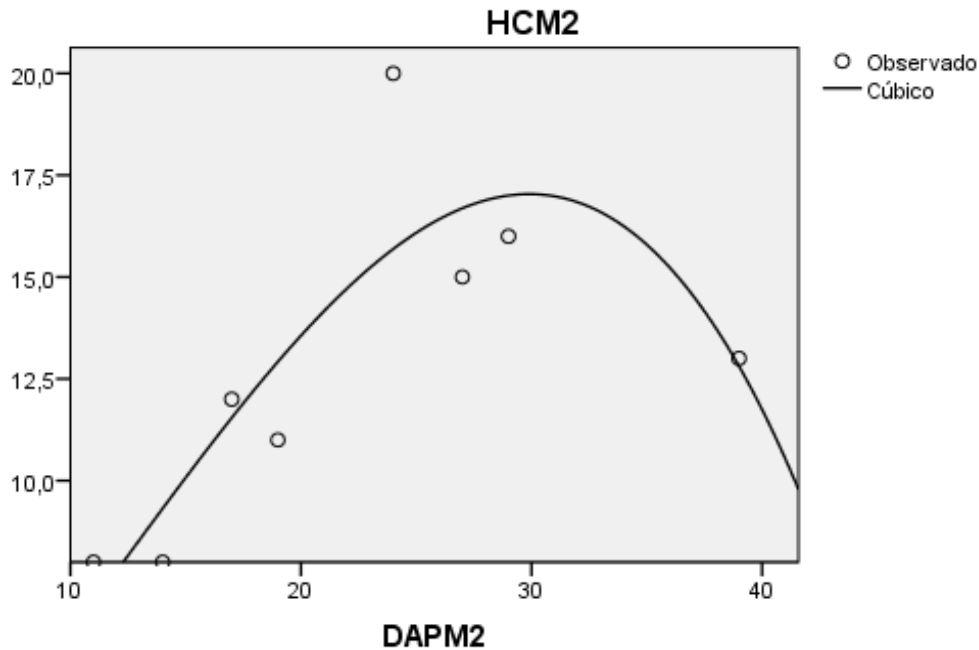
$$\hat{y} = 1,710 + (0,169 \times t) + (0,040 \times t^2) + (-0,001 \times t^3)$$

En la figura 3 se presenta la tendencia de los modelos alométrico probados en el estudio en la muestra 2.



**Figura 3.** Tendencia de los Modelos alométrico probados en el estudio.  
Muestra 2.

Para observar mejor la tendencia del modelo alométrico seleccionado en este estudio utilizando la muestra 2 se presenta la figura 4.



**Figura 4.** Tendencia del modelo alométrico cúbico seleccionado en el estudio. Muestra 2.

En la figura 4 se observa la tendencia de caída en la última clase diamétrica posiblemente esto se deba a que existe pocos datos en esta clase diamétrica y además ocurre que en estos árboles al tener mayor diámetro podrían tener menor altura comercial dependiendo de la situación ecológica que se encuentre.

### **Muestra 3.**

En el estudio de asociación de las variables diámetro y altura comercial de los árboles de *G. elata* R. E. Fr. en un bosque natural se utilizaron árboles con DAP  $\geq$  10 centímetros donde se determinó mediante la correlación la existencia de asociación de dos variables analizadas, observándose el mayor valor del coeficiente de correlación en el modelo alométrico **cúbico** con  $\Pi = 0,579$  por tanto

el grado de asociación entre las variables evaluadas fue **buena**; el coeficiente de determinación con el valor  $\Lambda^2 = 0,335$  indica que las variables diámetro y altura comercial son comunes en sus variaciones en 34% (ver cuadro 3).

**Cuadro 3:** Modelos alométrico para la relación diámetro – altura comercial de las plantas de *G. elata* R. E. Fr. “carahuasca” - Muestra 3.

Modelo Alométrico	$\Lambda$	$\Lambda^2$
Lineal	0,561	0,315
Logarítmica	0,566	0,320
Inversa	0,536	0,287
Cuadrático	0,569	0,324
Cúbico	0,579	0,335
Compuesto	0,508	0,258
Potencia	0,518	0,268
S - curva	0,493	0,243
Crecimiento	0,508	0,258
Exponencial	0,508	0,258
Logística	0,508	0,258

**Donde:**

Coeficiente de correlación ( $\Lambda$ )  
 Coeficiente de determinación ( $\Lambda^2$ )

Para la ecuación de predicción de la relación diámetro – altura comercial de las plantas de *G. elata* R. E. Fr. “carahuasca” en bosque natural se utilizó la ecuación base del modelo alométrico **cúbico** que se presenta a continuación:

$$\hat{y} = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2) + (b_3 \times t^3)$$

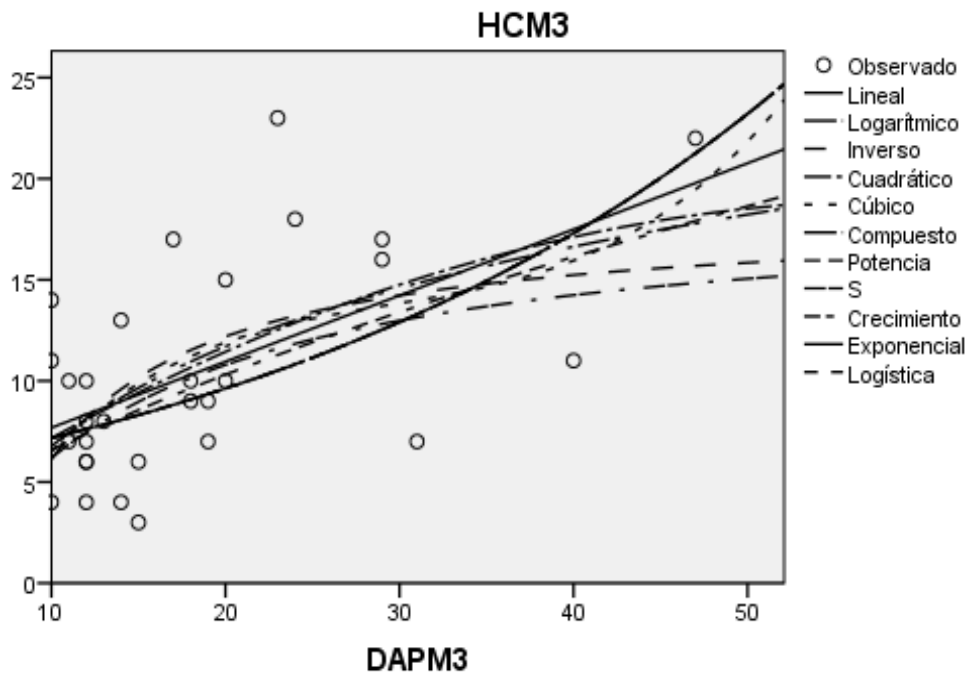
Datos de la muestra 3 para la ecuación de predicción:

Modelo alométrico	Constantes			
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$
Cúbico	-5,922	1,716	-0,053	0,001

Reemplazando las constantes en la ecuación base se definió la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = -5,922 + (1,716 \times t) + (-0,053 \times t^2) + (0,001 \times t^3)$$

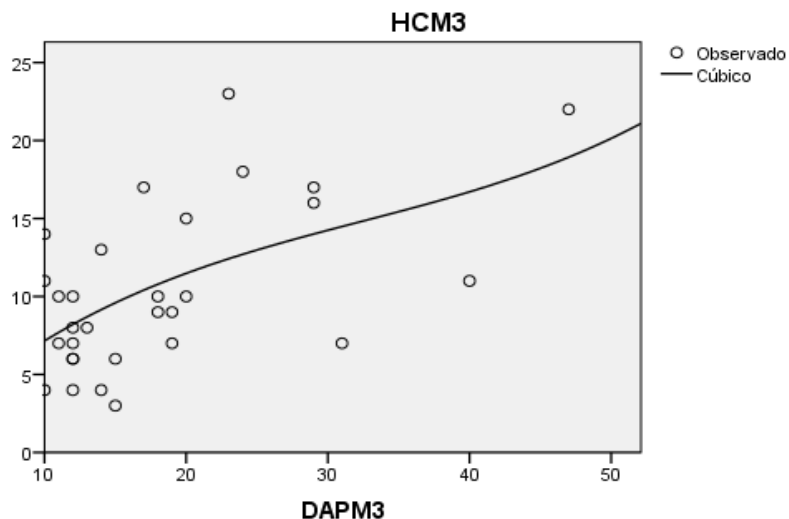
En la figura 5 se presenta la tendencia de los modelos alométrico probados en el estudio en la muestra 3.



**Figura 5.** Tendencia de los Modelos alométrico probados en el estudio.

Muestra 3.

La tendencia del modelo alométrico elegido en este estudio utilizando la muestra 3 se observa en la figura 6.



**Figura 6.** Tendencia del modelo alométrico cúbico elegido en el estudio. Muestra 3.

#### Muestra 4.

La asociación diámetro - altura comercial de los árboles de *G. elata* R. E. Fr. en un bosque natural en la muestra 4 fue evaluado utilizando árboles con DAP  $\geq 10$  centímetros donde se determinó mediante la correlación la existencia de asociación entre las dos variables consideradas en el estudio donde el mayor valor del coeficiente de correlación fue del modelo alométrico **cúbico** con  $\mathbf{r = 0,807}$  por tanto el grado de asociación entre las variables evaluadas fue **excelente**; el coeficiente de determinación con el valor  $\mathbf{r^2 = 0,651}$  indica que las variables diámetro y altura comercial son comunes en sus variaciones en 65% (ver cuadro 4).

**Cuadro 4:** Modelos alométrico para la relación diámetro – altura comercial de las plantas de *G. elata* R. E. Fr. “carahuasca” - Muestra 4.

<b>Modelo Alométrico</b>	<b>Л</b>	<b>Л<sup>2</sup></b>
Lineal	0,562	0,316
Logarítmica	0,579	0,335
Inversa	0,547	0,299
Cuadrático	0,628	0,394
Cúbico	0,807	0,651
Compuesto	0,561	0,315
Potencia	0,570	0,325
S - curva	0,533	0,284
Crecimiento	0,561	0,315
Exponencial	0,561	0,315
Logística	0,561	0,315

**Donde:**

Coeficiente de correlación (Л)  
 Coeficiente de determinación (Л<sup>2</sup>)

La ecuación de predicción de la relación diámetro – altura comercial de las plantas de *G. elata* R. E. Fr. “carahuasca” en bosque natural fue determinado por medio de la ecuación base del modelo alométrico **cúbico** que se presenta a continuación:

$$\hat{y} = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2) + (b_3 \times t^3)$$

Datos de la muestra 4 para la ecuación de predicción:

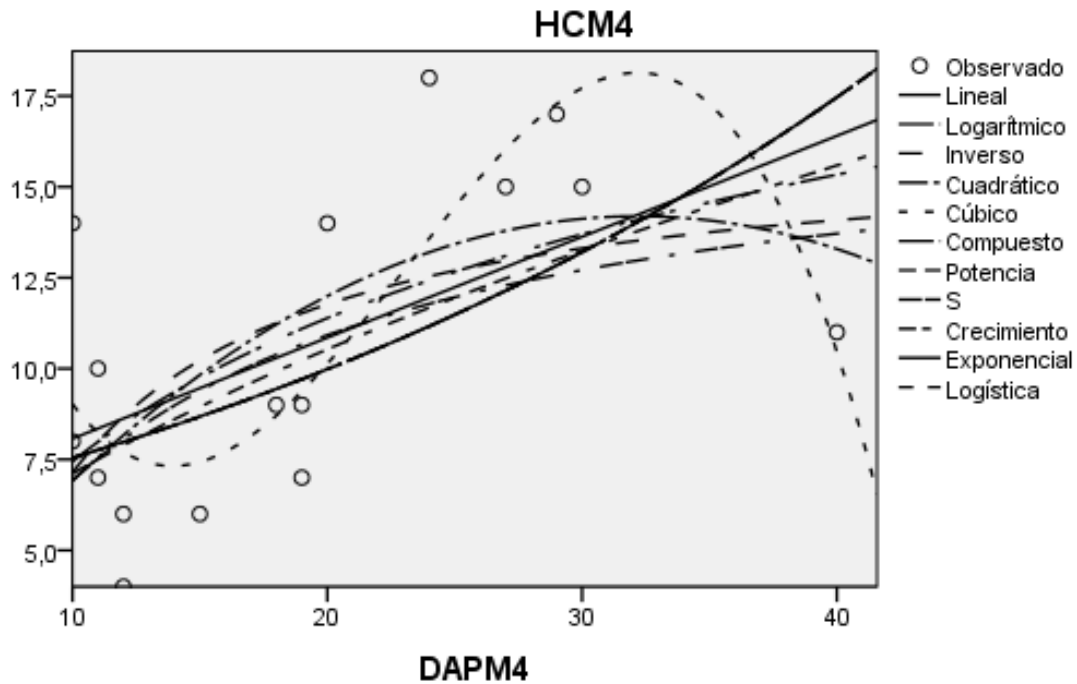
Modelo alométrico	Constantes			
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
Cúbico	35,744	-4,775	0,246	-0,004

Reemplazando las constantes en la ecuación base se definió la siguiente ecuación:

$\hat{y} = 35,744 + (-4,775 \times t) + (0,246 \times t^2) + (-0,004 \times t^3)$
---

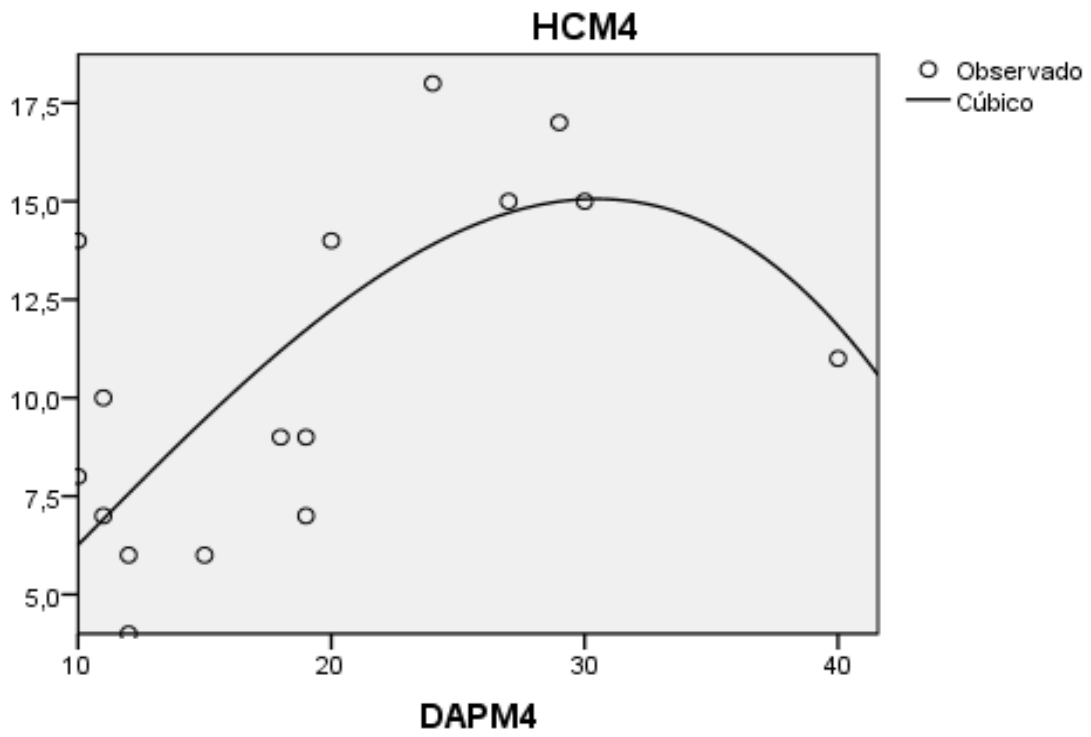


En la figura 7 se observa la tendencia de los modelos alométrico probados en el estudio en la muestra 4.



**Figura 7.** Tendencia de los Modelos alométrico probados en el estudio.  
Muestra 4.

Para observar mejor la tendencia del modelo alométrico seleccionado en este estudio en la muestra 4 se presenta la figura 8.



**Figura 8.** Tendencia del modelo alométrico cúbico elegido en el estudio. Muestra 4.

## CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

En la determinación de la relación diámetro - altura comercial en las plántulas en 4 muestras diferentes, se muestra que el modelo alométrico que más se ajustó a esta asociación en todas las muestras fue el **cúbico**, por lo que nos indica que este modelo cúbico es el representante de la especie en estudio; en un estudio realizado por Wong (2017, p. 49), sobre la relación diámetro – altura comercial en un bosque de terraza media para las especies “huira caspi”, “chimicua”, “cumala”, “copal” y “añuje rumbo” el modelo alométrico que más se ajustó fue el **cúbico**, similar situación ocurrió en otros estudios como de Soplín (2019, p. 44), para las plantas de *Ormosia coccinea* Rudd. “huairuro” y *Cedrelinga cateniformis* Ducke. “tornillo”; Chuquipiondo (2020, p. 34), con las especies *Guarea macrophylla* M. Vahl “requia blanca”, *Trichilia euneura* C. DC. “requia colorada” y *Trichilia micrantha* Benth “requia”. Con respecto al grado de relación o asociación en la especie en estudio se determinó entre **bueno** y **excelente** cuyos resultados coinciden también con los de otras especies forestales que fueron mencionadas líneas arriba.

También es importante mencionar que el tipo de muestra posiblemente tenga influencia en el grado de relación que es determinado por el mayor valor del coeficiente de correlación, por lo tanto pueden tener el mismo Modelo alométrico pero se podrá elegir la muestra de mayor afinidad entre las variables evaluadas (diámetro – altura comercial) a la que tenga mejor valor del coeficiente de correlación; en este estudio se obtuvo el mejor resultado en la muestra 2 que utilizó mayor número de clases diamétrica que fueron 8 en comparación de la muestra 1 que solamente tuvo 6 clases diamétrica y las demás fueron elegidas al azar en la muestra 3 se utilizaron 30 individuos y según los cálculos estadísticos la muestra

representativa fue de 16 individuos. La teoría establece “dado que no existe un tamaño de muestra estandarizado para la predicción, en la práctica, se hace necesario considerar en el muestreo de los árboles en todo el gradiente de tamaño (Box & Draper, 1987, p.427; Goupy, 1999, p.128; Myers & Montgomery, 2002, p.627).

## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

1. En la relación diámetro - altura comercial de las plántulas de *G. elata* R. E. Fr. "carahuasca", en 4 muestras, el modelo alométrico **cúbico**, es el que mas más se acomodo .
2. El grado de relación entre las 2 variables de *G. elata* R. E. Fr. "carahuasca" en las 4 muestras, se muestra entre **Bueno y Excelente**.
3. Las ecuaciones obtenidas en el estudio fueron las siguientes:

Muestra 1 :  $\hat{y} = - 34,459 + (5,499 \times t) + (-0,198 \times t^2) + (0,002 \times t^3)$

Muestra 2 :  $\hat{y} = 1,710 + (0,169 \times t) + (0,040 \times t^2) + (-0,001 \times t^3)$

Muestra 3 :  $\hat{y} = -5,922 + (1,716 \times t) + (-0,053 \times t^2) + (0,001 \times t^3)$

Muestra 4  
(Representativa) :  $\hat{y} = 35,744 + (-4,775 \times t) + (0,246 \times t^2) + (-0,004 \times t^3)$

4. Se acepta la hipótesis planteada en el estudio ya que existe diferencia en el grado de relación en base al diámetro y altura comercial de *G. elata* R. E. Fr. "carahuasca".

## CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES

1. Utilizar la ecuación del modelo **cúbico** de la muestra 2 (con 8 clases diamétrica) para las predicciones de la relación diámetro - altura comercial en de *G. elata* R. E. Fr. "carahuasca"
2. Realizar otros estudios con especies diferentes a la presente investigación para poder predecir la asociación diámetro-altura.

## CAPÍTULO VIII. FUENTES DE INFORMACIÓN

Álvarez, G. 2008. Modelos alométrico para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Escuela de Postgrado. Tesis Magíster Science en manejo y conservación de bosques naturales y biodiversidad. Turrialba, Costa Rica. 76 p.

Alves, L. F. y F. A. Santos. 2002. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, south-east Brazil. *J. Trop. Ecol.* 18: 245-260.

Archibald, S. & Bond, W.J. 2003. Growing tall vs growing wide: tree architecture and allometry of *Acacia karroo* in forest, savanna, and arid environments. *Oikos*, 102(1): 3–14.

Beiguelman, B. 1994. Curso práctico de bioestadística. 3era. Edición. Sociedade Brasileira de genética. Brasil. 231 p.

Bohlman, S. & O'Brien, S. 2006. Allometry, adult stature and regeneration requirement of 65 tree species on Barro Colorado Island, Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 22(2): 123–136.

Box, G.E.P. & Draper, N.R. 1987. Empirical model building and response surfaces. Wiley series in probability and mathematical statistics. New York, NY, Wiley. 669 p.

Consejo Nacional del Ambiente – Perú (CONAM). 2005. Indicadores Ambientales Loreto. Serie Indicadores Ambientales N° 7. 60 p.

- Chuquipiondo M. J. A. 2020. "Asociación de variables en árboles de dos familias botánicas y proporcionalidad de individuos por especie. Arboretum "El Huayo"- Puerto Almendra, Loreto, Perú". Tesis para título de Ingeniera en Ecología de Bosques Tropicales. UNAP – Iquitos. 51 p.
- Delgado, L. A. F. M. Acevedo, H. Castellanos, H. Ramírez y J.Serrano. 2005. Relaciones alométricas y patrones de crecimiento para especies de árboles de la reserva forestal Imataca, Venezuela. 8 p.
- Di Rienzo, J. A. M. G. Balzarini.; F. Casanoves.; L. A. Tablada.; E. M. Diaz. y C. W. Robledo. 2001. Estadística para las ciencias agropecuarias. 4ta. Edición. Cordova Argentina. 322 p.
- Fontes, L. M. 1999. Padrões alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais. Allometric patterns for tropical pioneer tree species. Scientia Forestalis 55: 79-87.
- Freese, F. 1970. Métodos Estadísticos Elementales para Técnicos Forestales. Ministerio de Agricultura de EEUU.420 p.
- García, W. 2019. "Asociación entre diámetro y amplitud de copa de las plántulas de *Calycophyllum spruceanum* "capirona" en PPM 1 – Faja E. CIEFOR Puerto Almendra, Loreto, Perú- 2019". Practica PreProfesional II – FCF – UNAP. 30 p
- Gayon J. 2000. History of the concept of allometry. Am. Zool. 40: 748-758.
- Goupy, J. 1999. Plans d'expériences pour surfaces de réponse. Paris, Dunod. 409 p.
- Hawley, C. y M. Smith. 1980. La dinámica de los bosques neotropicales. San José de Costa Rica. Centro Científico Tropical.



- Heinsdijk, D. y A. Miranda. 1963. Inventarios forestais na Amazonia. Irmaos Di Giargio Cí. Río de Janeiro. 100 p.
- King DA. 1996. Allometry and life history of tropical trees. *J. Tropical Ecol.* 12.
- Lindorf, H., L. de Parisca y P. Rodríguez. 1991. Botánica, clasificación, estructura y reproducción. Universidad Central de Venezuela. Caracas.s/p.
- Malleux, J. 1982. Inventario forestal en bosques tropicales. Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina. 414 p.
- Márquez, K.P. 2015. Relación altura comercial – diámetro y abundancia – clase diamétrica en los árboles de un bosque de terraza baja. Distrito Putumayo, Loreto, Perú – 2014. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal – FCF – UNAP. 63 p.
- Myers, R.H. & Montgomery, D.C. 2002. Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments. Wiley series in probability and statistics. New York, NY, Wiley. 824 p.
- Pardé, J. & Bouchon, J. 1988. Dendrométrie. Nancy, France, ENGREF, 2nd edn. 328 pp. Picard N., Saint-André L., Henry M. 2012. Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles: del trabajo de campo a la predicción. Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Rome, Montpellier, 223 p.
- Picard, N.; Saint-André, L.; Henry, M. 2012. Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles: del trabajo de campo a la predicción. Roma, Montpellier: FAO - CIRAD. 223p. [ [Links](#) ]

- Pinedo, P. 2016 “Relación altura comercial & diámetro de especies de mayor importancia ecológica, bosque de terraza media. Distrito de San Juan Bautista, Loreto, Perú”. Tesis para optar el título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales –FCF. Iquitos. 62 p.
- Segura, M. y H. Andrade. 2008. Como construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes. Agroforestería en las Américas N° 46. p. 89-96.
- Soplín, A. 2019. “Asociación de tres variables en las plantas de dos familias botánicas: Fabaceae y Lauraceae. Puerto Almendra, Loreto Perú”. Tesis de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales. F.C. F. – UNAP, Iquitos. 61 p.
- Valderrama, H. 2002. Plan de desarrollo del jardín botánico – Arboretum el “El Huayo”. En el CIEFOR Puerto Almendra. Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonia Peruana (BIODAMAZ), Perú – Finlandia. Instituto de investigaciones de la amazonia peruana. (IIAP). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP). Iquitos, Perú. 152p.
- Vanderlei, P. 1991 Estadística Experimental Aplicada à Agronomía. Maceió: EDUFAL. Brasil. 440 p.
- Villacorta, F. M. 2012. Relación de la abundancia y estructura diamétrica en tres tipos de bosque y especies más importantes en la cuenca media del río Arabela. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales-UNAP. 90 p.
- Wong J. V. 2017. “Relación altura comercial y diámetro de especies de mayor importancia ecológica, bosque de terraza media. Distrito de San Juan

Bautista, Loreto, Perú". Tesis de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales. UNAP – Iquitos. 69 p.

Zeide B. y C. Vanderschaaf. 2002. The effect of density on the height-diameter relationship. En Outcalt KW (Ed.) Proceedings of the eleventh biennial southern silvicultural research conference. Gen. Tech. Rep. SRS-48. USDA. Asheville, NC, EEUU. pp. 463-466.

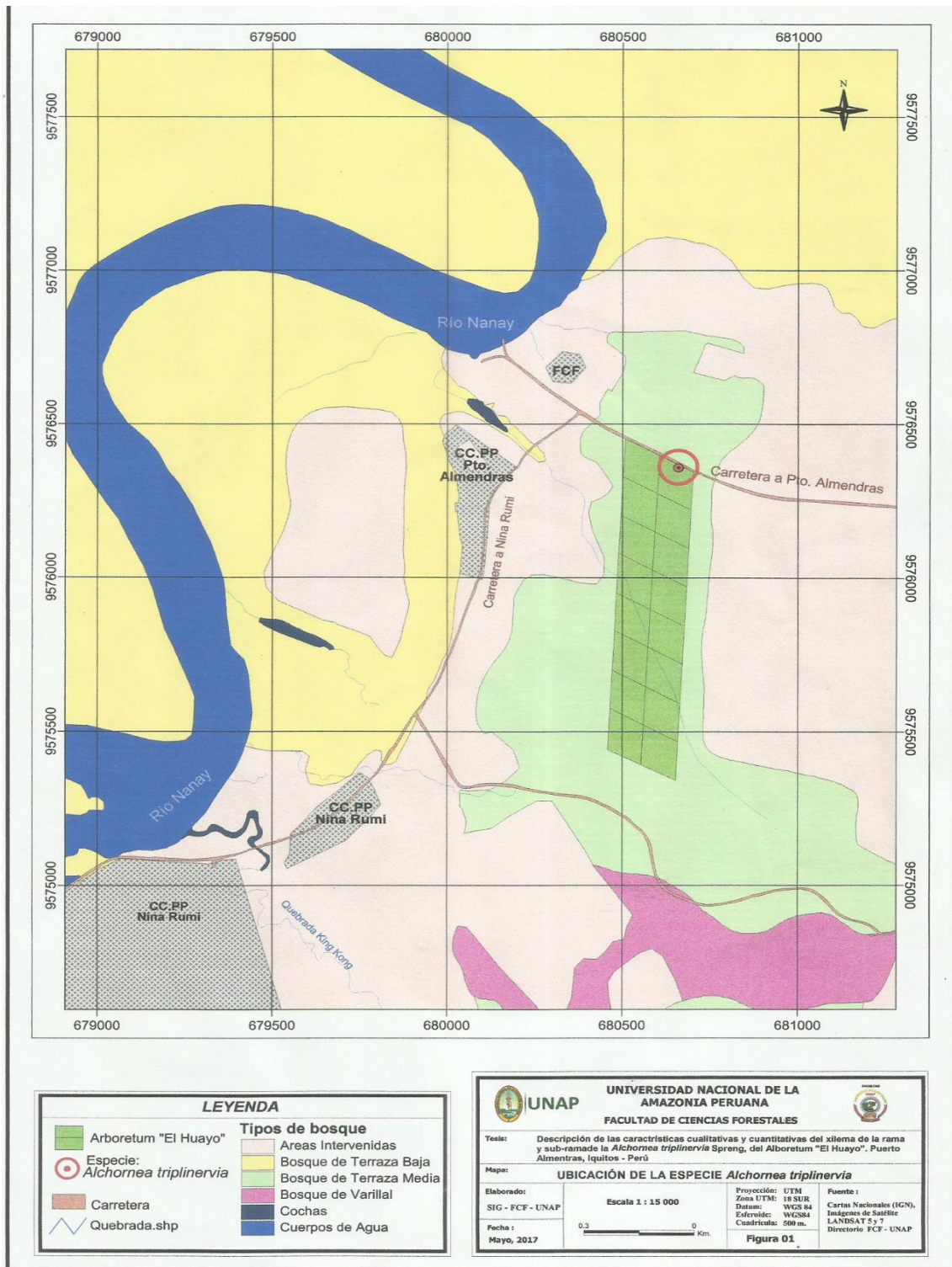
<https://www.google.com/search?q=muestra+estad%C3%ADstica&oq=muestra&qs=chrome.3>. 28/09/2021 Hora: 21: 23'

<https://www.google.com/search?q=asociaci%C3%B3n&oq=asociaci%C3%B3n&qs=chrome>. 29/09/2121 Hora: 19:47'

<https://www.google.com/search?q=crecimiento&oq=crecimiento&qs=chrome>. 17/09/2021 Hora: 22:16'

# **A N E X O S**

**ANEXO 1. Mapa de ubicación del estudio.**



**Figura 9: Mapa de ubicación del área de estudio.**

**Anexo 2.** Instrumento de recolección de datos.

**Cuadro 5.** Formato de registro de datos

Número de Parcela	Número de árbol	Especie	DAP (cm)	H <sub>c</sub> (m)	Observaciones
1	1				
2	2				
.					
N					

Donde:

D.A.P.= Diámetro a la altura del pecho

H<sub>c</sub> = Altura comercial

**ANEXO 3.** Compromiso de Asesoramiento de Tesis.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

**COMPROMISO Y CONFORMIDAD DEL PLAN DE TESIS**

Mediante el presente documento, Yo Ing. JORGE ELIAS ALVÁN RUIZ, Dr. Identificado con D.N.I 06444170, DOCENTE Principal a Dedicación Exclusiva, adscrito al Departamento de Manejo Forestal y Medio Ambiente, doy mi consentimiento y me comprometo ser ASESOR, desde el inicio del Plan de Tesis hasta la culminación de la tesis: “Asociación entre diámetro y altura comercial en el crecimiento de las plantas de *Guatteria elata* R. E. Fr. en diferentes muestras en bosque natural. Puerto Almendra, Loreto, Perú - 2021” de la Bach. SHANTAL RAMESH HUAMAN ANDOA egresada de la escuela de Ingeniería en Ecología de Bosques Tropicales de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNAP.

De igual manera, manifiesto haber elaborado conjuntamente con el tesista el precitado Plan de Tesis, antes mencionado y **DOY MI CONFORMIDAD** para que puedas ser presentado y continuar con la ejecución del Trabajo de Tesis.

En Fe de lo manifestado, firmo el presente documento.

Iquitos, 05 de julio de.2021.

A circular handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jorge Elías Alván Ruiz'.

---

**ING. JORGE ELIAS ALVÁN RUIZ, Dr.**  
**Docente Principal – UNAP – Asesor**