



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

TESIS

**“MUESTRA ADECUADA PARA LA PREDICCIÓN DE LA ASOCIACIÓN
DIÁMETRO-ALTURA TOTAL DE *Guatteria elata* R.E.Fr. “CARAHUASCA” EN
BOSQUE NATURAL - ARBORETUM “EL HUAYO”. PUERTO ALMENDRA,
LORETO, PERÚ - 2021”**

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

PRESENTADO POR:

TONY ALBERTO RUIZ PEZO

ASESOR:

Ing. JORGE ELIAS ALVÁN RUIZ, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNAP

Facultad de
Ciencias Forestales

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 070-CTG-FCF-UNAP-2022

En Iquitos, en la sala de conferencias de la Facultad de Ciencias Forestales, a los 26 días del mes de octubre del 2022, a horas 08:00 a.m., se dio inicio a la sustentación pública de la tesis: "MUESTRA ADECUADA PARA LA PREDICCIÓN DE LA ASOCIACIÓN DIÁMETRO-ALTURA TOTAL DE *Guatteria elata* R.E.Fr. "CARAHUASCA" EN BOSQUE NATURAL - ARBORETUM "EL HUAYO". PUERTO ALMENDRA, LORETO, PERÚ - 2021", aprobado con R.D. N° 0469-2021-FCF-UNAP, presentado por el bachiller TONY ALBERTO RUIZ PEZO, para obtener el Título Profesional de Ingeniero 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° 0403-2022-FCF-UNAP, está integrado por:

| | |
|----------------------------------|--------------|
| Ing. Ronald Burga Alvarado, Dr. | : Presidente |
| Ing. Segundo Cordova Horna, Dr. | : Miembro |
| Ing. Rildo Rojas Tuanama, Dr. | : Miembro |
| Ing. Jorge Elías Alvan Ruiz, Dr. | : Asesor |

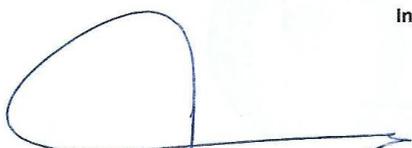
Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: SATISFACTORIAMENTE

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

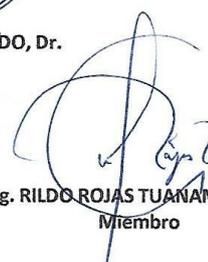
La sustentación pública y la tesis han sido: APROBADAS con la calificación de BUENO

Estando el bachiller apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales.

Siendo las 9:20 Se dio por terminado el acto ACADEMICO


Ing. SEGUNDO CÓRDOVA HORNA, Dr.
Miembro


Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.
Presidente


Ing. RILDO ROJAS TUANAMA, Dr.
Miembro


Ing. JORGE ELÍAS ALVAN RUIZ, Dr.
Asesor

Conservar los bosques benefician a la humanidad ¡No lo destruyas!
Ciudad Universitaria "Puerto Almendra", San Juan, Iquitos-Perú
www.unapiquitos.edu.pe
Teléfono: 065-225303

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE BOSQUES TROPICALES

TESIS

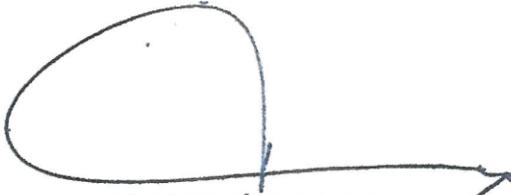
"MUESTRA ADECUADA PARA LA PREDICCIÓN DE LA ASOCIACIÓN DIÁMETRO-
ALTURA TOTAL DE *Guatteria elata* R.E.Fr."CARAHUASCA" EN BOSQUE NATURAL -
ARBORETUM "EL HUAYO". PUERTO ALMENDRA, LORETO, PERÚ - 2021"

Aprobado el día 26 de octubre del 2022 según acta de sustentación N° 070

MIEMBROS DEL JURADO



Ing. RONALD BURGA ALVARADO, DR.
PRESIDENTE
Reg. CIP N° 45725



Ing. SEGUNDO CÓRDOVA HORNA, Dr.
MIEMBRO
Reg. CIP N° 65032



Ing. RILDO ROJAS TZ'ANAMA
MIEMBRO
Reg. CIP N° 86706



Ing. JORGE ELÍAS ALVAN RUIZ, Dr.
ASESOR
Reg. CIP N° 46360

DEDICATORIA

Dedico éste trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta éste momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional, pues sin ella no lo habría logrado, su bendición diaria a lo largo de mi vida me protege y me lleva siempre por el camino del bien.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, que han creído en mí siempre, dándome un ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo.

A mi mujer cuya ayuda ha sido fundamental, éste proyecto no fué fácil pero siempre estuvo conmigo motivándome y apoyándome a cumplir éste objetivo.

ÍNDICE

| | Pág. |
|--|-----------|
| Portada | i |
| Acta de sustentación | ii |
| Lista de Jurados y Asesor | iii |
| Dedicatoria | iv |
| Agradecimiento | v |
| Índice | vi |
| Índice de cuadros | viii |
| Índice de figuras | ix |
| Resumen | x |
| Abstract | xi |
| Introducción | 1 |
| CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO | 3 |
| 1.1. Antecedentes | 3 |
| 1.2. Bases teóricas | 5 |
| 1.3. Definición de términos básicos | 7 |
| CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES | 9 |
| 2.1. Formulación de la hipótesis | 9 |
| 2.2. Variables y su operacionalización | 9 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA | 10 |
| 3.1. Diseño metodológico | 10 |
| 3.2. Diseño muestral | 11 |
| 3.3. Procedimiento de recolección de datos | 11 |
| 3.4. Procesamiento y análisis de datos | 13 |

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS | 16 |
| CAPÍTULO V: DISCUSIÓN | 22 |
| CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES | 24 |
| CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES | 25 |
| CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN | 26 |

ANEXO

Anexo 1. Mapa de ubicación del estudio

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos

Anexo 3. Compromiso de Asesoramiento de tesis

Anexo 4. Constancia de muestra botánica

Anexo 5. Base de datos

Índice de cuadros

| N° | Título | Pág. |
|-----------|---|-------------|
| 1 | Modelos alométrico probados en la asociación diámetro – altura total, de las plantas de <i>Guatteria elata</i> R.E.Fr. “carahuasca” – Muestra 1. | 16 |
| 2 | Modelos alométrico utilizados en la asociación diámetro – altura total, de las plantas de <i>Guatteria elata</i> R.E.Fr. “carahuasca” – Muestra 2. | 18 |
| 3 | Modelos alométrico para la relación diámetro – altura total de las plantas de <i>Guatteria elata</i> R.E.Fr. “carahuasca” - Muestra representativa. | 20 |
| 4 | Formato de registro de datos. | 34 |
| 5 | Muestra 1 | 37 |
| 6 | Muestra 2 | 38 |
| 7 | Muestra piloto | 39 |

Índice de figuras

| N° | Título | Pág. |
|-----------|---|-------------|
| 1 | Medición del diámetro del árbol de <i>Guatteria elata</i> R.E.Fr. “carahuasca”. | 12 |
| 2 | Medición de la altura total del árbol de <i>Guatteria elata</i> R.E.Fr. “carahuasca”. | 13 |
| 3 | Asociación diámetro – altura total en las plantas de <i>Guatteria elata</i> R.E.Fr. “carahuasca”. Muestra 1. | 17 |
| 4 | Relación diámetro – altura total en las plantas de <i>Guatteria elata</i> R.E.Fr. “carahuasca” - Muestra 2. | 19 |
| 5 | Asociación diámetro – altura total en las plantas de <i>Guatteria elata</i> R.E.Fr. “carahuasca” - Muestra representativa. | 21 |
| 6 | Mapa de ubicación del área de estudio. | 33 |

**“MUESTRA ADECUADA PARA LA PREDICCIÓN DE LA ASOCIACIÓN
DIÁMETRO-ALTURA TOTAL DE *Guatteria elata* R.E.Fr. “CARAHUASCA” EN
BOSQUE NATURAL - ARBORETUM “EL HUAYO”. PUERTO ALMENDRA,
LORETO, PERÚ - 2021”**

RESUMEN

El estudio se desarrolló en el CIEFOR Puerto Almendra – FCF - UNAP, distrito de San Juan Bautista, provincia Maynas, región Loreto. El objetivo fué determinar la muestra adecuada para la predicción de la asociación diámetro-altura total de *Guatteria elata* R.E.Fr. “carahuasca” en bosque natural – Arboretum “El Huayo”. Puerto Almendra, Loreto, Perú - 2021. Las variables evaluadas fueron el diámetro y la altura total de los árboles de la especie en estudio con $dap \geq 10$ cm; las muestras fueron, Muestra 1 (M_1) = 30 datos elegidos al azar; Muestra 2 (M_2) con 25 individuos distribuidos en clases diamétricas: $10\text{ cm} < 15\text{ cm}$; $15\text{ cm} < 20\text{ cm}$; $20\text{ cm} < 25\text{ cm}$; $25\text{ cm} < 30\text{ cm}$ y $\geq 30\text{ cm}$ y la Muestra 3 (M_3) = Muestra representativa (43 datos elegidas al azar). Los resultados de la asociación diámetro – altura total muestran que el modelo alométrico **cúbico** fué el que tuvo mejor ajuste y el grado de relación entre las variables fue **buena**; las ecuaciones para la predicción de la relación diámetro – altura total son: Muestra 1: $Y = -9,564 + (2,839 \times t) + (-0,096 \times t^2) + (0,001 \times t^3)$; Muestra 2: $Y = -23,256 + (4,725 \times t) + (-0,170 \times t^2) + (0,002 \times t^3)$ y la Muestra Representativa : $Y = -0,754 + (1,728 \times t) + (-0,057 \times t^2) + (0,001 \times t^3)$

Palabras claves: Especie, asociación, modelo alométrico, muestra, ecuación.

“SUITABLE SAMPLE FOR THE PREDICTION OF THE TOTAL DIAMETER-
HEIGHT ASSOCIATION OF *Guatteria elata* R.E.Fr. “CARAHUASCA” IN
NATURAL FOREST - “EL HUAYO” ARBORETUM. PUERTO ALMENDRA,
LORETO, PERU - 2021”

ABSTRACT

The study was developed at CIEFOR Puerto Almendra - FCF - UNAP, San Juan Bautista district, Maynas province, Loreto region. The objective was to determine the appropriate sample for the prediction of the total diameter-height association of *Guatteria elata* R.E.Fr. “carahuasca” in natural forest – “El Huayo” Arboretum. Puerto Almendra, Loreto, Peru - 2021. The variables evaluated were the diameter and total height of the trees of the species under study with $DAP \geq 10$ cm; the samples were, Sample 1 (M1) = 30 random data; Sample 2 (M2) with 25 individuals distributed in diameter classes: $10 \text{ cm} < 15 \text{ cm}$; $15 \text{ cm} < 20 \text{ cm}$; $20 \text{ cm} < 25 \text{ cm}$; $25 \text{ cm} < 30 \text{ cm}$ and $\geq 30 \text{ cm}$ and Sample 3 (M3) = Representative sample (43 randomly chosen data). The results of the diameter - total height association show that the cubic allometric model was the one with the best fit and the degree of relationship between the variables was good; The equations for the prediction of the diameter-total height relationship are: Sample 1: $Y = -9,564 + (2,839 \times t) + (-0,096 \times t^2) + (0,001 \times t^3)$; Sample 2: $Y = -23,256 + (4,725 \times t) + (-0,170 \times t^2) + (0,002 \times t^3)$ and the Representative Sample: $Y = -0,754 + (1,728 \times t) + (-0,057 \times t^2) + (0,001 \times t^3)$.

Keywords: Species, association, allometric model, sample, equation.

INTRODUCCIÓN

Cualquiera que sea el tamaño del árbol, la regla es medir la misma cantidad de árboles en cada clase de tamaño para la muestra, tomar un número de árboles por clase de tamaño proporcional a la magnitud de esa clase en el rodal sería un error (Pardé & Bouchon, 1988, p.108). “Por tanto, en la práctica, conviene muestrear los árboles en todo el gradiente de modo que garantice la forma de la relación entre su volumen y su tamaño; la teoría de las superficies de respuesta permite optimizar la clasificación de los árboles en función de su diámetro a la altura del pecho” (Box & Draper, 1987, p.427; Goupy, 1999, p. 128; Myers & Montgomery, 2002, p. 219).

“El análisis de las relaciones entre diferentes dimensiones de la planta puede ser útil en los estudios de crecimiento; en especial, el principio de crecimiento alométrico determina el crecimiento de una parte del organismo en relación con el organismo entero o alguna parte del mismo” (Gayon, 2000, p. 51).

“Debido a los límites de la teoría de muestreo, el tamaño de la muestra se suele elegir de forma empírica, a partir de reglas resultantes de la experiencia. Un principio general es que, a igualdad de precisión, el tamaño de la muestra debe ser mucho mayor cuanto más variable sea el material: hacen falta menos árboles para una plantación de una misma especie que para un bosque tropical natural, para una especie dada que, para un grupo de especies, o para una parcela de 10 ha. que para una región natural” (Picard, 2012, p. 40).

“Al ser la biomasa epigea de un árbol es más difícil de medir que el volumen de su fuste, los modelos de biomasa tienden a elaborarse a partir de menos observaciones que los modelos de volumen. Algunos modelos de biomasa

se elaboran solamente a partir de unas pocas mediciones. Los modelos para las raíces, que exigen todavía más trabajo de medición, suelen basarse en tamaños de muestras aún menores (8 árboles para Brown *et al.*, 1995, p. 183 en Brasil, 12 árboles para Ebuy *et al.*, 2011, p. 129 en la República Democrática del Congo, 14 árboles para Deans *et al.*, 1996, p. 218 y 15 árboles para Russell, 1983, p. 676 en Brasil”).

“El empleo de los modelos matemáticos para la estimación de la asociación diámetro y altura de las especies forestales son muy escasas y presentan limitaciones debido a las distintas condiciones que rigen el crecimiento de los árboles entre las cuales se incluyen la genética, las subpoblaciones locales, el clima y los suelos que son determinantes en el desarrollo de las plantas, de ahí la importancia de la generación y eficiencia de modelos alométricos” (Alves y Santos, 2002, p. 255).

Con este estudio se aporta conocimientos para mejorar la información referente al tamaño de muestra óptima para la predicción de la asociación diámetro – altura total de las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. “carahuasca” que ayude al manejo sostenible de esta especie forestal en la amazonía peruana.

El objetivo del estudio fué determinar la muestra adecuada para la predicción de la asociación diámetro-altura total de *Guatteria elata* R.E.Fr. “Carahuasca” en bosque natural – Arboretum “El Huayo”. Puerto Almendra, Loreto, Perú - 2021.

CAPÍTULO I. MARCO TÓRICO

1.1. Antecedentes.

“En Gran Bretaña se determinó que las especies forestales tienen mayores relaciones diámetro de copa-diámetro de fuste (dap) cuando son jóvenes, pero la proporción se reduce a medida que aumenta el diámetro del fuste, comenzando a estabilizarse en torno a 30 cm de dap.” (Hemery *et al.*, 2005, p. 291),

“En la relación diámetro – altura comercial de los árboles de las especies comerciales del bosque de terraza baja se ajustó el modelo alométrico potencial $Y = b_0 \times (t^{b_1})$ con coeficiente de correlación de 0,998 (excelente relación) y coeficiente de determinación de 0,996 es decir 99,60% de variaciones es de ambas variables” (Márquez, 2015, p. 40).

“Se estudió la existencia de patrones alométricos en cinco especies arbóreas pioneras tropicales, encontrando dos patrones distintos: uno relacionado con un mayor crecimiento de la altura, asegurando un espacio en el dosel, y el otro más ligado al crecimiento del diámetro y de la copa, ocupando mayor espacio horizontal (Fontes, 1999, p. 81).

“En un estudio de distribución de frecuencias por clases diamétricas de 26 grupos de especies forestales del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt, determinó que la curva exponencial se ajusta excelentemente en 88% de las especies estudiadas” (Pelagio, 1975, p. 108).

“Se menciona que en los árboles de las especies *Eschweilera coriacea* (A. DC.) S. A. Mori, *Eschweilera grandiflora* (Aubl.) Sandwith, *Eschweilera tessmannii* Knuth, *Iryanthera macrophylla* (Benth) Warb., *Osteophloeum platyspermum* (A. DC.) Warb. y *Virola elongata* (Benth.) Warb. de las familias botánicas

Lecythidaceae y Myristicaceae determinó la relación altura total – diámetro, el modelo alométrico que más se ajustó fue la **POTENCIA**; además la relación fue **EXCELENTE**” (Babilonia, 2018, p. 26),

“En la asociación altura total - diámetro de las plantas de las familias botánicas Chrysobalanaceae y Clusiaceae el modelo alométrico que más se ajustó fue la **cúbica** y el grado de asociación fue **buena**” (Dávila, 2019, p. 48).

“Las familias botánicas Fabaceae y Lauraceae, en la relación altura total – diámetro de las plantas evaluadas, el modelo alométrico que más se ajustó fue la **cúbica** y también presentó **buena** relación entre ellos para la familia Fabaceae y entre **regular** y **excelente** para la familia Lauraceae” (Soplin, 2019, p. 44).

“El modelo alométrico que más se ajustó a la relación altura total - diámetro de los árboles de las familias botánicas Moraceae, Rubiaceae y Annonaceae fue la potencia; así mismo indicó que presentaron **excelente** relación entre la altura total y el diámetro en los árboles evaluados (Freitas, 2019, p. 31).

“En la relación diámetro - altura total en el crecimiento de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en plantación el modelo alométrico que más se ajustó fue la **cúbica** tanto para intensidad de luz buena y regular; así mismo, manifiesta que la relación entre las variables fue **buena**” (Canaquiri, 2020, p. 36),

“La relación diámetro – altura comercial en un bosque de terraza media a las especies “huira caspi” “chimicua” “cumala” “copal” y “añuje rumo” siendo el modelo alométrico que más se ajustó el **cúbico**, con coeficiente de determinación

de 0,205 es decir 20,5% de variaciones es común en ambas variables. La relación entre diámetro – altura comercial fué entre **Buena y excelente**” (Wong, 2017).

“En el estudio de la relación diámetro – altura comercial de las especies “lupuna”; “catahua”; “quinilla”; “moena” y “lagarto caspi” en un bosque de terraza baja encontró que los modelos alométricos que más se ajustaron a esta relación fueron **compuesto, crecimiento, exponencial y logístico**, con coeficiente de determinación de 0,732 es decir 53,6% de variaciones es común en ambas variables. El grado de relación fue **excelente**” (Pinedo, 2016, p.50).

1.2. Bases teóricas

“Ciertas etapas del desarrollo de las especies animales y vegetales se han modelado exitosamente con ecuaciones exponenciales o lineales, que tienen la habilidad de imitar importantes procesos físicos, químicos o biológicos y describir cómo y porqué resulta una respuesta particular; la mayoría de los modelos de crecimiento de cultivos caen dentro de esta categoría de ecuaciones (Santiago-García, 2016, p. 102”; Gálvez *et al.*, 2010, p. 63).

“La elección del tamaño de las parcelas de muestreo puede hacerse de forma tal que optimice la precisión de la estimación en función de un esfuerzo de muestreo” (Bormann, 1953, p. 482; Schreuder *et al.*, 1987, p. 123).

“No es posible predecir las relaciones alométricas sólo por el tamaño de los árboles adultos y su posición en el dosel. Dicha variación pudiera estar relacionada con cambios del tamaño dependiente de respuestas diferentes a la disponibilidad de luz y rasgos demográficos (Alves y Santos, 2002, p. 245).

“La definición más amplia de la alometría hace referencia a una relación (lineal o no) entre los aumentos de las medidas de los árboles.

Independientemente de la definición adoptada, la alometría se refiere al desarrollo ontogénico de los individuos, es decir, al crecimiento de los árboles” (Picard, 2012, p. 217)

“Diversos estudios se han referido al papel del tamaño de las plantas en la estructura y funcionalidad de los sistemas vasculares, así como a la relación entre las fuerzas biomecánicas y los requerimientos de las plantas en ambientes donde varía la disponibilidad de recursos” (Niklas, 1994, p. 48).

“Una característica interesante de las poblaciones de plantas es que los intervalos individuales de tamaño son muy amplios como resultado de la competencia asimétrica por la luz o por la distribución poco uniforme de otros recursos” (Weiner *et al.*, 2001, p. 440).

“Las alometrías varían para los distintos grupos funcionales, revelando relaciones alométricas asociadas a las características de tolerancia a luz y altura máxima de las especies. Éste resultado permitió generar prototipos por grupo ecológico que pueden ser usados para revelar patrones generales de crecimiento y facilitar las predicciones acerca del desarrollo del bosque” (Delgado *et al.* 2005, p. 6).

“La alometría es el estudio del tamaño y sus consecuencias, es decir, las proporciones entre las medidas lineales de las plantas y las medidas de área o volumen obedecen a una regla que es la misma para todas las poblaciones que viven en las mismas condiciones” (Gould, 1966, p. 607).

“La dinámica de rodales se refiere a la disciplina que se dedica al estudio de los procesos y cambios que suceden en un rodal durante su desarrollo, que es

importante para predecir el efecto de los tratamientos silviculturales” (Galloway, 2004. p. 2).

“Las medidas morfo métricas están relacionadas entre ellas, generando relaciones alométricas que hacen que el desarrollo de una se pueda expresar proporcionalmente con el desarrollo de otras partes del organismo” (Mora-Delgado, 2018, p. 128).

1.3. Definición de términos básicos

Bosque: Es toda área cubierta de árboles sean o no reproductivos. En su condición natural o en plantaciones (Malleux, 1982, p. 114).

Árboles: Son plantas leñosas perennes que tienen un fuste y una copa bien diferenciada (Lindorf *et al.*, 1991, p. 18).

Muestra: Se conceptualiza como elegir y obtener muestra representativa de las características de los integrantes de una población. También se define como la herramienta de la investigación científica (Macedo, 2012, p.14).

Modelo alométrico. Son ecuaciones matemáticas que permiten realizar estimaciones en función de unas pocas variables de fácil medición, tales como el diámetro a la altura del pecho (dap) y/o la altura total (Segura y Andrade, 2008, p. 93).

Regresión. Se define como la forma probable de las relaciones entre las variables, con esta prueba se predice y se estima el valor de una variable dada por otra variable (Daniel 2004, p. 131).

Correlación. Se refiere a la medición de la intensidad de la relación de las variables (Daniel 2004, p. 213).

Coefficiente de determinación. - Es el valor obtenido de elevar al cuadrado al valor del coeficiente de correlación, que multiplicado por 100 el valor es expresado en porcentaje ((Beiguelman, 1994, p. 184).

Diámetro de la planta. - Se mide el diámetro del tallo de las plántulas teniendo en cuenta el nivel del suelo donde se coloca una marca para posteriores evaluaciones (García, 2019, p. 13).

Altura total. - La altura total de la planta comprenderá desde el nivel del suelo y el punto más alto de la copa (Soplin, 2019, p. 16)

Grado de asociación. - Es la categoría que se define para una relación entre dos variables mediante el valor del coeficiente de correlación (Freese, 1970, p. 123).

Variable independiente. - Es la característica del material de investigación que se utilizará para predecir el comportamiento de otra variable del mismo material (Vanderlei, 1991, p. 351).

Variable dependiente. - Es una característica del material de investigación cuyo valor se obtendrá a partir de otra característica del mismo material en una predicción (Vanderlei, 1991, p. 352).

CAPÍTULO II. HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

Se obtendrá la muestra adecuada para la predicción de la asociación diámetro-altura total de *Guatteria elata* R.E.Fr. en bosque natural – Arboretum “El Huayo”. Puerto Almendra, Loreto, Perú - 2021.

2.2. Variables y su operacionalización

| Variable | Definición | Tipo por su naturaleza. | Indicador | Escala de medición | Medio de verificación |
|--|---|-------------------------------|---|--------------------|---|
| V. Independiente (X) | | | | | |
| Muestras | Elegir una parte de la población que va conformar una muestra. | Cuantitativa - correlacional | Definición de 3 muestras diferentes. | Nominal | Presentación de las 3 muestras diferentes. |
| V. Dependiente (Y) | | | | | |
| Asociación diámetro - altura total de las plantas <i>Guatteria elata</i> R.E.Fr. en bosque natural - Arboretum “El Huayo”. Puerto Almendra, Loreto, Perú - 2021. | Relación diámetro. - altura total. en el crecimiento de la planta de <i>Guatteria elata</i> R. E. Fr. en el Arboretum “El Huayo”. Puerto Almendra, Loreto, Perú - 2021. | Cuantitativa - correlacional. | Medición del diámetro y altura total de las plantas de <i>Guatteria elata</i> R. E. Fr. en el Arboretum “El Huayo”. Puerto Almendra, Loreto, Perú - 2021. | Nominal | Formato de registro de datos del diámetro y altura total de las plantas evaluadas en centímetros y metros, respectivamente. |

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

El estudio fué del tipo cuantitativo y correlacional, teniendo en cuenta que se realizó mediciones de diámetro y altura total de las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr.; así mismo se determinó la asociación diámetro - altura total en las plantas de la especie en estudio utilizando tres muestras diferentes; Muestra 1 (M_1) = 30 datos elegidos al azar; Muestra 2 (M_2) con 25 individuos distribuidos en clases diamétricas: 10 cm < 15 cm; 15 cm < 20 cm; 20 cm < 25 cm; 25 cm < 30 cm y \geq 30 cm y la Muestra 3 (M_3) = Muestra representativa que se calculó a partir de una muestra piloto de 30 individuos utilizando el diámetro de la plantas, con las cuales se obtuvo las ecuaciones para las predicciones de la asociación de las variables en estudio. La investigación fue de nivel básico.

El estudio se llevó a cabo en el bosque natural del Arboretum “El Huayo” del CIEFOR – Puerto Almendra de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana; está localizado a los 04° 05´ L.S y 73° 40´ L.O. 120 m.s.n.m.; políticamente se ubica en la provincia de Maynas, región Loreto (ver figura 6- anexo). Forma parte del bosque húmedo tropical, con precipitación promedio anual de 2,480 mm; temperatura promedio 26°C. (Valderrama, 2002, p. 26).

El CIEFOR Puerto Almendra es accesible desde la ciudad de Iquitos, por vía fluvial - río Nanay - aproximadamente 45 minutos de viaje en bote deslizador y, por vía terrestre utilizando la carretera Iquitos-Nauta hasta el caserío Quistococha

(distrito de San Juan Bautista), luego se utiliza una carretera afirmada de aproximadamente 5 km adicionales hasta el lugar del estudio.

3.2. Diseño muestral

Como **población** se consideró a todas las plantas de la especie *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca" del Arboretum "El Huayo"; para el caso de la **muestra**, se aplicaron tres muestras diferentes; una muestra al azar con 30 individuos; otra con clases diamétricas (10 cm < 15 cm; 15 cm < 20 cm; 20 cm < 25 cm; 25 < 30 cm; ≥ 30 cm) con 25 individuos y una muestra representativa a partir del diámetro de la planta de acuerdo al método estadístico; las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca" del Arboretum "El Huayo" tuvieron DAP ≥ 10 centímetros.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

Para el registro de los datos de los árboles ≥10 cm de DAP de la especie forestal *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca" del Arboretum "El Huayo"; se utilizó como Instrumento de recolección de datos el Formato de campo que se encuentra en el anexo 2:

Se tuvo en cuenta lo siguiente:

-Nombre del evaluador.

-Código de la Parcela. - Se utilizó los números del 1 al 8 de acuerdo a la presencia de los árboles de la especie en estudio.

-Nombre de la especie. - Se identificó a los árboles por el nombre común y/o taxonómico, de acuerdo a la base de datos del Arboretum "El Huayo" de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

Medición del diámetro (DAP). - El diámetro de los árboles se midió a la altura del pecho (dap) aproximadamente a 1,30 m de altura del nivel del suelo, para clasificar a los árboles ≥ 10 cm se utilizó como material a la forcípula de metal, graduada con aproximación al centímetro, colocada siempre en dirección opuesta a la pendiente (figura 1).



Figura 1. Medición del diámetro del árbol de *Guatteria elata* R.E.Fr.
“carahuasca”.

Medición de la Altura total (HT). - La altura total de los árboles comprendió desde el nivel del suelo y el punto más alto de la copa, esta medición se efectuó con aproximación al metro, se realizó la medición utilizando el clinómetro (figura 2)



Figura 2. Medición de la altura total del árbol de *Guatteria elata* R.E.Fr. “carahuasca”.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

Se efectuó la asociación diámetro & altura total para lo cual se probaron los modelos alométricos Lineal, Logarítmica, Inversa, Cuadrática, Cubica, Compuesta, Potencia y S-Curva. Los modelos alométrico y sus ecuaciones se presentan a continuación:

| Nº | MODELOS ALOMÉTRICOS | ECUACIONES |
|----|---------------------|--|
| 1 | LINEAL | $Y = b_0 + (b_1 \times t)$ |
| 2 | LOGARITMICA | $Y = b_0 + (b_1 \times \ln(t))$ |
| 3 | INVERSA | $Y = b_0 + (b_1 / t)$ |
| 4 | CUADRATICA | $Y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2)$ |
| 5 | CUBICA | $Y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2) + (b_3 \times t^3)$ |
| 6 | COMPUESTA | $Y = b_0 \times (b_1^t)$ |
| 7 | POTENCIAL | $Y = b_0 \times (t^{b_1})$ |
| 8 | S-CURVA | $Y = e^{(b_0 (b_1 / t))}$ |

Fuente: Programa estadístico SPSS 23.

Donde: b_0 = Constante; b_1 = Constante; b_2 = Constante; b_3 = Constante; \ln = Logaritmo natural; e = Logaritmo neperiano; Y = Valor esperado de la variable dependiente (altura total); t = Valor propuesto de la variable independiente (diámetro).

Para identificar la ecuación que más se ajustó a la asociación entre las dos variables en estudio, en cada una de las muestras (3), que fueron: 1. Muestra al azar con 30 individuos; 2. Muestra utilizando clases diamétrica (10 cm < 15 cm; 15 cm < 20 cm; 20 cm < 25 cm; 25 < 30 cm; \geq 30 cm) con 25 individuos de la especie *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca" del Arboretum "El Huayo" y 3. La muestra representativa que se calculó a partir de una muestra piloto de 30 individuos utilizando el diámetro de la planta. Los estadísticos que se utilizaron para el procesamiento de datos fueron, la correlación que se aplicó para determinar el grado de asociación entre las dos variables, además se utilizó la siguiente tabla:

| Valor de "r" (+ ó -) | Grado de Asociación |
|----------------------|---------------------|
| 1,00 | Perfecta |
| < 1,00 a \geq 0,75 | Excelente |
| < 0,75 a \geq 0,50 | Buena |
| < 0,50 a > 0,00 | Regular |
| 0,00 | Nula |

Donde: "r" = Coeficiente de correlación.

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

También, el coeficiente de determinación para demostrar cuanto es la participación de la variable independiente (diámetro) en las variaciones de la variable dependiente (altura total) y, además se utilizó la regresión para definir la

ecuación más adecuada para las predicciones de la asociación diámetro – altura total a partir de las tres muestras a evaluar (Beiguelman, 1994, p. 184). Los cálculos se realizaron utilizando el software Excel y SPSS 23.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Asociación diámetro - altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca". Muestra 1.

En el cuadro 1 se presenta los modelos alométricos que fueron utilizados en la evaluación de la asociación diámetro - altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca" donde se nota que el modelo alométrico que más se ajustó a ésta relación fue la **cúbica** que obtuvo el mayor coeficiente de correlación $\Pi = 0,677$ el cual indica **buena** asociación entre las variables diámetro y altura total; el coeficiente de determinación presentó el valor de $\Pi^2 = 0,459$ el cual indica que existe 45,9% de asociación en el crecimiento en diámetro y altura total de las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca".

Cuadro 1: Modelos alométrico probados en la asociación diámetro – altura total de las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca" - Muestra 1.

| Modelo Alométrico | Π | Π^2 |
|-------------------|-------|---------|
| Lineal | 0,647 | 0,419 |
| Logarítmica | 0,655 | 0,429 |
| Inversa | 0,634 | 0,402 |
| Cuadrático | 0,653 | 0,426 |
| Cúbico | 0,677 | 0,459 |
| Compuesto | 0,624 | 0,389 |
| Potencia | 0,640 | 0,409 |
| S - curva | 0,624 | 0,389 |

A continuación, se presenta la ecuación del modelo alométrico **cúbico** que servirá para efectuar la predicción del crecimiento de la altura total de las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca" a partir del diámetro de la planta; el cual se presenta a continuación:

Cúbico:

$$Y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2) + (b_3 \times t^3)$$

Reemplazando los datos de las constantes en la ecuación tenemos:

| Modelo Alométrico | Estimaciones de parámetro | | | |
|-------------------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | b ₀ | b ₁ | b ₂ | b ₃ |
| Cúbico | -9,564 | 2,839 | -0,096 | 0,001 |

Ecuación:

$$Y = -9,564 + (2,839 \times t) + (-0,096 \times t^2) + (0,001 \times t^3)$$

Además, en la figura 3 se presenta la tendencia del modelo alométrico **cúbico** de la Asociación diámetro – altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. “carahuasca”.

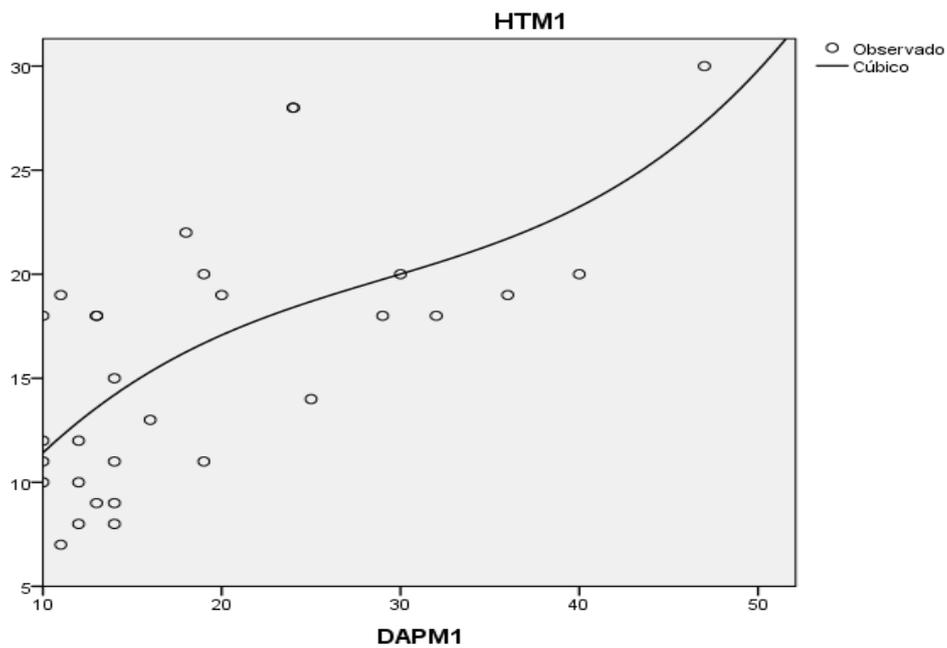


Figura 3. Asociación diámetro – altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. “carahuasca”. Muestra 1.

Asociación diámetro - altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr.

“carahuasca”. **Muestra 2.**

La evaluación de la relación diámetro – altura total de las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. “carahuasca” en la muestra 2 mostraron que el modelo alométrico que más se ajustó a esta asociación fue el **cúbico** que mostró el mayor coeficiente de correlación $\Pi = 0,731$ que según la tabla de calificación corresponde a **buena** asociación entre diámetro y la altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. “carahuasca”; el coeficiente de determinación fue de $\Pi^2 = 0,535$ que indica que el 53,5% de los cambios que se producen en el crecimiento en altura total de las plantas de la especie en estudio se atribuye al crecimiento en diámetro de la planta evaluada.

Cuadro 2: Modelos alométrico utilizados en la asociación diámetro – altura total de las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. “carahuasca” - Muestra 2.

| Modelo Alométrico | Π | Π^2 |
|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Lineal | 0,625 | 0,391 |
| Logarítmica | 0,648 | 0,420 |
| Inversa | 0,653 | 0,427 |
| Cuadrático | 0,631 | 0,398 |
| Cúbico | 0,731 | 0,535 |
| Compuesto | 0,628 | 0,394 |
| Potencia | 0,670 | 0,449 |
| S – curva | 0,691 | 0,478 |

La ecuación del modelo alométrico **cúbico** que más se ajustó a la relación diámetro - altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. “carahuasca” servirá para las predicciones del crecimiento en altura total de las plantas de la

especie en estudio a partir del diámetro de la planta. La ecuación se presenta a continuación.

Cúbica:

$$Y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2) + (b_3 \times t^3)$$

Reemplazando los datos de la evaluación tenemos:

| Modelo Alométrico | Estimaciones de parámetro | | | |
|-------------------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | b ₀ | b ₁ | b ₂ | b ₃ |
| Cúbico | -23,256 | 4,725 | -0,170 | 0,002 |

Ecuación para la predicción:

$$Y = -23,256 + (4,725 \times t) + (-0,170 \times t^2) + (0,002 \times t^3)$$

En la figura 4 se muestra la tendencia del modelo alométrico **cúbico** de la asociación diámetro - altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca".

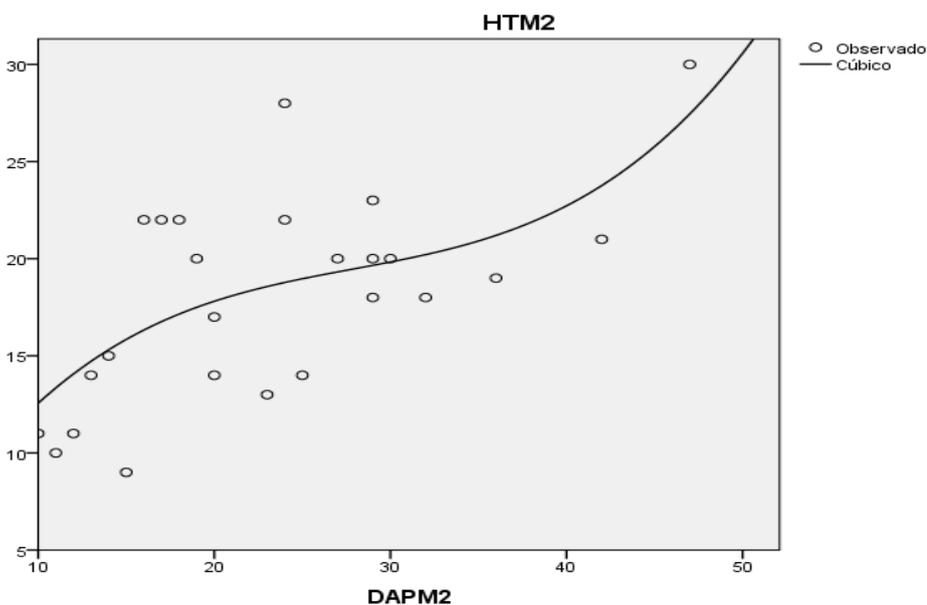


Figura 4. Relación diámetro – altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca" - Muestra 2.

Asociación diámetro - altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr.

“carahuasca”. Muestra Representativa.

Los modelos alométrico probados en la asociación diámetro - altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. “carahuasca” demuestran en el cuadro 3 que el modelo alométrico que tuvo mejor ajuste a esta asociación fué el **cúbico** donde el coeficiente de correlación fué de $\Pi = 0,647$ y según el cuadro de calificación éste corresponde a **buena** asociación entre el diámetro y la altura total y, el coeficiente de determinación fué de $\Pi^2 = 0,419$ la misma que representa 41,9% de asociación entre las 2 variables evaluadas o sea en el crecimiento del diámetro y la altura total de las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. “carahuasca”.

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

| Modelo Alométrico | Π | Π^2 |
|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Lineal | 0,634 | 0,402 |
| Logarítmica | 0,620 | 0,384 |
| Inversa | 0,580 | 0,336 |
| Cuadrático | 0,635 | 0,403 |
| Cúbico | 0,647 | 0,419 |
| Compuesto | 0,597 | 0,357 |
| Potencia | 0,591 | 0,349 |
| S – curva | 0,556 | 0,309 |

La ecuación del modelo alométrico **cúbico** que servirá para las predicciones del crecimiento de la altura total de las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. “carahuasca” a partir de su diámetro se muestra a continuación:

$$Y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2) + (b_3 \times t^3)$$

Reemplazando los datos de la evaluación tenemos:

| Modelo Alométrico | Estimaciones de parámetro | | | |
|-------------------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | b ₀ | b ₁ | b ₂ | b ₃ |
| Cúbico | -0,754 | 1,728 | -0,057 | 0,001 |

Ecuación Cúbica:

$$Y = -0,754 + (1,728 \times t) + (-0,057 \times t^2) + (0,001 \times t^3)$$

También, para una mejor comprensión de la asociación entre el diámetro y la altura total de las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. “carahuasca” se presenta la figura 5 donde se observa la tendencia de la ecuación del modelo alométrico **cúbico** en la Muestra representativa.

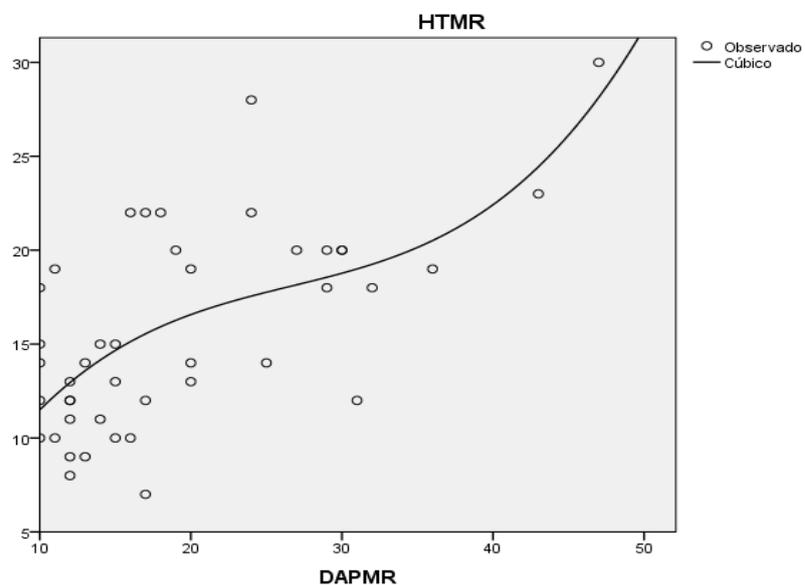


Figura 5. Asociación diámetro – altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. “carahuasca” - Muestra representativa.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

En la evaluación de la asociación diámetro - altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca" en bosque natural del Arboretum "El Huayo" del CIEFOR Puerto Almendra – FCF - UNAP. se ha determinado que el modelo alométrico que más se ajustó a la asociación en estudio fué el **cúbico** y los coeficientes de correlación obtenidos fueron, **Muestra 1** con $\Pi = 0,677$; **Muestra 2** con $\Pi = 0,731$; **Muestra representativa** con $\Pi = 0,647$; estos resultados indican que a nivel general existe **BUENA** asociación entre las variables diámetro y la altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca"; el mayor valor del coeficiente de correlación fue $\Pi = 0,731$ y se presentó en la muestra 2 que estuvo conformada por las clases diamétrica: 10 cm < 15 cm; 15 cm < 20 cm; 20 cm < 25 cm; 25 < 30 cm; ≥ 30 cm) con 5 individuos cada una, siendo en total 25 elementos que conformaron la muestra 2. El mayor valor del coeficiente de determinación también se observó en la muestra 2 con $\Pi^2 = 0,535$ la misma que indica que existe 53,5% de influencia de la variable independiente diámetro en los cambios de la altura total que fué la variable dependiente en la evaluación del crecimiento de las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca"; la muestra representativa fué la que presentó el menor valor con $\Pi^2 = 0,419$ por tanto el 41,9% de cambios producidos en la altura total de las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca" se atribuye al diámetro de la planta.

En otros estudios se obtuvieron los siguientes resultados: "en la asociación altura total - diámetro de las plantas de las familias botánicas Chrysobalanaceae y Clusiaceae el modelo alométrico que más se ajustó fue la **cúbica** y el grado de asociación fué **buena**" (Dávila, 2019, p. 48); en "las familias botánicas Fabaceae

y Lauraceae, en la relación altura comercial – diámetro de las plantas evaluadas, el modelo alométrico que más se ajustó fue es el **cúbico** (Soplin, 2019, p. 44); así mismo, Flores (2021, p. 21), encontró en la relación diámetro – altura en las plantas de las especies *Protium crassipetalum* Cuatrec. "copal blanco" y *Protium hebetatum* Daly "copal colorado" la ecuación que más se ajustó fue la **cúbica**, la especie *Protium crassipetalum* Cuatrec. "copal blanco" presentó **excelente** relación entre el diámetro y la altura de las plantas evaluadas; sin embargo Freitas (2019, p. 41), manifiesta que el modelo alométrico **potencia** fue el que tuvo mejor ajuste en la relación diámetro - altura total en las plantas de las familias botánicas **Moraceae, Rubiaceae y Annonaceae**; también, indica que fue **excelente** la relación entre las variables estudiadas; además Canaquiri (2020, p. 38), menciona que en la relación diámetro - altura total en el crecimiento de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* "capirona", en plantación, el modelo alométrico que más se ajustó fue la **cúbica** tanto para intensidad de luz buena y regular; también, manifiesta que la relación entre las variables fue **buena**. Vásquez (2016, p. 35), encontró **excelente** asociación entre el diámetro y la altura total en plantas de especies comerciales de un bosque natural, con coeficiente de correlación $> 0,75$ y $< 1,00$.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

1. En la evaluación de la asociación diámetro - altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca", en bosque natural, se encontró que el modelo alométrico que más se ajustó fué el **cúbico** en las 3 muestras estudiadas.
2. El grado de asociación entre las variables diámetro y altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca", en las 3 muestras fue **buena**.
3. Las ecuaciones obtenidas en el estudio asociación diámetro - altura total en las plantas de *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca" fueron las siguientes:

Muestra 1 : $Y = -9,564 + (2,839 \times t) + (-0,096 \times t^2) + (0,001 \times t^3)$

Muestra 2 : $Y = -23,256 + (4,725 \times t) + (-0,170 \times t^2) + (0,002 \times t^3)$

Muestra Representativa : $Y = -0,754 + (1,728 \times t) + (-0,057 \times t^2) + (0,001 \times t^3)$

CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES

1. De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio se recomienda utilizar el modelo alométrico **cúbico** para determinar el grado de relación o asociación de las variables diámetro y altura total en las plantas de la especie *Guatteria elata* R.E.Fr. "carahuasca" y la ecuación de la muestra 2 para las predicciones de la asociación diámetro - altura total que se presenta a continuación:

$$Y = -23,256 + (4,725 \times t) + (-0,170 \times t^2) + (0,002 \times t^3)$$

2. Sería importante continuar con estudios similares para diferentes especies forestales de la Amazonía peruana con la finalidad de obtener nuevos conocimientos que ayuden a mejorar el manejo del bosque en la región Loreto.

CAPÍTULO VIII. FUENTES DE INFORMACIÓN

- 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.
- Babilonia, J. G. 2019. “Relación altura total y diámetro de los árboles de dos familias botánicas. Puerto Almendra, Loreto, Perú”. Tesis para título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales. Iquitos, Perú. 50 p.
- Beiguelman, B. 1994. Curso práctico de bioestadística. 3era. Edición. Sociedade Brasileira de genética. Brasil. 231 p.
- Bormann, F.H. 1953. The statistical efficiency of sample plot size and shape in forest ecology. *Ecology*, 34(3): 474–487.
- 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.
- Brown, I.F., Martinelli, L.A., Thomas, W.W., Moreira, M.Z., Victoria, R.A. & Ferreira, C.A.C. 1995. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: An example from Rondônia, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 75(1-3): 175–189.
- Canaquiri, Y. 2020. “Relación diámetro – altura total y su predicción en el crecimiento de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” según intensidad de luz, Puerto Almendra, Loreto, Perú - 2019”. Tesis de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales, FCF – UNAP, Iquitos. 52 p.
- Daniel, W. 2004. Bioestadística. 4 ed., en español, México, D.F. – México. 755 p.

- Dávila, A. 2019. "RELACIÓN DE TRES VARIABLES EN LOS ÁRBOLES DE DOS FAMILIAS BOTÁNICAS DEL ARBORETUM "EL HUAYO" Y PROPORCIONALIDAD DE INDIVIDUOS. PUERTO ALMENDRA, LORETO, PERÚ". Tesis de Ingeniero Forestal, F.C. F. – UNAP, Iquitos. 69 p.
- Deans, J.D., Moran, J. & Grace, J. 1996. Biomass relationships for tree species in regenerating semi-deciduous tropical moist forest in Cameroon. *Forest Ecology and Management*, 88(3): 215–225.
- 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.
- Ebuy Alipade, J., Lokombé Dimandja, J.P., Ponette, Q., Sonwa, D. & Picard, N. 2011. Biomass equation for predicting tree aboveground biomass at Yangambi, DRC. *Journal of Tropical Forest Science*, 23(2): 125–132.
- Flores, Ch, E. 2021. Relación de dos variables y su predicción en el crecimiento de las plantas de tres especies de la familia burseraceae, Puerto Almendra, Loreto, Perú". Tesis de Ingeniero Forestal, FCF – UNAP, Iquitos. 38 p.
- Fontes, L. M., 1999. Padrões alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais. Allometric patterns for tropical pioneer tree species. *Scientia Forestalis* 55.
- Freese, F. 1970. Métodos Estadísticos Elementales para Técnicos Forestales. Ministerio de Agricultura de EEUU. 420 p.
- Freitas, C. 2019. "Comportamiento de dos variables en el crecimiento de los árboles de tres familias botánicas del Arboretum "El Huayo". Puerto

Almendra, Loreto, Perú”. Tesis de Ingeniero Forestal, FCF – UNAP, Iquitos.
52 p.

Gálvez, G.; Sigarroa, A.; López, T.; Fernández, J. 2010. Modelación de cultivos agrícolas. Algunos ejemplos. Cultivos Tropicales. 31(3):60-65.

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

Gould, S.J. 1966. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. Biological Reviews, 41(4): 587–638. 23

Gayon J. 2000. History of the concept of allometry. Am. Zool. 40: 748-758.

Galloway, G. 2004. Dinámica de rodales. CATIE. Turrialba-Costarrica. p. 1-3
p.

Goupy, J. 1999. Plans d'expériences pour surfaces de réponse. Paris, Dunod. 409
p.

Hemery, E; Savill, S; Pryor, N. 2005. Applications of the crown diameterstem diameter relationship for different species of broadleaved trees. Forest Ecology and Management 215(1-3):285-294 p.

Lindorf, H., L. de Parisca y P. Rodríguez. 1991. Botánica, clasificación, estructura y reproducción. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Macedo, 2012. Tamaño óptimo de la unidad de muestreo para inventarios forestales en la comunidad campesina de Tres Unidos, Distrito del Alto

- Nanay. Región Loreto. Borrador de Tesis de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 49 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.
- Mora-Delgado, J. 2018. Aplicación de modelos matemáticos no lineales para la estimación de parámetros de crecimiento de *Alnus acuminata* en sistemas silvopastoriles de Roncesvalles, Tolima. En: Holguín, V.A.; García, I.I.; Mora-Delgado, J.(Eds.) Árboles y arbustos para silvopasturas. Universidad del Tolima, Ibagué. p.121-132.
- 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.
- Niklas K. J. 1994. The scaling of plant and animal body mass, length and diameter. *Evolution* 48: 44-54.
- 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. 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.
- Pelagio, M. 1975. Estudio de la distribución de frecuencias por clases diamétricas de 26 grupos de especies forestales del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt – Pucallpa. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 173 p.
- 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.
- Russell, C. 1983. Nutrient cycling and productivity of native and plantation forests at Jari Florestal, Para, Brazil. Ph.D. thesis, University of Georgia, Athens, GA, USA. Rutishauser, E., Wagner, F., Herault, B., Nicolini, E.A. & Blanc, L. 2010. Contrasting above-ground biomass balance in a Neotropical rain forest. *Journal of Vegetation Science*, 21: 672–682.
- Schreuder, H.T., Banyard, S.G. & Brink, G.E. 1987. Comparison of three sampling methods in estimating stand parameters for a tropical forest. *Forest Ecology and Management*, 21(1-2): 119–127
- 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, P. A. A. 2019. “Asociación de tres variables en las plantas de dos familias botánicas: Fabaceae y Lauraceae. Puerto Almendra, Loreto Perú”. Tesis para título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales. 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. 152 p.
- Vanderlei, P. 1991 Estadística Experimental Aplicada à Agronomia. Maceió: EDUFAL. Brasil. 440 p.
- Vásquez, H.G. 2016. “Asociación altura comercial - diámetro de árboles de especies comerciales de importancia ecológica, bosque colina baja. Yavarí, Loreto, Perú - 2014”. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal, FCF – UNAP. Iquitos.
- Weiner, J.; P. Stoll.; H. Müller-Landau.; A. Jansentulyan.; E. Müller. y T. Hara. 2001. Spatial pattern, competitive symmetry and size variability in a spatially-explicit, individual-based plant competition model. *Am. Naturalist* 158: 438-450.
- Wong, J. 2017. “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. 67 p.

ANEXO

Anexo 1. Mapa de ubicación

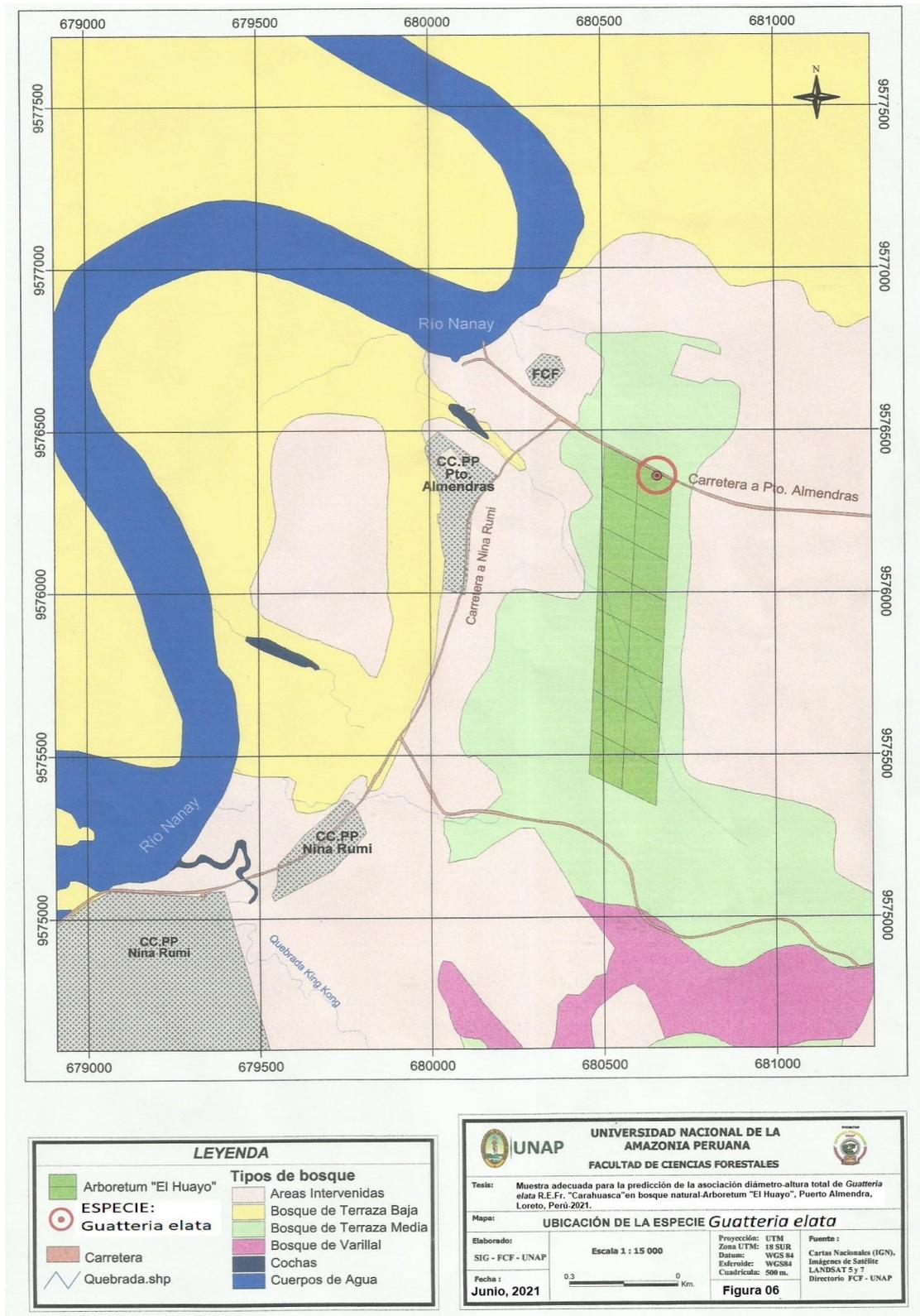


Figura 6: Mapa de ubicación del área de estudio.

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos.

Cuadro 4: Formato de registro de datos.

| Parcela | N° ARBOL | ESPECIE | DAP (cm) | HT (m) | OBSERVACIÓN |
|----------------|-----------------|----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 1 | | | | |
| | n | | | | |

Anexo 3.

COMPROMISO DE ASESORIA DEL PLAN DE TESIS

El presente compromiso establece la asesoría del Plan de tesis titulada: "Tamaño óptimo de muestra para la predicción de la asociación diámetro-altura total de *Guatteria elata* R.E.Fr. en bosque natural. Puerto Almendra, Loreto, Perú", en los siguientes términos:

1. El asesor del presente Plan de tesis es el **Ing. JORGE ELIAS ALVAN RUIZ, Dr.** Profesor ordinario adscrito a la FCF.
2. El asesorado del trabajo de tesis es el **Bach. TONY ALBERTO RUIZ PEZO.**
3. El asesor es co-autor de la tesis por asumir la responsabilidad de formulación, ejecución y publicación de la investigación.
4. El asesorado es el autor principal quien será orientado por el asesor y tiene la mayor responsabilidad sobre la ejecución del trabajo.

Iquitos, 01 de marzo de 2021



ASESOR



ASESORADO

Anexo 4. Constancia de muestra botánica



UNAP

Centro de Investigación de
Recursos Naturales
Herbarium Amazonense — AMAZ

INSTITUCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL DEPOSITARIA DE MATERIAL BIOLÓGICO
CÓDIGO DE AUTORIZACIÓN AUT-ICND-2017-005

CONSTANCIA n.º 44-2022 AMAZ-UNAP

El Coordinador del Herbarium Amazonense (AMAZ) del CIRNA, de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

HACE CONSTAR:

Que, la muestra botánica presentada por **TONY ALBERTO RUIZ PEZO** bachiller de la **Escuela Profesional de Ingeniería en Ecología de Bosques Tropicales** de la **Facultad de Ciencias Forestales** de la **Universidad Nacional de la Amazonía Peruana** pertenece al proyecto de tesis de pre grado titulado **“MUESTRA ADECUADA PARA LA PREDICCIÓN DE LA ASOCIACIÓN DIÁMETRO-ALTURA TOTAL DE *Guatteria elata* R.E.FR. “CARAHUASCA” EN BOSQUE NATURAL-ARBORETUM “EL HUAYO”. PUERTO ALMENDRA, LORETO, PERÚ-2021”**; ha sido **DETERMINADA** en este centro de investigación y enseñanza **Herbarium Amazonense-AMAZ-CIRNA-UNAP** como se indica a continuación:

| Nº | FAMILIA | ESPECIE | AUTOR | NOMBRE COMÚN |
|----|------------|------------------------|----------|--------------|
| 01 | ANNONACEAE | <i>Guatteria elata</i> | R.E. Fr. | “carahuasca” |

Determinador: Ing. Juan Celidonio Ruiz Macedo

A los dos días del mes de noviembre del año dos mil veintidós, se expide la presente constancia a los interesados para los fines que se estime conveniente.

Atentamente,


Richard J. Huaranca Acostupa
Coordinador Herbarium Amazonense
CIRNA - UNAP



Anexo 5. Base de datos

Cuadro 5: Muestra 1

| Orden | Nombre Común | Nombre científico | DAP | HT |
|--------------|---------------------|--------------------------------|------------|-----------|
| 1 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 47 | 30 |
| 2 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 40 | 20 |
| 3 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 30 | 20 |
| 4 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 25 | 14 |
| 5 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 24 | 28 |
| 6 | Carahuasca | Guatteria schomburgkiana Mart. | 20 | 19 |
| 7 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 19 | 11 |
| 8 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 19 | 20 |
| 9 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 18 | 22 |
| 10 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 16 | 13 |
| 11 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 14 | 9 |
| 12 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 14 | 15 |
| 13 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 13 | 18 |
| 14 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 12 | 12 |
| 15 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 12 | 10 |
| 16 | Carahuasca | Guatteria schomburgkiana Mart. | 12 | 8 |
| 17 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 11 | 19 |
| 18 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 10 | 10 |
| 19 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 10 | 18 |
| 20 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 10 | 12 |
| 21 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 10 | 11 |
| 22 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 32 | 18 |
| 23 | Carahuasca | Guatteria schomburgkiana Mart. | 36 | 19 |
| 24 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 29 | 18 |
| 25 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 14 | 11 |
| 26 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 14 | 8 |
| 27 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 11 | 7 |
| 28 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 13 | 18 |
| 29 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 13 | 9 |
| 30 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 24 | 28 |

Cuadro 6. Muestra 2

| Orden | Nombre Común | Nombre científico | DAP | HT |
|--------------|---------------------|--------------------------------|------------|-----------|
| 1 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 10 | 11 |
| 2 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 11 | 10 |
| 3 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 12 | 11 |
| 4 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 13 | 14 |
| 5 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 14 | 15 |
| 6 | Carahuasca | Guatteria schomburgkiana Mart. | 15 | 9 |
| 7 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 16 | 22 |
| 8 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 17 | 22 |
| 9 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 18 | 22 |
| 10 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 19 | 20 |
| 11 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 20 | 17 |
| 12 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 20 | 14 |
| 13 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 23 | 13 |
| 14 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 24 | 22 |
| 15 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 24 | 28 |
| 16 | Carahuasca | Guatteria schomburgkiana Mart. | 25 | 14 |
| 17 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 27 | 20 |
| 18 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 29 | 23 |
| 19 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 29 | 20 |
| 20 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 29 | 18 |
| 21 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 30 | 20 |
| 22 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 32 | 18 |
| 23 | Carahuasca | Guatteria schomburgkiana Mart. | 36 | 19 |
| 24 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 42 | 21 |
| 25 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 47 | 30 |

Cuadro 7. Muestra piloto.

| Orden | Nombre Común | Nombre científico | DAP | HT |
|--------------|---------------------|--------------------------------|------------|-----------|
| 1 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 47 | 30 |
| 2 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 31 | 12 |
| 3 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 29 | 20 |
| 4 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 27 | 20 |
| 5 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 24 | 22 |
| 6 | Carahuasca | Guatteria schomburgkiana Mart. | 20 | 17 |
| 7 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 19 | 11 |
| 8 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 19 | 20 |
| 9 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 18 | 17 |
| 10 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 16 | 22 |
| 11 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 15 | 10 |
| 12 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 14 | 15 |
| 13 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 12 | 9 |
| 14 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 12 | 12 |
| 15 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 12 | 8 |
| 16 | Carahuasca | Guatteria schomburgkiana Mart. | 11 | 10 |
| 17 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 10 | 5 |
| 18 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 10 | 17 |
| 19 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 10 | 12 |
| 20 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 12 | 18 |
| 21 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 43 | 23 |
| 22 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 30 | 20 |
| 23 | Carahuasca | Guatteria schomburgkiana Mart. | 23 | 13 |
| 24 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 20 | 14 |
| 25 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 17 | 7 |
| 26 | Carahuasca | Guatteria elata R. E. Fr. | 16 | 10 |
| 27 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 14 | 11 |
| 28 | Carahuasca | Guatteria tomentosa Rusby | 11 | 7 |