



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS

**“ASOCIACIÓN ENTRE ALTURA, DIÁMETRO Y AMPLITUD DE COPA EN
PLANTAS DE *Calycophyllum spruceanum* “capirona” EN UNA
PLANTACIÓN, PUERTO ALMENDRA, LORETO, PERÚ, 2021”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

BRILLI FRANCESCA CASANOVA ARIAS

ASESOR:

Ing. JORGE ELIAS ALVAN RUIZ, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2024

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS

**“ASOCIACIÓN ENTRE ALTURA, DIÁMETRO Y AMPLITUD DE COPA EN
PLANTAS DE *Calycophyllum spruceanum* “capirona” EN UNA
PLANTACIÓN, PUERTO ALMENDRA, LORETO, PERÚ, 2021”.**

(Aprobado el 10 de julio de 2024 según Acta de Sustentación N° 037)

MIEMBROS DEL JURADO Y ASESOR



Ing. JOSÉ ANTONIO ESCOBAR DÍAZ, Dr.
C.I.P. 18610
Presidente



Ing. RILDO ROJAS TUANAMA, Dr.
C.I.P. 86706
Miembro de Jurado



Ing. SEGUNDO CORDOVA HORNA, Dr.
C.I.P. 65032
Miembro de Jurado



Ing. JORGE ELÍAS ALVÁN RUIZ, Dr.
C.I.P. 26387
Asesor

NOMBRE DEL TRABAJO

FCF_TESIS_CASANOVA ARIAS.pdf

AUTOR

BRILLI FRANCESCA CASANOVA ARIAS

RECuento DE PALABRAS

3910 Words

RECuento DE CARACTERES

19994 Characters

RECuento DE PÁGINAS

27 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

715.4KB

FECHA DE ENTREGA

Oct 27, 2024 11:42 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 27, 2024 11:42 PM GMT-5

● **38% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 37% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 15% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dedicar esta tesis a Dios, porque sin él nada es posible, él es quien creó todo y nos permite estar en este mundo.

A mi mamita Silvia Arias por darme la vida, por su amor incondicional, por su sabiduría que alimenta mi alma, eres mi mayor tesoro; este logro también es tuyo.

A mi abuelita Lili Ramírez, a quien tengo presente en cada instante de mi vida, aunque no está conmigo físicamente. Fuiste y serás siempre un ejemplo para mí. Junto a mi madre me hicieron la mujer que soy hoy en día, siempre por el camino correcto y dando lo mejor de mí para lograr todo lo que me he propuesto.

A mi abuelito José Arias que es como un padre para mí, gracias por estar siempre en los momentos importantes de mi vida, por ser el ejemplo para salir adelante, esta tesis es el reflejo de lo que me has enseñado en la vida.

A mi esposo Abraham Ruiz; eres la persona que siempre soñé y con la cual quiero compartir el resto de la vida. Asimismo, estuviste junto a mí, hombro a hombro para luchar contra las adversidades que se presentaron en este camino, ahora recogeremos los frutos de nuestro esfuerzo y dedicación, te amo mucho.

AGRADECIMIENTO

Al concluir una etapa maravillosa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mi caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza. Esta mención es especial para mi DIOS, mi madrecita, mis abuelitos, mi esposo. Muchas gracias a ustedes por demostrarme que el verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere.

Mi gratitud, también a la Escuela de Ingeniería Forestal, mi agradecimiento sincero al asesor de mi tesis, Dr. Jorge Elías Alvan Ruiz, gracias a cada docente quienes con su apoyo y enseñanzas constituyen la base de mi vida profesional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
FIRMA DE JURADOS	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Bases teóricas	3
1.3. Definición de términos básicos	4
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	5
2.1. Formulación de la hipótesis	5
2.2. Variables y su operacionalización	5
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	6
3.1. Diseño metodológico	6
3.2. Diseño muestral	6
3.3. Procedimiento de recolección de datos	7
3.4. Procesamiento y análisis de datos	9
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	11
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	22
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	24
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	25
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	26
ANEXOS	31

ÍNDICE DE CUADROS

N°		Pág.
1	Correlación y Coeficiente de determinación por modelo alométrico de la asociación diámetro – altura total	11
2	Correlación y Coeficiente de determinación por modelo alométrico de la asociación diámetro – amplitud de copa en las plantas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> “capirona”.	15
3	Correlación y Coeficiente de determinación por modelo alométrico de la asociación diámetro – amplitud de copa en las plantas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> “capirona”.	18

ÍNDICE DE FIGURAS

N°		Pág.
1	Medición del diámetro de la planta de <i>Calycophyllum spruceanum</i> “capirona”.	8
2	Medición de la altura total de la planta de <i>Calycophyllum spruceanum</i> “capirona”.	8
3	Medición de la amplitud de copa de planta de <i>Calycophyllum spruceanum</i> “capirona”.	9
4	Asociación diámetro – altura total de las plantas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> “capirona” en plantación. Todos los modelos alométricos.	12
5	Asociación diámetro – altura total de las plantas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> “capirona” en plantación. Modelo alométrico cúbico.	13
6	Asociación diámetro – amplitud de copa de las plantas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> “capirona” en plantación. Ocho modelos alométricos.	16
7	Asociación diámetro – amplitud de copa de las plantas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> “capirona” en plantación. Modelos alométricos cúbico.	17
8	Asociación amplitud de copa – altura total de las plantas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> “capirona” en plantación. Ocho modelos alométricos.	19
9	Asociación amplitud de copa – altura total de las plantas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> “capirona” en plantación. Modelo alométrico cúbico.	20
10	Mapa de ubicación del área de estudio.	32

RESUMEN

El objetivo general del estudio fue evaluar la relación entre las variables de diámetro y altura total, diámetro y amplitud de copa en el crecimiento de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* ("capirona") en una plantación del CIEFOR Puerto Almendra, Loreto, Perú. Las variables evaluadas fueron el diámetro, altura total y amplitud de copa de las plantas de la especie en estudio; los datos fueron obtenidos a partir de la muestra representativa que fue de 44 individuos. Los resultados demuestran que en las asociaciones evaluadas no existe diferencia en el modelo alométrico que más se ajusta a estas asociaciones que fue el **cúbico**, pero fueron diferentes en el grado de asociación entre ellos, en diámetro & altura total fue **excelente**; en diámetro & amplitud de copa fue **bueno** y en amplitud de copa & altura total fue **regular**; con respecto a la afinidad entre las variables esta se dió de la siguiente manera: 76%, 27% y 23% respectivamente.

Palabras clave: planta, asociación, modelo alométrico, muestra representativa, ecuación.

ABSTRACT

The general objective of the study was to determine the association between the variables diameter & total height; diameter & crown width and crown width & total height in the growth of *Calycophyllum spruceanum* "capirona" plants in a CIEFOR Puerto Almendra plantation, Loreto, Peru. The variables evaluated were the diameter, total height and crown width of the plants of the species under study; The data were obtained from the representative sample of 44 individuals. The results show that in the associations evaluated there is no difference in the allometric model that best fits these associations, which was the cubic one, but they were different in the degree of association between them, in diameter & total height it was excellent; in diameter & crown width it was good and in crown width & total height it was average; Regarding the affinity between the variables, it was as follows: 76%, 27% and 23% respectively.

Keywords: plant, association, allometric model, representative sample, equation.

INTRODUCCIÓN

Los modelos alométricos tienen diversas aplicaciones en el ámbito forestal debido a su gran versatilidad; las variables más comunes son: diámetro a la altura del pecho (dap), diámetro a la altura del tocón (dht), altura comercial (hc), altura total (ht) y sus combinaciones (Álvarez, 2008, p. 36). Sin embargo, la utilización de modelos alométricos para estimar la relación entre diámetro y altura en especies forestales es limitada, ya que el crecimiento de las plantas está influido por factores como la genética, las subpoblaciones locales, el clima y los suelos, lo cual afecta el desarrollo de las plantas y la precisión de estos modelos (Alves y Santos, 2002, p. 252). Las variables necesarias para los modelos alométricos se necesita un esfuerzo mínimo de muestreo, es decir medición de diámetros y altura; además, estos indicadores se consignan en los censos forestales y de esa forma pueden inferirse a futuro con ecuaciones de desarrollo comunes (Diéguez-Aranda et al, 2005, p. 232). Este estudio proporcionó nuevos conocimientos sobre las relaciones entre altura, diámetro y amplitud de copa en el crecimiento de *Calycophyllum spruceanum* "capirona", útiles para planes de manejo.

El objetivo principal de la presente investigación fue evaluar la relación que existe entre altura y diámetro, altura y amplitud de copa, en el desarrollo de las plántulas de *Calycophyllum spruceanum* en una plantación en el CIEFOR Puerto Almendra, Loreto, Perú.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

El propósito del estudio fue desarrollar y comparar ecuaciones de potencia para determinar la biomasa epigea (BE) en una selva mediana en San Agustín, Yucatán, México, y cotejarlas con fórmulas preexistentes. Se muestrearon 47 plantas de 18 especímenes con diámetros que oscilan de 2,5 cm y 41,5 cm (Ramírez *et al.*, 2017, p. 3).

Una situación relevante es la cuantificación de la altura de un árbol a partir de su diámetro del pecho (DAP), esto nos conlleva a explicar gran parte de las diferencias en altura, por lo que la variación de sus dimensiones DAP-altura se ha utilizado como un factor clave en el análisis de la dinámica de desarrollo forestal (Zeide y Vanderschaaf, 2002, p. 464).

En un estudio basado en modelos alométricos, el diámetro basal de *Prosopis laevigata* varió entre 5,2 cm y 41,8 cm, abarcando diferentes categorías diamétricas. Se observó que las poblaciones, ubicadas en cuatro estados, presentaban estructuras de dimensiones variadas, aunque similares a los estudios realizados sobre *Prosopis glandulosa* var. *torreyana* (L.D. Benson) (Méndez *et al.*, 2012, p. 62).

En su estudio de investigación en el año 2012, el autor señala que el bosque húmedo de terraza alta mostró el mayor coeficiente de determinación (0,89), mientras que el bosque húmedo de colina baja presentó el menor coeficiente de determinación (0,85) (Villacorta, 2012, p. 75).

1.2. Bases teóricas

La alometría es una técnica que facilita vincular las particularidades físicas o biológicas de los especímenes forestales para conferir su dinámica futura. Esta herramienta ofrece parámetros valiosos para planificación de las investigaciones en sistemas de uso intensivo de recursos naturales (King, 1996, p. 30).

Las medición cuantitativa y cualitativa, en longitud, grosor o el volumen, en función al tiempo de vida del árbol, siguen un patrón representado por una curva logística descrita mediante una ecuación (Ramírez y Zepeda, 1994, p. 12).

La relación entre el DAP y la altura también se ha utilizado para evidenciar que el diámetro crece a una velocidad mayor que la altura durante el desarrollo, (Henry y Aarssen, 1999, p. 93).

En estudios de la velocidad de un proceso biológico de cinco especies arbóreas tropicales, se identificaron patrones asociado con un mayor desarrollo en altura para asegurar espacio en la copa, y otro más relacionado con el desarrollo en diámetro, coberturando más espacio horizontal (Fontes, 1999, p. 84).

En una investigación se analizaron nueve modelos compatibles a partir del diámetro dominante, para integrarlos en un modelo dinámico de desarrollo de la especie en cuestión; también se señala que una estimación precisa de esta relación es crucial, ya que medir la altura es más complicado y costoso que medir el diámetro (Diéguez-Aranda et al., 2005, p. 232).

En bosques con gran variedad de especímenes, los distintos modelos matemáticos pueden simplificarse mediante el conjunto de especies, utilizando indicadores moderados. (Swaine y Whitmore, 1988, p. 84).

"El inventario forestal se trata de obtener información para conocer cómo utilizarlo; es como una radiografía del bosque, un resumen de su estado en un momento determinado" (Israel, 2004, p. 5). "Es imposible pronosticar las relaciones alométricas solo por la longitud de los árboles comerciales y su ubicación en el dosel. Esta variabilidad puede estar supeditada con respuestas variadas al ingreso de luz y con características de posición geográfica" (Alves y Santos, 2002, p. 256).

1.3. Definición de términos básicos

Árboles: Son plantas perennes y leñosas que poseen un fuste y una copa claramente diferenciados (Lindorf et al., 1991, p. 9).

Inventario forestal: Se refiere al conjunto de métodos que proporcionan datos que caracterizan un bosque (Wabo, 2003, p. 18).

Composición florística: Es la lista de especies y familias de árboles comerciales identificadas en la zona de estudio. (Louman, 2001, p. 35).

Modelo alométrico: Son ecuaciones matemáticas que permiten realizar estimaciones a partir de pocas variables que son fáciles de medir (Segura y Andrade, 2008, p. 91).

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

Existe asociación entre Altura & Diámetro; Altura & Amplitud de copa y Diámetro & Amplitud de copa en el crecimiento de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en una plantación del CIEFOR Puerto Almendra, Loreto, Perú

2.2. Variables y su operacionalización

Operacionalidad de las variables

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza.	Indicador	Escala de medición	Medio de verificación
V. Independiente (X)					
Diámetro de las plantas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> “capirona”	Medición del tallo de las plantas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> “capirona”.	Cuantitativa	diámetro del tallo de las plántulas en mm.	Razón	Base de datos del diámetro del tallo
V. Dependiente (Y)					
Altura total y amplitud de copa de las plantas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> “capirona”	Altura total es la longitud de la planta desde el suelo hasta el apice terminal y, amplitud de copa es la longitud de la copa .	Cuantitativa	Altura total y amplitud de copa de las plántulas en cm.	Razón	Base de datos de altura total y amplitud de copa.”

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

El tipo y diseño de la investigación para lograr el objetivo propuesto es Cuantitativo y correlacional, tomando en cuenta que se demostrará la asociación entre tres variables (diámetro, altura y amplitud de copa) en el crecimiento de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en una plantación del CIEFOR – Puerto Almendra – UNAP.

Lugar de ejecución

La plantación de la especie en estudio tiene actualmente 4 años y 2 meses de sembradas (agosto 2016 – información personal del Ing° Segundo Córdova Horna); se ubica en las coordenadas geográficas 3°49'40"LS y 73°22'30"LO, altitud 117 m.s.n.m. (Valderrama, 2002, p. 23) , (ver figura 1 - anexo).

3.2. Diseño muestral

Población y muestra

Para la evaluación se tomó en cuenta como **población** a todas las plantas de la especie *Calycophyllum spruceanum* “capirona” que se encuentran dentro del Proyecto y, como **muestra** se consideró a las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” que fueron elegidas al azar

La fórmula para calcular el tamaño de la muestra representativa fue:

$$n = \frac{(t_c)^2 S^2}{E^2}$$

Donde:

n = número de elementos de la muestra representativa

t_c = valor de la tabla de “t”, con $\alpha = 0,05$

S^2 = Variancia de los datos evaluados

E = Error aceptable y será calculado mediante la siguiente fórmula:

$$E = (t_c) (S_{\bar{x}}).$$

Fuente: Beiguelman (1994, p. 115).

3.3. Procedimiento de recolección de datos

Para la consignación de datos se utilizaron plántulas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” de una plantación del CIEFOR – Puerto Almendra – UNAP teniendo en cuenta la altura total, diámetro y amplitud de copa de la parcela 1 Fajas “C₁” y “H₁” y de la parcela 2 Faja “B”, para lo cual se utilizó el Formato que se muestra en el anexo 2.

Descripción del formato de campo:

Nombre de la especie.- Se identificó con el nombre común o taxonómica a la planta que fue evaluada en el estudio.

Medición del diámetro.- Se realizó a 20 cm del nivel del suelo, utilizando pie de rey (Figura 1).



Figura 1. Medición del diámetro de la planta de *Calycophyllum spruceanum* “capirona”.

Medición de la Altura Total.- Desde la base de la planta y el punto más alto de la yema termina en cm. (Ver figura 2).



Figura 2. Medición de la altura total de la planta de *Calycophyllum spruceanum* “capirona”.

Medición de la Amplitud de copa.- Estuvo comprendida en dos direcciones (la parte más ancha y la parte más angosta) de la copa; se utilizó huincha metálica graduada en centímetros (Ver figura 3).



Figura 3. Medición de la amplitud de copa de planta de *Calycophyllum spruceanum* “capirona”.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

Se utilizaron las variables altura total, diámetro y amplitud de copa de las 44 plantas elegidas al azar de acuerdo al tamaño de la muestra representativa, que no fueron recalzadas durante el tiempo que tiene esta plantación de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” que fue de 4 años y 2 meses de edad ubicada en el CIEFOR – Puerto Almendra – UNAP.

El método de regresión se aplicó con la finalidad de determinar la ecuación de predicción para cada una de las asociaciones estudiadas

Se utilizó la siguiente tabla para evaluar el grado de asociación:

Valor de “П” (+ ó -)	Grado de Relación
1,00	Perfecta
0,75 a < 1,00	Excelente
0,50 a < 0,75	Buena
>0,00 a < 0,50	Regular
0,00	Nula

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

Los modelos alométricos considerados para el estudio fueron:

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	$Y = e^{(b_0 (b_1 / t))}$

Donde: Y = Valor esperado de la variable dependiente; b_0 = Constante; b_1 = Constante; b_2 = Constante; b_3 = Constante; \ln = logaritmo natural; e = Logaritmo neperiano; t = Valor propuesto para la variable independiente; X = Multiplicación; + = Suma.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

A. Asociación diámetro – altura total en las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” – Plantación.

En el cuadro 1 se muestra que el modelo alométrico **cúbico** es el que destaca con $\Pi = 0,869$ este resultado explica que existe **excelente** asociación entre el diámetro y la altura total en las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” ubicadas en bosque purma; así mismo se tiene como resultado $R^2 = 0,756$, es decir el 76% de los diferencias en la altura son atribuidos al diámetro de la planta, por lo tanto existe alta afinidad entre las dos variables evaluadas.

Cuadro 1. Correlación y Coeficiente de determinación por modelo alométrico de la asociación diámetro – altura total

Modelos Alométricos	Π	R^2
Lineal	0,844	0,712
Logarítmico	0,860	0,740
Inverso	0,778	0,605
Cuadrático	0,867	0,752
Cúbico	0,869	0,756
Compuesto	0,787	0,619
Potencia	0,868	0,753
S – curva	0,836	0,699

En la figura 4 se presenta la tendencia de los modelos alométricos probados en esta asociación que fueron 8 dentro de ellos la lineal y 7 curvas.

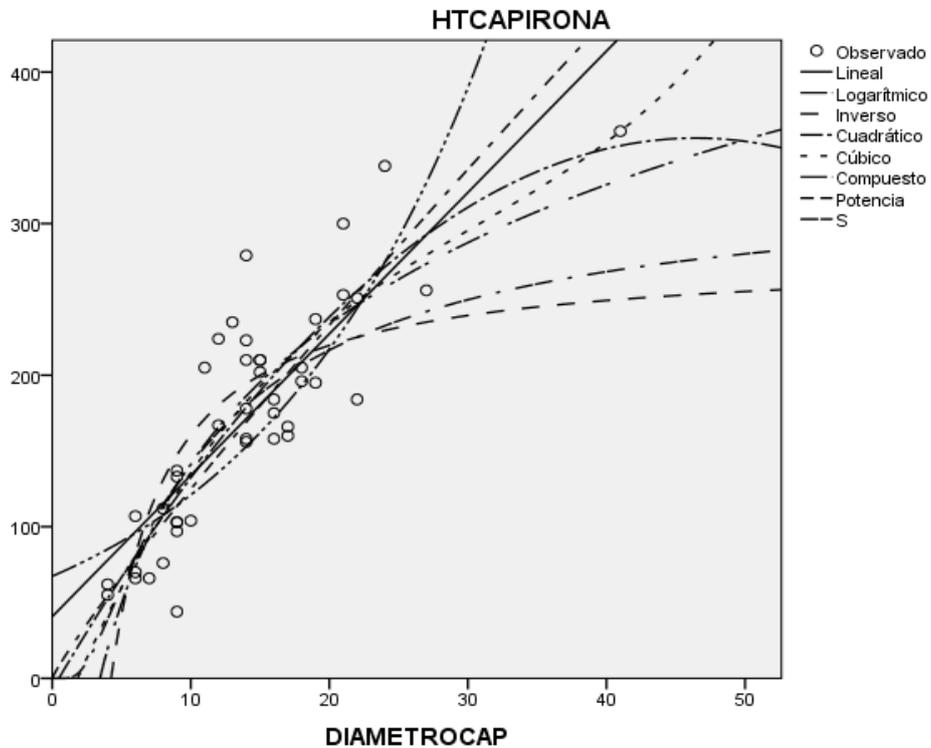


Figura 4. Asociación diámetro – altura total de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en pantación. Todos los modelos alométricos.

Para tener una mejor diagramación de la misma, lo podemos observar en la figura 5.

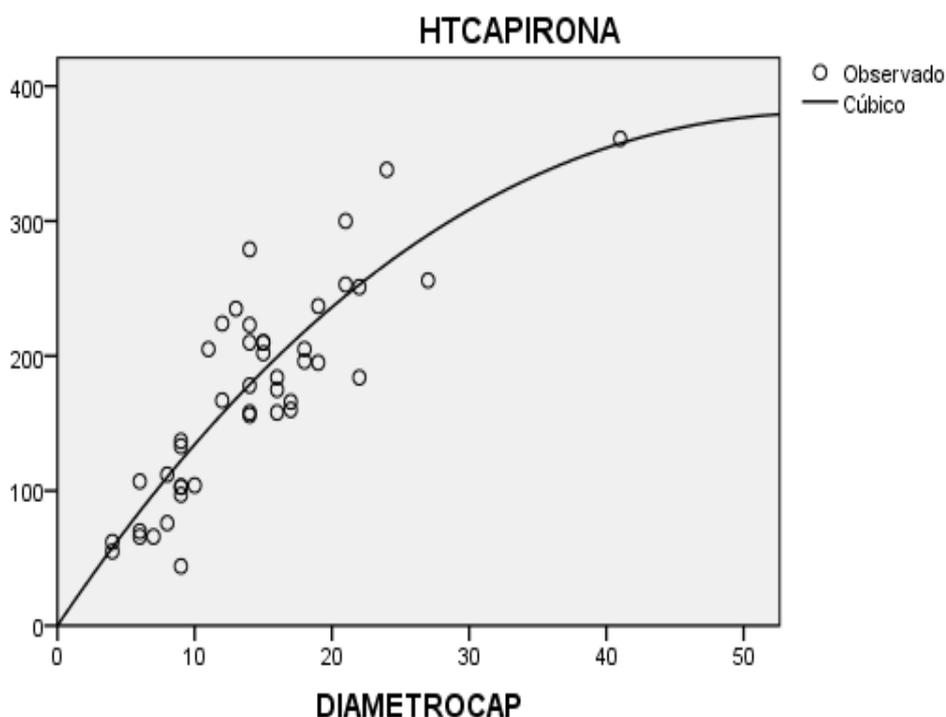


Figura 5. Asociación diámetro – altura total de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en pantación. Modelo alométrico cúbico.

Referente a la ecuación de predicción para la asociación diámetro – altura total de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” esta fue determinada considerando como ecuación base a la del modelo alométrico que más se ajustó a ésta asociación que fue el **cúbico** la misma que se presenta a continuación:

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

Así mismo, a continuación observamos las constantes para la ecuación de la asociación estudiada que fueron obtenidas por medio del programa SPSS versión 23.

	b_0	b_1	b_2	b_3
Cúbico	-39,549	22,534	-0,563	0,006

La ecuación de predicción para la asociación diámetro – altura total de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en plantación está determinado de la siguiente manera:

Cúbico	$Y = -38,549 + (22,534 \times t) + (-0,563 \times t^2) + (0,006 \times t^3)$
---------------	--

B. Asociación diámetro – amplitud de copa en las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” – Plantación.

En el cuadro 2 se presentan los ocho modelos alométricos probados y los valores del coeficiente de correlación (Π) y del coeficiente de determinación (R^2) de cada uno de ellos, analizando los resultados encontramos que en el modelo alométrico **cúbico** se presentó el mayor valor del coeficiente de correlación con $\Pi = 0,520$ por tanto la asociación entre el diámetro y la amplitud de copa presenta grado **Bueno** en las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” de la plantación; similar situación se observó que en el coeficiente de determinación con $R^2 = 0,270$ que representa el 27% de influencia del diámetro de la planta de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en los cambios que se producen en la amplitud de su copa.

Cuadro 2. Correlación y Coeficiente de determinación por modelo alométrico de la asociación diámetro – amplitud de copa

Modelos alométricos	Π	R^2
Lineal	0,424	0,180
Logarítmico	0,313	0,098
Inverso	0,230	0,053
Cuadrático	0,509	0,259
Cúbico	0,520	0,270
Compuesto	0,345	0,119
Potencia	0,259	0,067
S - curva	0,197	0,039

Observando el cuadro 2 se puede notar la presencia de 8 modelos alométricos cuyas tendencias se puede apreciar en la figura 6.

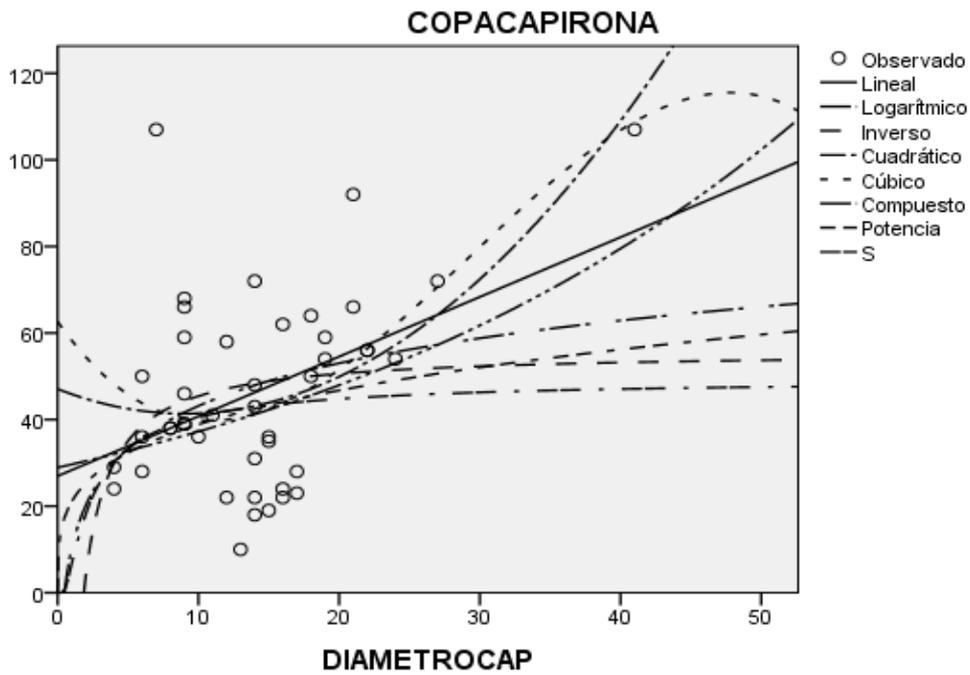


Figura 6. Asociación diámetro – amplitud de copa de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en plantación. Ocho modelos alométricos.

El mejor ajuste en la asociación diámetro – amplitud de copa en las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” de una plantación ubicada en un bosque de purma del CIEFOR Puerto Almendra – FCF –UNAP, se consigna en la figura 7.

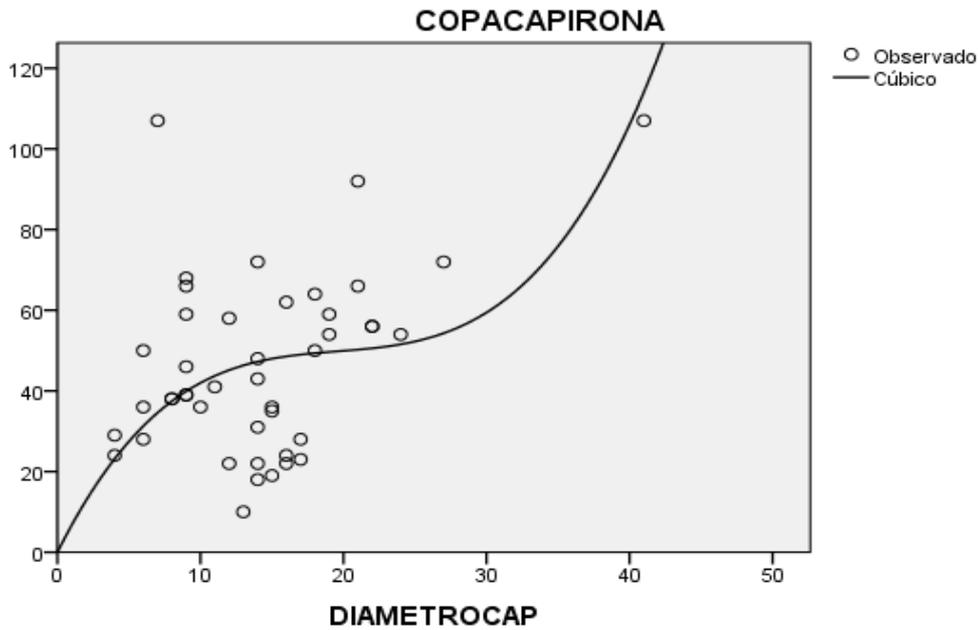


Figura 7. Asociación diámetro – amplitud de copa de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en plantación. Modelos alométricos cúbico.

Con respecto a la ecuación de predicción para la asociación diámetro – amplitud de copa de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” la misma que fue obtenida a partir de la ecuación del modelo alométrico que más se ajustó a la asociación estudiada que fue el **cúbico** la que se presenta a continuación:

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

A continuación se presenta las constantes que sirven para la ecuación de predicción de la asociación evaluada los mismos que fueron calculados por el programa SPSS versión 23.

Cúbico	Constantes			
	b₀	b₁	b₂	b₃
	62,627	-4,604	0,262	-0,003

La ecuación de predicción para la asociación diámetro – altura total de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en plantación está determinado de la siguiente manera:

Cúbico	$Y = 62,627 + (-4,604 \times t) + (0,262 \times t^2) + (-0,003 \times t^3)$
---------------	---

Asociación amplitud de copa – altura total en las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” – Plantación.

En el cuadro 3 se muestran los modelos alométricos probados, observando dicho cuadro notamos que el modelo alométrico **cúbico** fue el que presentó el mayor coeficiente de correlación con $\Pi = 0,483$ lo que demuestra que existe **Regular** grado de asociación entre la amplitud de copa y la altura total en las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en plantación; además se observó que el coeficiente de determinación fue de $R^2 = 0,233$ que representa el 23% de influencia de la amplitud de copa en los cambios que se producen en la altura total en las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” del estudio.

Cuadro 3. Correlación y Coeficiente de determinación por modelo alométrico de la asociación diámetro – amplitud de copa .

Modelos alométricos	Π	R^2
Lineal	0,286	0,082
Logarítmico	0,192	0,037
Inverso	0,055	0,003
Cuadrático	0,315	0,099
Cúbico	0,483	0,233
Compuesto	0,195	0,038
Potencia	0,126	0,016
S-curva	0,000	0,000

La tendencia de los ocho modelos alométricos probados en este estudio se muestran en la figura 8 a continuación:

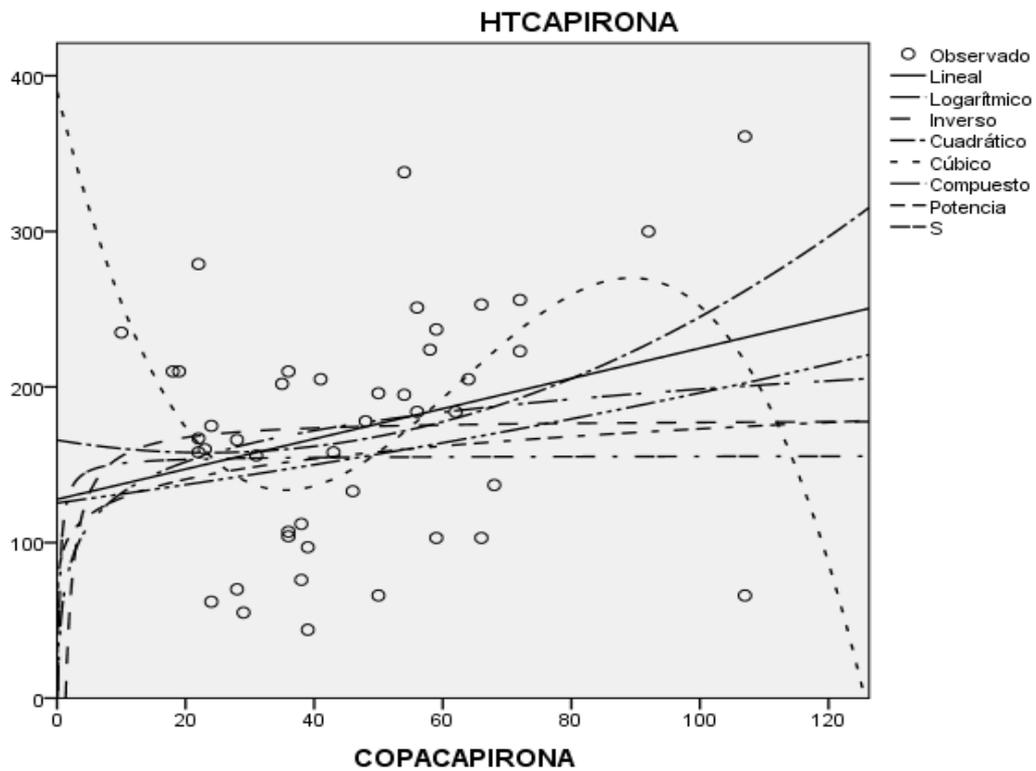


Figura 8. Asociación amplitud de copa – altura total de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en pantación. Ocho modelos alométricos.

El mejor ajuste en la asociación amplitud de copa – altura total en las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” de una plantación del CIEFOR Puerto Almendra – FCF –UNAP, se consigna en la figura 9.

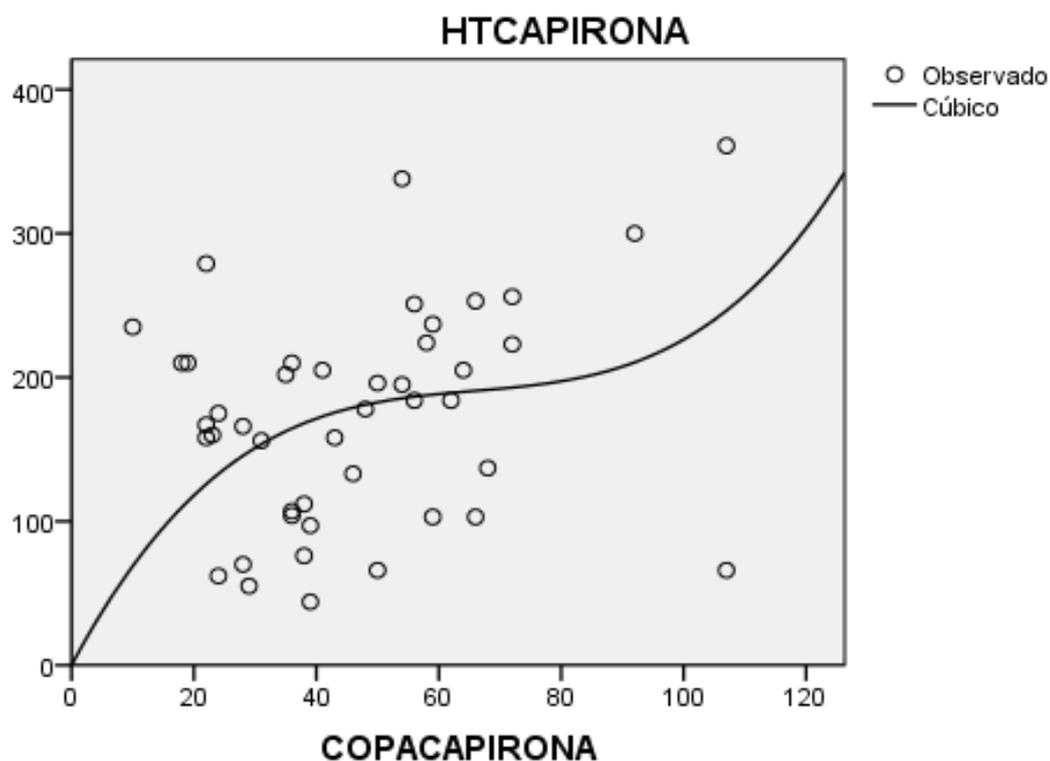


Figura 9. Asociación amplitud de copa – altura total de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en plantación. Modelo alométrico cúbico.

La ecuación de predicción para la asociación amplitud de copa – altura total de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en plantación se definió a partir de la ecuación que se presenta a continuación:

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

También se muestran las constantes para la ecuación de predicción obtenidas por el programa SPSS versión 23.

Cúbico	389,707	-16,628	0,327	-0,002
---------------	---------	---------	-------	--------

La ecuación de predicción para la asociación amplitud de copa – altura total de definió de la siguiente manera:

Cúbico	$Y = 389,707 + (-16,628 \times t) + (0,327 \times t^2) + (-0,002 \times t^3)$
---------------	---

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

A. Asociación diámetro - altura total en plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en plantación.

Entre los resultados obtenidos en esta asociación se observó que el modelo alométrico que mejor ajuste tuvo fue el **cúbico** y de acuerdo al valor obtenido en el coeficiente de correlación que fue de $\Pi = 0,869$ demuestra que el grado de asociación entre las 2 variables evaluadas fue **excelente**; además, según el coeficiente de determinación la afinidad entre ellos es de 76% por tanto la asociación entre el diámetro y la altura total debe ser considerada como muy importante para el manejo de esta especie ya que existe alta afinidad en el crecimiento del diámetro y de la altura total de la planta tal como se puede observar en la figura 5 de los resultados donde se muestra la ecuación de predicción para esta asociación donde se nota que a mayor diámetro de la planta se alcanzará mayor altura total.

B. Relación diámetro – amplitud de copa en plantas de *Calycophyllum spruceanum* “capirona” en plantación.

Según los resultados presentados en la asociación diámetro – amplitud de copa el modelo alométrico de mejor ajuste fue el **cúbico** con coeficiente de correlación de $\Pi = 0,520$ que es el máximo valor el cual indica que el grado de asociación entre las 2 variables evaluadas fue **bueno**; además, según el coeficiente de determinación las variaciones comunes entre las 2 variables es de 27% por tanto la asociación entre el diámetro y la altura total debe ser considerada importante para la propagación de la especie ya que existe bastante afinidad en el crecimiento

del diámetro y la amplitud de copa de la planta tal como se puede observar en la figura 7 de los resultados donde la ecuación de predicción para esta asociación demuestra el comportamiento del crecimiento del diámetro y de la amplitud de copa de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* "capirona".

C. Asociación amplitud de copa - altura total en plantas de *Calycophyllum spruceanum* "capirona" en plantación.

En la evaluación de la asociación amplitud de copa – altura total se observó que el modelo alométrico de mayor ajuste fue el **cúbico** con el máximo valor en el coeficiente de correlación que fue de $r = 0,483$ demostrando que el grado de asociación entre las 2 variables estudiadas fue **Regular**; además, según el coeficiente de determinación con $R^2 = 0,233$ indica que existe 23% de afinidad entre la amplitud de copa y la altura total en las plantas de *Calycophyllum spruceanum* "capirona" por tanto la asociación entre la amplitud de copa y la altura total no es estrecha la afinidad entre ellas para tenerles en cuenta en los planes de manejo forestal; para observar mejor se presenta la figura 9 de los resultados donde se muestra la ecuación de predicción para ésta asociación.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

1. Existe asociación entre el diámetro, altura total y amplitud de copa en las plantas de *Calycophyllum spruceanum* "capirona" en plantación.
2. En las asociaciones diámetro – altura total, diámetro – amplitud de copa y amplitud de copa – altura total se ha determinado como modelo alométrico de mejor ajuste al **cúbico** .
3. El grado de asociación entre las tres variables utilizadas en el estudio fueron diferentes, para diámetro – altura total fue **excelente**, para diámetro – amplitud de copa fue **buena** y para amplitud de copa – altura total fue **regular**.
4. Las variaciones comunes entre las tres asociaciones estudiadas fueron diferentes, de mayor a menor fueron, en diámetro – altura total **76%**, en diámetro – amplitud de copa **27%** y en amplitud de copa – altura total **23%**.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

1. Utilizar el modelo alométrico **cúbico** para las asociaciones diámetro – altura total, diámetro – amplitud de copa y amplitud de copa – altura total en las plantas de *Calycophyllum spruceanum* "capirona" en plantación.
2. Es importante continuar con estos estudios para obtener nuevas experiencias que nos permitan comparar los resultados obtenidos en este estudio y poder finalmente consolidar la ecuación de predicción de cada una de las asociaciones.
3. Se recomienda para nuevos estudios probar diferentes tipos de muestra utilizando clases diamétrica y el azar.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

- Álvarez G. 2008. Modelos alométricos 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 Scientiae en manejo y conservación de bosques naturales y biodiversidad. Turrialba, Costa Rica.
- Alves LF, Santos FA. 2002. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, south-east Brazil. *J. Trop. Ecol.* 18.
- Beiguelman B. 1994. Curso práctico de bioestadística. 3era. Edición. Sociedade Brasileira de genética. Brasil.
- 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.
- Coral R. 1999. Tecnologías matemáticas para el desarrollo de modelos de crecimiento de bosques mixtos e irregulares de Durango, México. Tesis de maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. UANL 162 p.
- Delgado L., Acevedo F., Castellanos H, Ramírez H, Serrano J. 2005. Relaciones alométricas y patrones de crecimiento para especies de árboles de la reserva forestal Imataca. UNEG, Venezuela.

- Diéguez-Aranda. 2005. Relación altura-diámetro generalizada para masas de *Pinus sylvestris* L. procedentes de repoblación en el noroeste de España. *Invest Agrar: Sist Recur For* (2005) 14(2), 229-241.
- Di Rienzo J., Balzarini M., Casanoves F, Tablada L A, Diaz EM, Robledo CW. 2001. Estadística para las ciencias agropecuarias. 4ta. Edición. Cordova Argentina.
- Fontes, L. M. 1999. Padrões alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais. Allometric patterns for tropical pioneer tree species. *Scientia Forestalis*.
- Freese, F. 1970. Métodos Estadísticos Elementales para Técnicos Forestales. Ministerio de Agricultura de EEUU.
- 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
- Gayón, J. 2000. History of the concept of allometry. *Am. Zool.* 40: 748-758.
- Instituto Nacional de Desarrollo (INADE). 2004. Propuesta final de zonificación ecológica económica, sector: Mazan – El Estrecho, Iquitos – Perú. Proyecto Especial Binacional Desarrollo Integral de la Cuenca del río Putumayo (PEDICP).
- Israel G. 2004. Conflict refers to the series of battles between Palestinian militants and the Israel Defense Forces.
- King, DA. 1996. Allometry and life history of tropical trees. *J. Tropical Ecol.* 12.

Lamprecht, H. 1990, Silvicultura en los trópicos; los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Instituto de silvicultura de la universidad de Gottingen – Alemania. Traducido por Antonia Garrido. Gottingen, Alemania.

34

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

Loumam, B., 2001, Bases ecológicas. En: Louman Bastiaan, David Quirós Dávila, y Margarita Nilsoon (editores). Silvicultura de bosques latifoliados con énfasis en América Central. Turrialba - Costa Rica. Serie técnica. Manual técnico/ Catie; N°46.

Mandeville, P. B. 2009. Tamaño de la muestra para modelos lineales. Ciencia UANL, Vol. XII, Núm. 3, julio-septiembre, 2009, pp. 351-355 Universidad Autónoma de Nuevo León México.

Méndez, J.; Turlan, O.; Ríos, J.; Nájera, J. 2012. Ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea de *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v3n13/v3n13a6.pdf>.
[16/11/2020 Hora: 11:13' p.m.](#)

Moscovich, A.; Keller H; Martiarena, R; Fernandez, R, Borhen, A. 2003. Determinación del tamaño óptimo de parcelas para estudios de composición florística de selva y forestaciones de coníferas de la provincia de Misiones, Argentina. Décimas jornadas técnicas forestales y ambientales. Facultad de Ciencias Forestales.

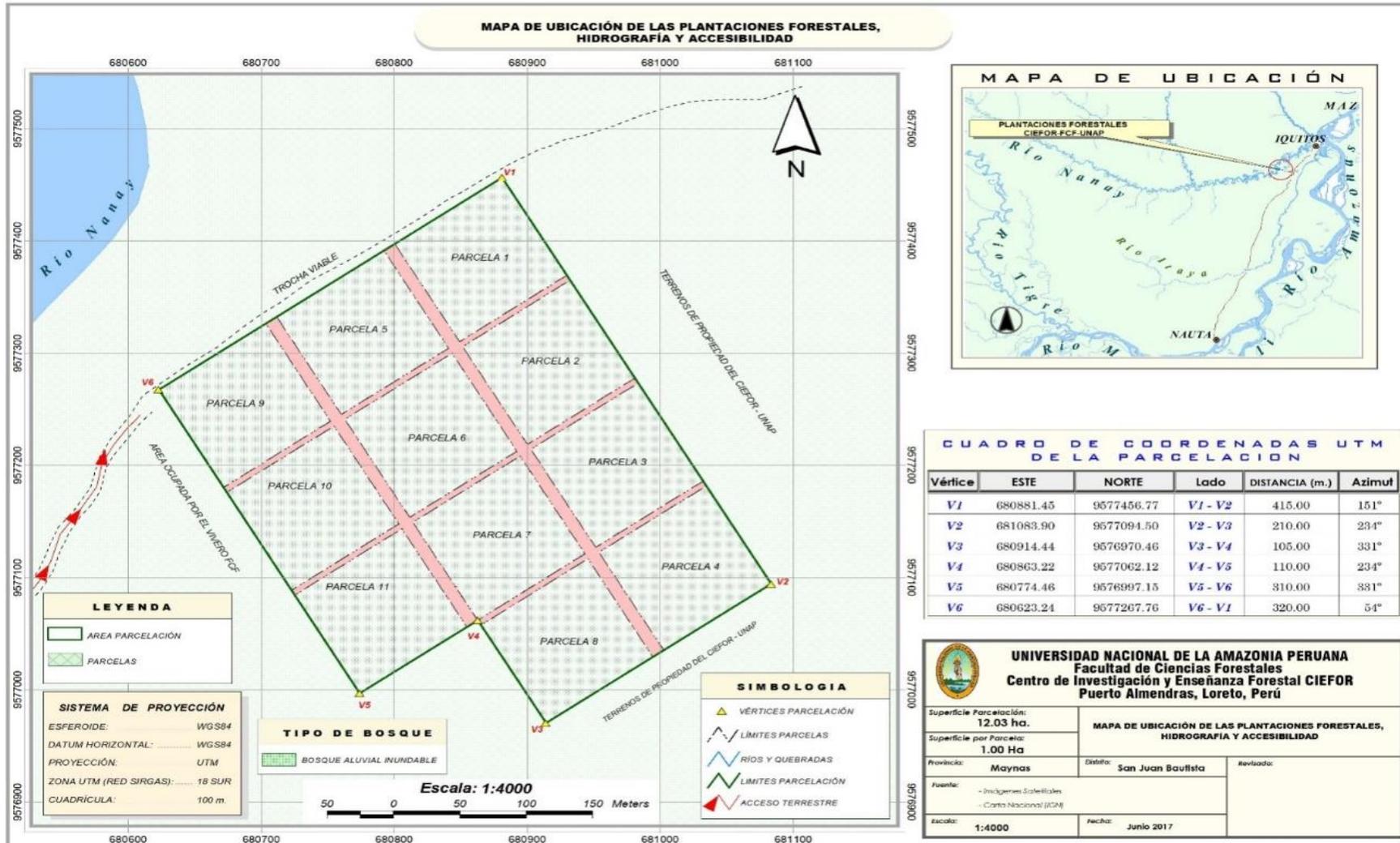
- Ramírez M. H. y Zepeda M. B. 1994. "Rendimientos maderables de especies forestales; actualidades en México". In: IV Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. SF y de FS/INIFAP. México, D.F.
- Ramírez, G.; Dupuy, J.; Ramírez, L.; Solorio, F. 2017. Evaluación de ecuaciones alométricas de biomasa epigea en una selva mediana subcaducifolia de Yucatán. mabosque@inecol.edu.mx. 15/11/2020 Hora: 10:48' p.m.
- Segura M. y Andrade H. 2008. Como construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes. Agroforestería en las Américas N° 46.
- Swaine MD y Whitmore TC. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forest. Vegetation.
- 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.
- Villacorta FM. 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.
- Wabo, E. 2003. Inventarios forestales. Consultor forestal. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

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.

Zeide B, Vanderschaaf C. 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.

ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación del área de estudio.



Anexo 2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

N° Planta	Especie	Diámetro (mm)	Altura total (cm)	Amplitud de copa (cm)	
				1	2
1					
2					
.					
.					
n					

Anexo 3. Constancia de determinación 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 DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA n.º 078-2024 AMAZ-UNAP

El Coordinador del Herbarium Amazonense (AMAZ) del Centro de Investigación de Recursos Naturales (CIRNA), de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

HACE CONSTAR:

Que, la muestra botánica presentada por **BRILLI FRANCESCA CASANOVA ARIAS**, bachiller de la **Escuela Profesional de Ingeniería Forestal** de la **Facultad de Ciencias Forestales** de la **Universidad Nacional de la Amazonía Peruana** pertenece al proyecto de tesis de pre grado titulado **“ASOCIACIÓN ENTRE ALTURA, DIÁMETRO Y AMPLITUD DE COPA EN PLANTAS DE *Calycophyllum spruceanum* “capirona” EN UNA PLANTACIÓN, 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
1	RUBIACEAE	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	(Benth.) Hook. f. ex K. Schum.	“capirona”

Determinador: Ing. Juan Celidonio Ruiz Macedo

A los dos días del mes de setiembre del año dos mil veinticuatro, 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 4. Base de datos

Datos de Altura total (cm) de las plantas de *Calycophyllum spruceanum*

“capirona”.

P1 - Faja "C₁".

Orden	ESPECIE	DIAMETRO DE FUSTE (mm)	ALTURA TOTAL (cm)	DIAMETRO DE COPA (cm)	
				L1	L2
1	Capirona	24	338	94	86
2	capirona	12	224	38	48
3	capirona	9	103	12	11
4	capirona	12	193	30	30
5	capirona	5	67	36	29
6	capirona	13	235	57	49
7	capirona	15	210	29	24
8	capirona	12	179	10	10
9	capirona	9	133	15	17
10	capirona	9	44	28	26
11	capirona	6	107	26	29
12	capirona	15	142	17	19
13	capirona	4	62	23	24
14	capirona	6	66	29	29
15	capirona	6	70	34	33
16	capirona	8	76	20	12
17	capirona	14	131	21	16
18	capirona	14	223	34	39
19	capirona	13	195	27	19
20	capirona	7	66	18	26

P2 - Faja "B"

Orden	ESPECIE	DIAMETRO DE FUSTE (mm)	ALTURA TOTAL (cm)	DIAMETRO DE COPA (cm)	
				L1	L2
1	Capirona	19	195	60	47
2	capirona	21	224	61	54
3	capirona	21	253	62	70
4	capirona	22	251	44	67
5	capirona	11	205	28	54
6	capirona	18	160	10	10
7	capirona	8	114	15	22
8	capirona	12	132	12	13
9	capirona	19	227	41	50
10	capirona	9	97	31	47
11	capirona	10	104	34	37
12	capirona	14	156	35	27
13	capirona	16	175	27	20
14	capirona	18	196	35	64
15	capirona	17	166	34	22
16	capirona	24	157	35	40
17	capirona	22	184	40	72
18	capirona	27	256	74	70
19	capirona	14	279	20	23
20	capirona	41	361	104	110

P1 - Faja "H₁"

Orden	ESPECIE	DIAMETRO DE FUSTE (mm)	ALTURA TOTAL (cm)	Amplitud de Copa (cm)	
				L1	L2
1	Capirona	21	300	73	110
2	capirona	18	205	58	69
3	capirona	16	184	50	74
4	capirona	16	158	25	18
5	capirona	4	55	45	12
6	capirona	14	210	20	16
7	capirona	9	137	50	85
8	capirona	8	112	36	40
9	capirona	15	202	44	25
10	capirona	14	178	54	42
11	capirona	25	310	110	79
12	capirona	17	160	30	16
13	capirona	15	210	31	40
14	capirona	8	108	36	40
15	capirona	12	167	18	25
16	capirona	19	237	34	83
17	capirona	14	158	49	36
18	capirona	9	103	57	60