



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

**TESIS**

**“RELACIÓN DE DOS VARIABLES Y SU PREDICCIÓN EN EL CRECIMIENTO  
DE PLANTAS DE TRES ESPECIES DE LA FAMILIA Burseraceae, PUERTO  
ALMENDRA, LORETO, PERÚ”**

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

PRESENTADO POR:

ELVIS MANUEL FLORES CHANCHARI

ASESOR:

Ing. JORGE ELIAS ALVÁN RUIZ, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2021



**UNAP**

**Facultad de  
Ciencias Forestales**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 953-CTG-FCF-UNAP-2021**

En Iquitos, a los 16 días del mes de junio del 2021, a horas 11:00 am., se dió inicio a la sustentación virtual de la tesis titulada: "RELACIÓN DE DOS VARIABLES Y SU PREDICCIÓN EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE TRES ESPECIES DE LA FAMILIA Burseraceae, PUERTO ALMENDRA, LORETO, PERÚ", aprobada con R.D. N° 020-2019-FCF-UNAP, presentada por el bachiller ELVIS MANUEL FLORES CHANCHARI, 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° 102-2020-FCF-UNAP está integrado por:

Ing. RODIL TELLO ESPINOZA, Dr.	<b>Presidente</b>
Ing. JORGE SOLIGNAC RUIZ, M.Sc.	<b>Miembro</b>
Ing. JOSE LUIS PADILLA CASTRO, M.Sc.	<b>Miembro</b>

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 virtual 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 13:00 horas, se dio por terminado el acto académico.

Ing. JORGE SOLIGNAC RUIZ, M.Sc.  
Miembro

Ing. RODIL TELLO ESPINOZA, Dr.  
Presidente

Ing. JOSE LUIS PADILLA CASTRO, M.Sc.  
Miembro

Ing. JORGE ELIAS ALVAN RUIZ, Dr.  
Aseñor

**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


## TESIS

**“RELACIÓN DE DOS VARIABLES Y SU PREDICCIÓN EN EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS DE  
TRES ESPECIES DE LA FAMILIA BURSERACEAE, PUERTO ALMENDRA, LORETO, PERÚ”.**

Aprobado el día 16 de junio del 2021 según Acta de Sustentación N° 953

  
\_\_\_\_\_  
Ing°. RODIL TELLO ESPINOZA, Dr.  
C.I.P.: 27840  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Ing°. JORGE SOLIGNAC Ruiz, M. Sc.  
C.I.P.: 113740  
Miembro

  
\_\_\_\_\_  
Ing°. JOSE LUIS PADILLA CASTRO, M. Sc.  
C.I.P.:31141  
Miembro

  
\_\_\_\_\_  
Ing°. JORGE ELIAS ALVAN RUIZ, Dr.  
C.I.P.: 28387  
Asesor

## Result of analysis

File: TESIS RESUMEN - ELVIS MANUEL FLORES CHANCHARI.docx

### Statistics

#### Suspicious on the Internet: 13.17%

Percentage of text with expressions found on the internet  $\Delta$

#### Suspicious confirmed: 0%

Confirmed the existence of the sentences in the URLs found  $\Delta$

#### Analyzed text: 81.96%

Percentage of text effectively analyzed (short phrases, special characters, broken text are not parsed).

#### Analysis success: 100%

Percentage of successful searches, indicates the quality of the analysis, bigger is better.

### Most relevant URLs

URL	Occurrences	Similarity
<a href="http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6450/JoneI_Tesis_Titulo_2019.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6450/JoneI_Tesis_Titulo_2019.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>	14	-
<a href="http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/Tallares/6-Criterios-medicion-arbol-en-Pie.pdf">http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/Tallares/6-Criterios-medicion-arbol-en-Pie.pdf</a>	12	-
<a href="https://dialnet.uninaja.es/descarga/articulo/5123200.pdf">https://dialnet.uninaja.es/descarga/articulo/5123200.pdf</a>	11	-
<a href="http://www.fao.org/tempref/Fl/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6707s/x6707s05.htm">http://www.fao.org/tempref/Fl/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6707s/x6707s05.htm</a>	9	-
<a href="https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP_1c67dbbb1c3fa76d69c55a01e782c8a4">https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP_1c67dbbb1c3fa76d69c55a01e782c8a4</a>	9	-
<a href="https://www.redalyc.org/pdf/497/49780101.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/497/49780101.pdf</a>	9	-

### Analysed text

2520315-833755  
iv020000

ivRESUMEN

La tesis se ejecutó en el Arboretum El Huayo - CIEFOR Puerto Almendra FCF - UNAP, distrito de San Juan Bautista, provincia Maynas, región Loreto. El objetivo fue conocer la relación altura total - diámetro en árboles de la familia botánica Burseraceae. En el registro de datos se consideró altura total y diámetro a la altura del pecho (dap) de los árboles de las tres especies elegidas con dap 10 cm. Los resultados indican que las ecuaciones que más se ajustaron a la relación diámetro - altura fueron inversa (*Trattinnickia peruviana* Loes copal) y cúbica (*Protium crassipetalum* Cuatrec. copal blanco y *Protium hebetatum* Daly copal colorado).

La familia botánica Burseraceae, con tres especies evaluadas, presentó en la relación diámetro altura de las plantas entre regular y excelente.

Palabras claves: Relación, familia botánica, especie y variables.

center-790575  
v020000

vABSTRACT

The thesis was executed in the Arboretum "El Huayo" - CIEFOR Puerto Almendra - FCF - UNAP, district of San Juan Bautista, Maynas province, Loreto region. The objective was to know the total height - diameter relationship in trees of the

about:blank

26/12/2019

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar de manera especial a mis padres Alina y Juan por el apoyo incondicional y el sacrificio enorme que me brindaron e hicieron durante mis años de universidad, así mismo a mis hermanos Jairo, Bill, Pedro y Milagros, por que formaron parte de ese sacrificio aportando siempre con su granito de arena en las necesidades del hogar.

También quiero dedicar de manera muy especial a todas esas personas que formaron parte de esa hermosa experiencia universitaria, docentes, amigos, compañeros. A Dios, porque sus planes hacia mi persona siempre fueron perfectos, creo cada lazo, cada vínculo, cada soporte para poder convertirme en la persona que hoy soy.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento especial al Dr. Jorge Elías Alván Ruiz por el asesoramiento brindado durante la ejecución de la tesis, a todos los docentes que formaron parte de la enseñanza adquirida durante los años de universidad y que hasta el día de hoy sigo aprendiente de ellos. Al Ing. David Urquiza Muñoz por la amistad que se mantiene a través de la distancia y que perdura en el tiempo.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACION	ii
JURADO Y ASESOR	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPITULO I: MARCO TEÓRICO</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedentes	3
1.2. Bases teóricas	3
1.3. Definición de términos básicos	5
<b>CAPITULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES</b>	<b>6</b>
2.1. Formulación de la hipótesis	6
2.2. Variables y su operacionalización	6
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA</b>	<b>8</b>
3.1. Diseño metodológico	8
3.2. Diseño muestral	8
3.3. Procedimiento de recolección de datos	9
3.4. Procesamiento y análisis de datos	10

<b>CAPITULO IV: RESULTADOS</b>	12
<b>CAPITULO V: DISCUSIÓN</b>	18
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES</b>	21
<b>CAPITULO VII: RECOMENDACIONES</b>	22
<b>CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	23
<b>ANEXO</b>	26



## ÍNDICE DE CUADROS

N°	Título	Pág.
1	Ecuaciones aplicadas a la relación altura total - diámetro en las plantas de <i>Trattinnickia peruviana</i> Loes "copal".	12
2.	Parámetros de la ecuación Inversa de la relación diámetro – altura total de las plantas de <i>Trattinnickia peruviana</i> Loes "copal"	13
3.	Ecuaciones alométricas aplicadas a la relación diámetro – altura total de las plantas de <i>Protium crassipetalum</i> Cuatrec. "copal blanco".	14
4	Parámetros de la ecuación cúbica de la relación diámetro – altura total de las plantas de <i>Protium crassipetalum</i> Cuatrec. "copal blanco".	15
5	Modelos alométricos aplicados a la relación diámetro – altura total De las plantas de <i>Protium hebetatum</i> Daly "copal colorado".	16
6	Parámetros de la ecuación cúbica de la relación diámetro – altura total de las plantas de <i>Protium hebetatum</i> Daly "copal colorado".	17

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>N°</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
1	Medición del diámetro del árbol evaluado	9
2	Medición de la altura total de los árboles evaluados.	10
3	Relación altura total – diámetro total en las plantas de <i>Trattinnickia peruviana</i> Loes “copal”.	13
4	Relación diámetro – altura total de las plantas de <i>Protium crassipetalum</i> Cuatrec. ”copal blanco”.	15
5	Relación diámetro – altura total de las plantas de <i>Protium hebetatum</i> Daly “copal colorado”.	17
6	Mapa de ubicación del área de estudio.	28

**“RELACIÓN DE DOS VARIABLES Y SU PREDICCIÓN EN EL  
CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRES ESPECIES DE LA FAMILIA  
BURSERACEAE, PUERTO ALMENDRA, LORETO, PERÚ”.**

**RESUMEN**

La tesis se ejecutó en el Arboretum “El Huayo” - CIEFOR Puerto Almendra – FCF - UNAP, distrito de San Juan Bautista, provincia Maynas, región Loreto. El objetivo fue conocer la relación altura total - diámetro en árboles de la familia botánica Burseraceae. En el registro de datos se consideró altura total y diámetro a la altura del pecho (dap) de los árboles de las tres especies elegidas con  $\text{dap} \geq 10$  cm. Los resultados indican que los modelos alométrico que más se ajustaron a la relación diámetro – altura total fueron la **inversa** en *Trattinnickia peruviana* Loes “copal” y **cúbica** en las especies *Protium crassipetalum* Cuatrec. “copal blanco” y *Protium hebetatum* Daly “copal colorado”.

Las tres especies forestales de la familia botánica Burseraceae evaluadas presentaron relación diámetro – altura total entre **regular** y **excelente**.

**Palabras claves:** Relación, familia botánica, especie y variables.

**“RELACIÓN DE DOS VARIABLES Y SU PREDICCIÓN EN EL CRECIMIENTO  
DE LAS PLANTAS DE TRES ESPECIES DE LA FAMILIA  
BURSERACEAE, PUERTO ALMENDRA, LORETO, PERÚ”.**

**ABSTRACT**

The thesis was executed at the Arboretum "El Huayo" - CIEFOR Puerto Almendra - FCF - UNAP, San Juan Bautista district, Maynas province, Loreto region. The objective was to know the total height - diameter relationship in trees of the botanical family Burseraceae. In the data recording, the total height and diameter at breast height (dbh) of the trees of the three chosen species with dbh  $\geq$  10 cm were considered. The results indicate that the allometric models that best adjusted to the diameter-total height relationship were the inverse in *Trattinnickia peruviana* Loes "copal" and cubic in the *Protium crassipetalum* Cuatrec "White copal" and *Protium hebetatum* Daly "red copal" species.

The three forest species of the botanical family Burseraceae evaluated presented a diameter-total height relationship between fair and excellent.

**Keywords:** Relationship, botanical family, species and variables.

## INTRODUCCIÓN

Aún existe escasa información de los recursos naturales de la amazonia peruana, el mismo que hace necesario realizar estudios de los bosques para que sirva de guía para el uso sostenible, esto es posiblemente por la complejidad del bosque tropical en su composición florística que dificulta enormemente las acciones de evaluación y aprovechamiento forestal (INADE, 2004, p. 222).

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; este resultado permite 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. 5).

El empleo de los modelos matemáticos para la estimación de la relación diámetro y altura comercial de las especies comerciales, son muy escasos 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 (Alves y Santos, 2002, p. 254).

Al estudiar los patrones alométricos en cinco especies arbóreas pioneras tropicales, se encontró 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. 54).

En el estudio se determinó la relación entre las variables altura total y diámetro de las plantas de tres especies de la Familia Botánica Burseraceae del Arboretum “El

Huayo” con  $dap \geq 10$  cm. La obtención de los nuevos conocimientos sobre la Alometría en la relación de la altura total y diámetro de las plantas de las tres especies de la Familia Botánica Burseraceae hará posible mejorar la información existente sobre el comportamiento de estas variables en el crecimiento de estas plantas en el bosque de terraza media en la amazonia peruana que será útil en los planes de manejo de nuestros bosques.

El objetivo fue definir la relación entre la altura total y el diámetro, así como la predicción de esta relación en el crecimiento de las plantas de *Trattinnickia peruviana* Loes “copal”; *Protium crassipetalum* Cuatrec. “copal blanco” y *Protium hebetatum* Daly “copal colorado” del bosque de terraza media del Arboretum “El Huayo”.

## **CAPITULO I. MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Antecedentes**

La relación altura - diámetro ha sido también empleada para demostrar que el diámetro se incrementa a una tasa más rápida que la altura durante el crecimiento, como lo predicho por los modelos biomecánicos (Henry y Aarssen, 1999, p. 31).

Mediante un estudio se encontró que 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 dependientes de respuestas diferentes a la disponibilidad de luz y rasgos demográficos (Alves y Santos, 2002, p. 122).

### **1.2. Bases teóricas**

El inventario forestal es un instrumento de planificación, pues ofrece datos estadísticos cuantitativos y distribución de los individuos vegetales, como también la caracterización de la población vegetal y la evaluación de la diversidad biológica (Moscovich *et al.* 2003, p. 5).

El Inventario Forestal, es un procedimiento útil para obtener información necesaria para la toma de decisiones sobre el manejo y aprovechamiento forestal (Orozco y Brumer, 2002, p. 45).

Las masas irregulares al envejecer en cada uno de los pequeños grupos uniformes disminuyen el número de árboles, al principio rápidamente y luego más despacio, puede llegar el momento en que de un grupo inicial de un centenar de individuos, no sobrevivirá más que uno (Hawley y Smith, 1972, p. 358). Si un

bosque no es absolutamente de la misma edad, en su fase de plantitas hay miles de aquellos por ha, a medida que los arbolitos van aumentando de tamaño compiten unas con otras cada vez con mayor intensidad para conseguir luz y humedad hasta que llega el momento en que los individuos más débiles mueren suprimidos por sus vecinos más robustos; de la lucha continúa durante toda la vida el resultado es que el número de árboles por ha disminuye muchísimo hasta que en la madurez queda a menudo menos del 1% de los árboles que había al comienzo (Burga, 1993, p. 14).

La alometría es una herramienta que permite relacionar características físicas o biológicas de las especies forestales para predecir su comportamiento en el futuro; esta técnica permite obtener parámetros de interés para investigadores y planificadores de sistemas de aprovechamiento intensivo de los recursos naturales (King, 1996, p. 31).

Los modelos alométricos pueden ser evaluados por el coeficiente de determinación ( $R^2$ ); el coeficiente de determinación se interpreta como la proporción de la variabilidad total en Y explicable por la variación de la variable independiente o la proporción de la variabilidad total explicada por el modelo (Di Rienzo *et al.* 2001, p. 180).

Las variables dasométricas como la altura, el diámetro o el volumen, como una función de la edad del árbol, es una relación que sigue un patrón que puede ser representada por una curva logística, que a su vez es descrita por una ecuación (Ramírez y Zepeda, 1994, p. 11).



### 1.3. Definición de términos básicos

**Alometría:** Se refiere al crecimiento diferencial de una parte de un organismo en relación al organismo completo o una parte de él (Jakes, 2013, p. 9).

**Bosque:** Es toda área cubierta de árboles sean o no reproductivos. En su condición natural o en plantaciones (Malleux, 1982, p. 386).

**Inventario forestal:** Se define como el conjunto de procedimientos destinado a proveer información cualitativa y cuantitativa de un bosque (Wabo, 2003, p. 19).

**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).

**Muestreo:** Se conceptualiza como elegir y obtener muestras representativas de las características de los integrantes de una población (Malleux, 1982, p. 248).

## CAPITULO II. HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 2.1. Formulación de la hipótesis

Existe relación entre la altura total y el diámetro en las plantas de las tres especies de la familia botánica Burseraceae en el bosque de terraza media del Arboretum “El Huayo”.

Es posible predecir el comportamiento de la altura total y el diámetro en las plantas de las tres especies de la familia botánica Burseraceae del bosque de terraza media del Arboretum “El Huayo”.

### 2.2. Variables y su operacionalización

En este estudio se plantea como variable independiente (X) a la altura total y como variable dependiente (Y) al diámetro a la altura del pecho (DAP) de las plantas de  $\geq 10$ cm de DAP de las especies *Trattinnickia peruviana* Loes “copal”; *Protium crassipetalum* Cuatrec. “copal blanco”; *Protium hebetatum* Daly “copal colorado” del bosque de terraza media del Arboretum “El Huayo”, los indicadores serán las mediciones de altura total y el DAP; como índices tendremos al metro y el centímetro.

## Operacionalidad de las variables.

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza.	Indicador	Escala de medición	Medio de verificación
<b>V. Independiente (X)</b>					
Altura total de las plantas $\geq 10$ cm de dap, de tres especies de la familia botánica Burseraceae del bosque de terraza media del Arboretum "El Huayo".	Medición de la altura total de los árboles seleccionados.	Cuantitativa	Altura total de los árboles en metros.	Nominal	Lista de datos de altura total en metros.
<b>V. Dependiente (Y)</b>					
Diámetro de los árboles $\geq 10$ cm de tres especies de la familia botánica Burseraceae del bosque de terraza media del Arboretum "El Huayo".	Medición del diámetro de los árboles seleccionados.	Cuantitativa	Diámetro de los árboles en centímetros.	Nominal	Lista de datos de diámetro en centímetros.

## CAPITULO III. METODOLOGÍA

### 3.1. Diseño metodológico

Para alcanzar el objetivo propuesto en este estudio se aplicará el tipo y diseño cuantitativo y analítico, teniendo en cuenta que se va demostrar la relación entre dos variables en el crecimiento de las plantas de tres especies forestales de la familia botánica Burseraceae.

#### Lugar de ejecución

Según Valderrama (2002, p. 14), el área de estudio está localizada en el Arboretum “El Huayo” con coordenadas geográficas 04° 05´ L.S y 73° 40´ L.O., altitud 120 m.s.n.m. y, políticamente se ubica en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, región Loreto (ver figura 1 - anexo).

#### Accesibilidad

El Arboretum “El Huayo” es accesible por dos medios desde la ciudad de Iquitos, uno por vía fluvial a través del río Nanay aproximadamente 45 minutos de viaje en bote deslizador y otro por vía terrestre utilizando la carretera Iquitos-Nauta hasta el caserío Quistococha, luego se utiliza una carretera afirmada de aproximadamente 4 km para llegar al lugar del estudio.

### 3.2 Diseño muestral

#### Población y muestra

Para la evaluación se utilizará como **población** a todas las plantas de la familia botánica Burseraceae del bosque de terraza media del Arboretum “El Huayo” y, como **muestra** se tendrá a las plantas con DAP  $\geq$  10 cm de las especies *Trattinnickia peruviana* Loes “copal”; *Protium crassipetalum* Cuatrec. ”copal

blanco”; *Protium hebetatum* Daly “copal colorado” de la familia botánica Burseraceae.

### 3.3 Procedimiento de recolección de datos

Para el registro de datos se utilizó las plantas que corresponden a las especies *Trattinnickia peruviana* Loes “copal”; *Protium crassipetalum* Cuatrec. “copal blanco” y *Protium hebetatum* Daly “copal colorado” de la familia botánica Burseraceae con DAP  $\geq 10$  cm, para ello se utilizó el Formato que se encuentra en el anexo.:

#### Descripción del formato de campo:

**Nombre de la Familia Botánica.**- Se colocó el nombre de la familia botánica.

**Nombre de la especie.**- Se identificaron a las plantas de las tres especies elegidas, por el nombre común y/o taxonómico, de acuerdo a la base de datos del Arboretum “El Huayo”.

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



**Figura 1.** Medición del diámetro del árbol evaluado.

**Medición de la altura total.**- Comprendió desde el nivel del suelo y el punto más alto de la copa, esta medición se efectuó con aproximación al metro; se utilizó clinómetro.



**Figura 2.** Medición de la altura total de los árboles evaluados.

### 3.4 Procesamiento y análisis de datos

Se tuvo en cuenta la altura total y diámetro a la altura del pecho (DAP) de cada una de las plantas de las especies *Trattinnickia peruviana* Loes "copal"; *Protium crassipetalum* Cuatrec. "copal blanco"; *Protium hebetatum* Daly "copal colorado" con DAP  $\geq 10$  cm; se efectuó la siguiente comparación Altura total & Dap; el análisis fue tanto a nivel de especie y a nivel general para la familia botánica. Se probaron los modelos alométricos Lineal, Logarítmica, Inversa, Cuadrática, Cubica, Compuesta, Potencia, S-Curva, Crecimiento, Exponencial y Logística para definir la existencia de la relación entre las dos variables; así mismo se muestra en el siguiente cuadro a los modelos alométricos y su ecuación:

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	$Y = e^{(b_0 \times (b_1/t))}$
9	CRECIMIENTO	$Y = e^{(b_0 \times (b_1 \times t))}$
10	EXPONENCIAL	$Y = b_0 \times (e^{(b_1 \times t)})$
11	LOGISTICA	$Y = 1 / (1/u + b_0 \times (b_1^t))$

Fuente: Programa 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;  $t$  = Valor propuesto de la variable independiente.

La correlación se aplicó para determinar el grado de relación entre las dos variables, para ello fue necesario utilizar la siguiente tabla:

Valor de “ $\pi$ ” (+ 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

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

Y, el coeficiente de determinación fue para demostrar cuanto es la participación de la variable independiente (altura total) en las variaciones de la variable dependiente (diámetro) y, la regresión se utilizó para definir la ecuación que más se ajuste a los datos evaluados, (Beiguelman, 1994, p. 184). Los cálculos se realizaron por medio del programa estadístico Excel y SPSS 23.

## CAPITULO IV. RESULTADOS

### a. Relación altura total - diámetro en las plantas de *Trattinnickia peruviana* Loes “copal”.

Las ecuaciones alométricas que se emplearon en la evaluación de la relación altura total y diámetro de las plantas de *Trattinnickia peruviana* Loes “copal” se muestran en el cuadro 1 donde se observa que la ecuación que más se ajusta a ésta relación es la del modelo **INVERSO** donde se observa el mayor coeficiente de correlación  $\Pi = 0,635$  y coeficiente de determinación  $\Pi^2 = 0,403$ , o sea que el 40,3% de los cambios producidos en la altura total se atribuye al diámetro de la planta.

**Cuadro 1.** Ecuaciones aplicadas a la relación altura total - diámetro en las plantas de *Trattinnickia peruviana* Loes “copal”.

Ecuación	$\Pi$	$\Pi^2$
Lineal	0,591	0,349
Logarítmica	0,626	0,392
Inversa	0,635	0,403
Cuadrático	0,628	0,395
Cúbico	0,628	0,395
Compuesto	0,556	0,309
Potencia	0,601	0,361
S - Curva	0,621	0,386
Crecimiento	0,556	0,309
Exponencial	0,556	0,309
Logística	0,556	0,309

En el cuadro 2 se observa los valores de las estimativas de los parámetros de la ecuación Inversa de la relación diámetro – altura total de las plantas de *Trattinnickia peruviana* Loes “copal”.



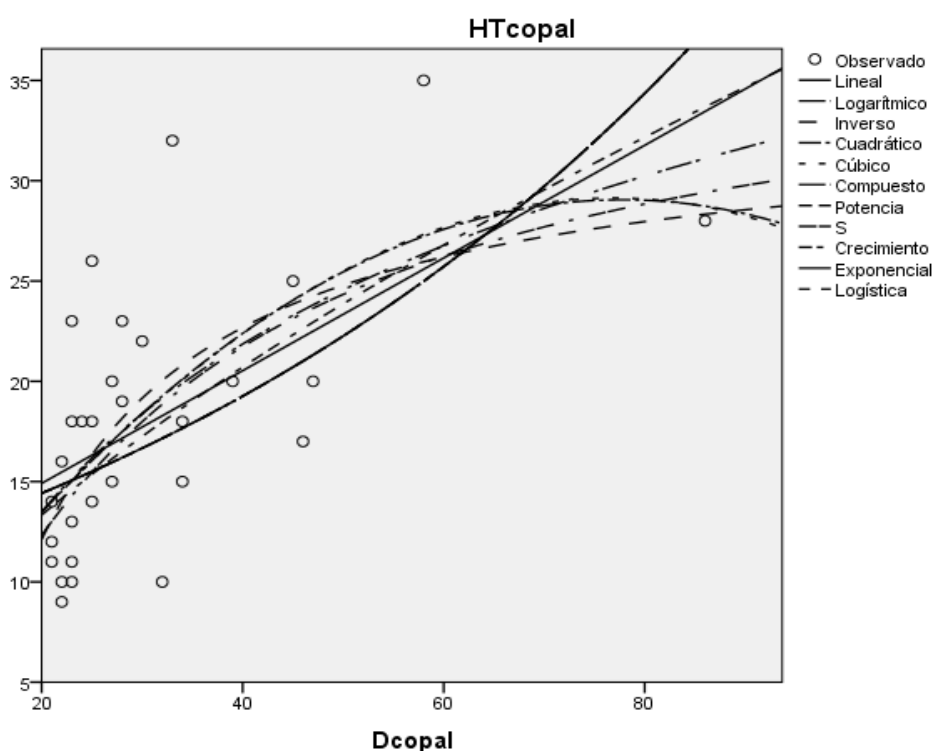
**Cuadro 2.** Parámetros de la ecuación Inversa de la relación diámetro – altura total de las plantas de *Trattinnickia peruviana* Loes “copal”.

Ecuación	Estimaciones de parámetro	
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>
Inverso	33,246	-422,724

Ecuación de predicción:

$$Y = 33,246 + (- 422,724 \times t)$$

También, se presenta la figura 3 donde se muestra la tendencia de la ecuación inversa de la relación altura total - diámetro de las plantas de *Trattinnickia peruviana* Loes “copal”.



**Figura 3.** Relación altura total – diámetro total en las plantas de *Trattinnickia peruviana* Loes “copal”.

**b. Relación del diámetro - altura total de las plantas de *Protium crassipetalum* Cuatrec. "copal blanco".**

Los modelos alométricos considerados en la evaluación de la relación diámetro - altura total de las plantas de *Protium crassipetalum* Cuatrec. "copal blanco" se muestran en el cuadro 3 que la ecuación que más se ajusta a ésta relación es la del modelo **cúbico** donde se observa el mayor coeficiente de correlación  $\Pi = 0,787$  y coeficiente de determinación  $\Pi^2 = 0,619$ , o sea que el 61,9% de los cambios producidos en la altura total de las plantas se atribuye al diámetro.

**Cuadro 3:** Ecuaciones alométricas aplicadas a la relación diámetro – altura total de las plantas de *Protium crassipetalum* Cuatrec. "copal blanco".

<b>Ecuación</b>	<b><math>\Pi</math></b>	<b><math>\Pi^2</math></b>
Lineal	0,758	0,574
Logarítmica	0,773	0,597
Inversa	0,764	0,584
Cuadrático	0,766	0,587
<b>Cúbico</b>	<b>0,787</b>	<b>0,619</b>
Compuesto	0,706	0,498
Potencia	0,749	0,561
S	0,765	0,585
Crecimiento	0,706	0,498
Exponencial	0,706	0,498
Logística	0,706	0,498

En el cuadro 4 se presenta los valores de las estimativas de los parámetros de la ecuación cúbica de la relación diámetro – altura total de las plantas de *Protium crassipetalum* Cuatrec. "copal blanco".

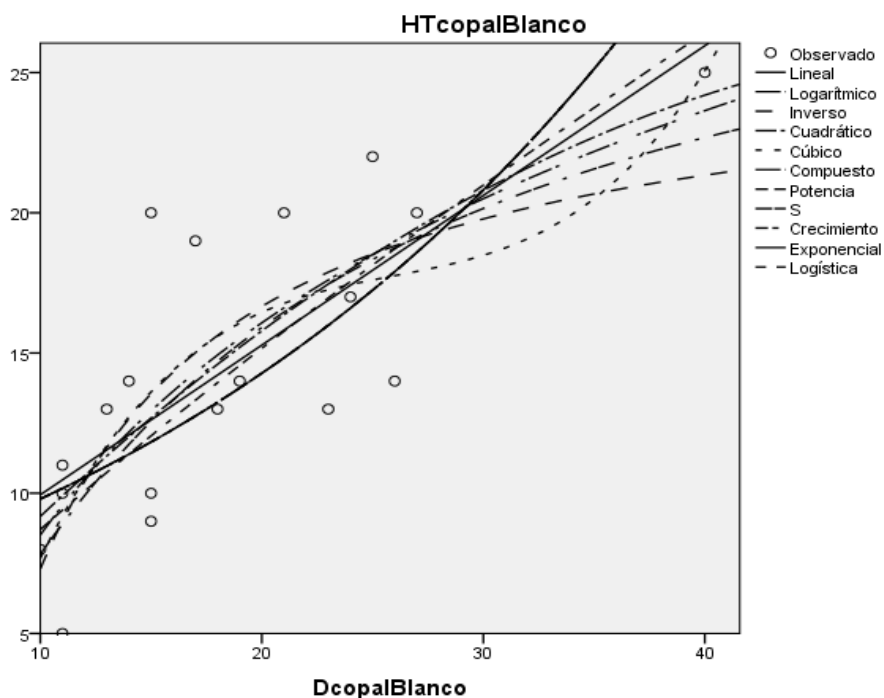
**Cuadro 4.** Parámetros de la ecuación cúbica de la relación diámetro – altura total de las plantas de *Protium crassipetalum* Cuatrec. "copal blanco"..

Ecuación	Estimaciones de parámetro			
	Constante	b1	b2	b3
Cúbico	-19,096	3,955	-0,146	0,002

Ecuación de predicción:

$$Y = -19,096 + (3,955 \times t) + (-0,146 \times t^2) + (0,002 \times t^3)$$

Así mismo, se presenta la figura 4 donde se observa la tendencia cúbica de la relación diámetro - altura total de las plantas de *Protium crassipetalum* Cuatrec. "copal blanco".



**Figura 4.** Relación diámetro – altura total de las plantas de *Protium crassipetalum* Cuatrec. "copal blanco".

**c. Relación diámetro - altura total de las plantas de *Protium hebetatum* Daly “copal colorado”.**

Las ecuaciones utilizados en la evaluación de la relación diámetro – altura total de las plantas de *Protium hebetatum* Daly “copal colorado” se indican en el cuadro 5 donde se observa que 5a ecuación que más se ajusta a ésta relación es la **cúbica** con el mayor coeficiente de correlación  $\Pi = 0,401$  y coeficiente de determinación  $\Pi^2 = 0,161$ , o sea que el 16,1% de los cambios producidos en la altura total se atribuye al diámetro de las plantas de *Protium hebetatum* Daly “copal colorado”.

**Cuadro 5:** Modelos alométricos aplicados a la relación diámetro – altura total de las plantas de *Protium hebetatum* Daly “copal colorado”.

<b>Ecuación</b>	<b><math>\Pi</math></b>	<b><math>\Pi^2</math></b>
Lineal	0,377	0,142
Logarítmica	0,362	0,131
Inversa	0,339	0,115
Cuadrático	0,378	0,143
<b>Cúbico</b>	<b>0,401</b>	<b>0,161</b>
Compuesto	0,387	0,158
Potencia	0,386	0,149
S - cURVA	0,366	0,134
Crecimiento	0,387	0,158
Exponencial	0,387	0,158
Logística	0,387	0,158

En el siguiente cuadro 6 se presentan las estimativas de los parámetros con sus respectivos valores de la ecuación cúbica que es la que más se ajusta a la relación diámetro – altura total de las plantas de *Protium hebetatum* Daly “copal colorado”.

**Cuadro 6.** Parámetros de la ecuación cúbica de la relación diámetro – altura total de las plantas de *Protium hebetatum* Daly “copal colorado”.

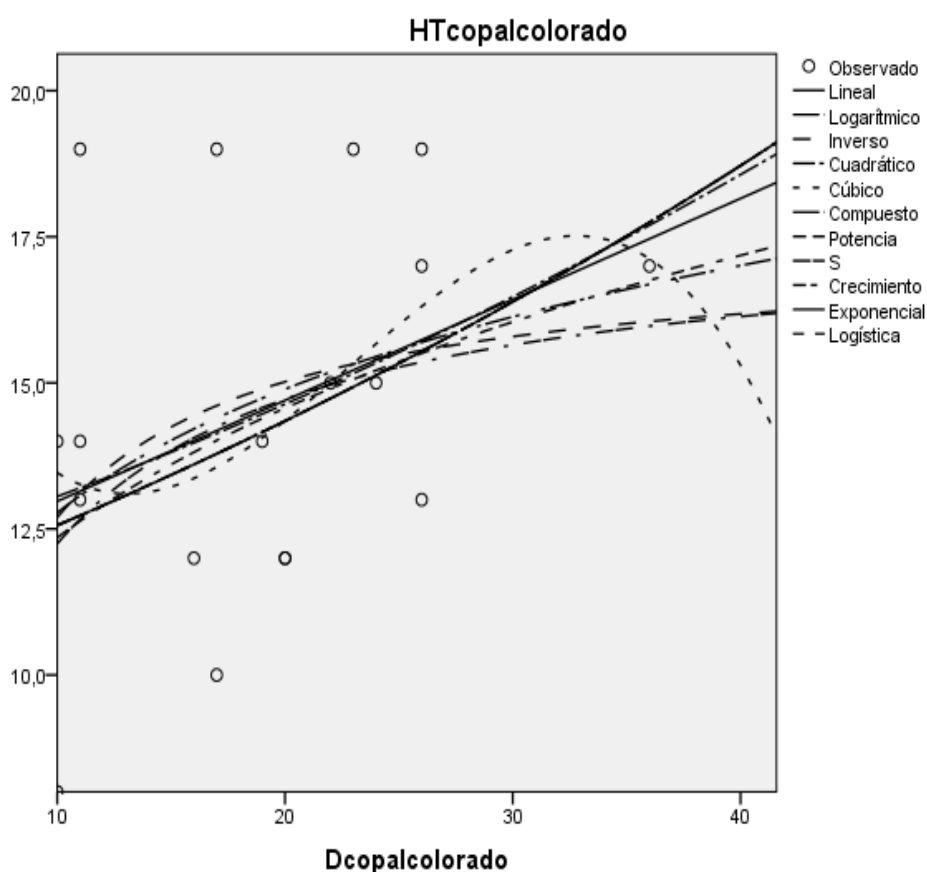
Ecuación	Estimaciones de parámetro			
	Constante	b1	b2	b3
Cúbico	21,525	-1,485	0,079	-0,001

La ecuación de predicción para la altura diámetro es:

$$Y = 21,525 + (-1,485 \times t) + (0,079 \times t^2) + (-0,001 \times t^3)$$

relación total -

En la figura 5 se muestra la tendencia de la ecuación cúbica de la relación diámetro – altura total de las plantas de *Protium hebetatum* Daly “copal colorado”.



**Figura 5.** Relación diámetro – altura total de las plantas de *Protium hebetatum* Daly “copal colorado”.

## CAPITULO V. DISCUSIÓN

### Relación altura total - diámetro de tres especies forestales de la Familia botánica Burseraceae.

#### 1. *Trattinnickia peruviana* Loes “copal”

En los cuadros 1 y 2 se observan los resultados de la relación diámetro - altura total donde se nota que el modelo alométrico que más se ajusta a esta relación fue la **Inversa** que presenta el mayor coeficiente de correlación  $\Pi = 0,635$  que indica buena relación entre la altura total y el diámetro en las plantas de *Trattinnickia peruviana* Loes “copal”; el coeficiente de determinación que tiene como valor  $\Pi^2 = 0,403$  explica que el 40,3% de los cambios que se producen en la altura total de las plantas se atribuye al comportamiento del diámetro.

#### 2. *Protium crassipetalum* Cuatrec. “copal blanco”.

Los resultados de la relación altura total – diámetro se muestran en los cuadros 3 y 4 donde se observa que la ecuación que más se ajusta a esta relación fue la **cúbica** que presenta el mayor coeficiente de correlación  $\Pi = 0,787$  que indica excelente relación entre altura total - diámetro en las plantas de *Protium crassipetalum* Cuatrec. “copal blanco”; además el coeficiente de determinación presentó el valor  $\Pi^2 = 0,619$  mediante el cual se define que el 61,9% de las variaciones que ocurren en la altura total de las plantas se atribuye al diámetro.

#### 3. *Protium hebetatum* Daly “copal colorado”

La relación altura total – diámetro de las plantas de *Protium hebetatum* Daly “copal colorado” se muestran en los cuadros 5 y 6 donde se nota que la ecuación que más se ajusta a esta relación fue la **cúbica** siendo el valor del coeficiente de

correlación  $r = 0,401$  por tanto, la relación entre altura total – diámetro fue regular en las plantas de *Protium hebetatum* Daly “copal colorado”; el coeficiente de determinación presentó el valor  $r^2 = 0,161$  donde se demuestra que el 16,1% de los cambios que se producen en la altura total de las plantas se atribuye al diámetro.

A nivel general se puede indicar que en la familia botánica Burseraceae la relación de las variables altura total - diámetro en las plantas de tres especies forestales en un bosque de terraza media del Arboretum “El Huayo” de la Facultad de Ciencias Forestales - UNAP es de **regular a excelente**, las especies son *Trattinnickia peruviana* Loes “copal”; *Protium crassipetalum* Cuatrec. “copal blanco”; *Protium hebetatum* Daly “copal colorado”. Los resultados del estudio serán útiles en los planes de manejo para la conservación de la biodiversidad de los bosques amazónicos. Otros autores como Gongora (2017, pp. 38), manifiesta que la relación altura total – diámetro de las plantas macho y, macho – hembra de “ungurahui” se ajustaron al modelo alométrico de tipo **cúbico**; también, indica que la asociación altura total – diámetro de las plantas hembra de “ungurahui” tuvieron mejor ajuste a las ecuaciones **cuadrático** y **cúbico**. Vásquez (2015, pp. 41), definió que la asociación diámetro – altura total de los árboles del bosque de colina baja se ajustaron a la ecuación **potencia**; la asociación fue **excelente** con coeficiente de correlación  $0,75 < r < 1,00$ . Así mismo, Niklas y Enquist (2002, pp. 482), definieron que la variable diámetro es utilizado en la biología vegetal para el desarrollar relaciones correlativas entre variables vinculadas al tamaño, para aplicaciones en agricultura, funcionamiento de ecosistemas y manejo de bosques. También, Loetsch (1973, pp. 453), menciona que el diámetro de los árboles es un

parámetro esencialmente variable y que el incremento en diámetro a diferentes alturas del tronco no es igual. El DAP explica mucha de las variaciones en altura, la relación alométrica DAP- altura ha sido utilizada como uno de los factores en el estudio de la dinámica de crecimiento del bosque (Zeide y Vanderschaaf, 2002, p. 213).



## CAPITULO VI. CONCLUSIONES

1. Las variables altura total y diámetro presentaron relación entre ellos en los once modelos alométricos utilizados en este estudio, para las especies *Trattinnickia peruviana* Loes “copal”; *Protium crassipetalum* Cuatrec. “copal blanco”; *Protium hebetatum* Daly “copal colorado”.
2. 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**.
3. En la especie *Trattinnickia peruviana* Loes “copal” la ecuación que más se ajustó a la relación diámetro – altura fue la **inversa**.
4. En la familia botánica Burseraceae la relación entre altura total y diámetro de las plantas de las tres especies fue entre **regular** y **excelente**.

## CAPITULO VII. RECOMENDACIONES

1. Tener en cuenta para los planes de manejo los nuevos conocimientos obtenidos en este estudio respecto a la relación altura total - diámetro, considerando que el grado de asociación entre ellos es de **regular** hasta **excelente**; así mismo, es importante conocer que el modelo alométrico que más se ajustó a las especies evaluadas de la familia botánica Burseraceae fue la **cúbica**.
2. Realizar estudios similares con otras especies forestales y/o familias botánicas, priorizando las especies de alto valor comercial, para obtener información del comportamiento de las diferentes características de cada una de ellas para ser utilizadas en los planes de manejo en la recuperación y mejoramiento de los bosques amazónicos.

## CAPITULO VIII. FUENTES DE INFORMACIÓN

- 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.
- Burga R. 1993. Determinación de la estructura total y por especie en tres tipos de bosques en Iquitos-Perú. Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad nacional de la Amazonía Peruana.
- Delgado LA, Acevedo FM, Castellanos H, Ramírez H, Serrano J. 2005. Relaciones alométricas y patrones de crecimiento para especies de árboles de la reserva forestal Imataca. UNEG, Venezuela.
- DI Rienzo JA, Balzarini MG, Casanoves F, Tablada L A, Diaz EM, Robledo CW. 2001. Estadística para las ciencias agropecuarias. 4ta. Edición. Cordova Argentina.
- Fontes LM. 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.
- Góngora, D. A. 2017. “Asociación entre altura y diámetro en las plantas de *oenocarpus bataua* mart “ungurahui”. Distrito San Juan Bautista, Loreto, Perú – 2014”. Tesis para optar el título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales. FCF-UNAP.

- Hawley C. y Smith M. 1972. Silvicultura práctica. Omega S.A. Barcelona.
- Henry HA, Aarssen LW. 1999. The interpretation of stem diameter-height allometry in trees: biomechanical constraints, neighbour effects or biased regression. *Ecol. Lett.*
- 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).
- Jakes U. 2013. Efecto de la alometría en la estimación de los parámetros de crecimiento individual del Marlin azul *Makaira nigricans*. Tesis para obtener el grado de doctorado en ciencias marinas. México.
- King DA. 1996. Allometry and life history of tropical trees. *J. Tropical Ecol.* 12.
- Loetsch, F. 1973. Forest inventory. Manchen. BLV. 2. 469 p.
- Malleux, J., 1982. Inventario forestal en bosques tropicales. Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina. Loetsch, F. 1973. Forest inventory. Manchen. BLV. 2. 469 p.
- 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.
- Niklas, K. J. y B. J. Enquist. 2002. On the vegetative biomass partitioning of seed plant leaves, stems, and roots. *Am. Naturalist* 159: 482-497.

- Orozco L, Brumer C. 2002. Medición y cálculo de bosque. Inventario forestal para bosques latifoliados en América Central. Serie técnica (CATIE) N° 50 Turrialba, Costa Rica.
- Ramírez MH, Zepeda MB. 1994. "Rendimientos maderables de especies forestales; actualidades en México". In: IV Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. SF y de FS/INIFAP. México, D.F.
- Segura M, Andrade H. 2008. Como construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes. Agroforestería en las Américas N° 46.
- 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.
- Vásquez, H.G. 2015. "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.
- Wabo E. 2003. Inventarios forestales. Consultor forestal. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.
- 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.

# **A N E X O**

## Anexo 1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Formato de registro de datos

Familia Botánica	N° Árbol	ESPECIE	DAP (cm)	H <sub>T</sub> (m)
	1			
	2			
	.			
	.			
	.			
	n			

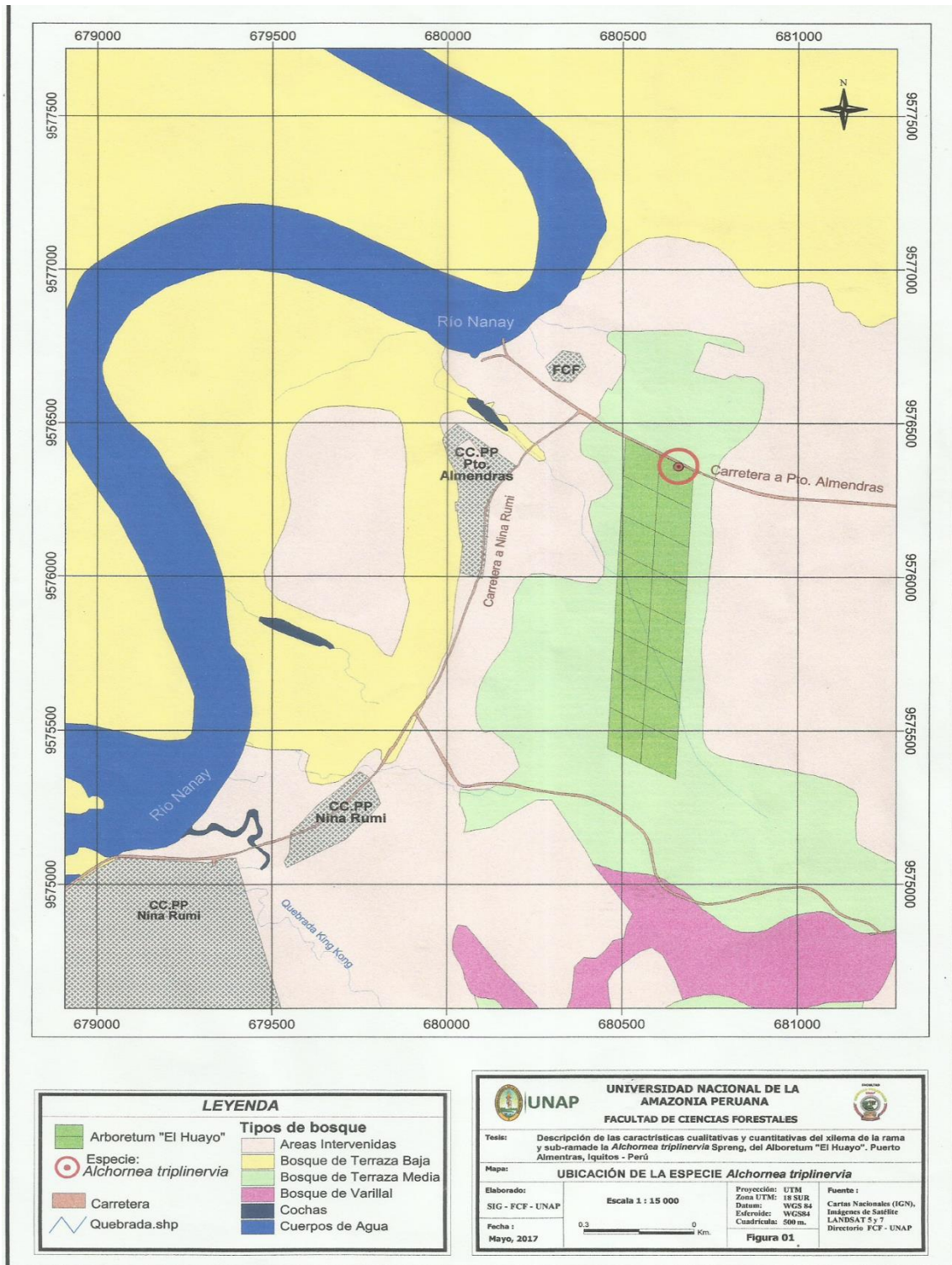


Figura 6: Mapa de ubicación del área de estudio.