



UNAP



**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**

TESIS

**“MODELO ALOMÉTRICO PARA ESTIMAR LA ALTURA TOTAL DE LAS
ESPECIES FORESTALES DEL BOSQUE DE TERRAZA ALTA DE LA
COMUNIDAD CAMPESINA TRES HERMANOS DEL BAJO TAPICHE,
DISTRITO DE REQUENA, LORETO, 2022”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL**

PRESENTADO POR:

JOSÉ MIGUEL CORREA VÁSQUEZ

ASESOR:

Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS Nº 064-CTG-FCF-UNAP-2023

En Iquitos, en la sala de conferencias de la Facultad de Ciencias Forestales, a los 08 días del mes de noviembre del 2023, a horas 08:00 am., se dio inicio a la sustentación pública de la tesis titulada: **"MODELO ALOMÉTRICO PARA ESTIMAR LA ALTURA TOTAL DE LAS ESPECIES FORESTALES DEL BOSQUE DE TERRAZA ALTA DE LA COMUNIDAD CAMPESINA TRES HERMANOS DEL BAJO TAPICHE, DISTRITO DE REQUENA, LORETO, 2022"**, aprobada con R.D. Nº 0527-2022-FCF-UNAP, presentado por el bachiller **José Miguel Correa Vásquez**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal, que otorga la universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R.D. Nº 0141-2023-FCF-UNAP, está integrado por:

| | |
|---------------------------------------------|---------------------|
| Ing. Segundo Córdova Horna, Dr. | : Presidente |
| Ing. José Luis Padilla Castro, M.Sc. | : Miembro |
| Ing. Rildo Rojas Tuanama, Dr. | : Miembro |

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: *Aprobada* con la calificación *Bueno*

Estando el bachiller apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Siendo las *9:15* Se dio por terminado el acto *Académico*

[Signature]
Ing. SEGUNDO CORDOVA HORNA, Dr.
Presidente

[Signature]
Ing. JOSE LUIS PADILLA CASTRO, M.Sc.
Miembro

[Signature]
Ing. RILDO ROJAS TUANAMA, Dr.
Miembro

[Signature]
Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.
Asesor

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS

“Modelo alométrico para estimar la altura total de las especies forestales del bosque de terraza alta de la comunidad campesina Tres Hermanos del Bajo

Tapiche, distrito de Requena, Loreto, 2022”

MIEMBROS DEL JURADO



Ing. Segundo Cordova Horna, Dr.
Presidente

REGISTRO CIP N° 65032



Ing. Jose Luis Padilla Castro, M.Sc.
Miembro

REGISTRO CIP N° 31141



Ing. Rildo Rojas Tuanama, Dr.
Miembro

REGISTRO CIP N° 86706



Ing. Ronald Burga Alvarado, Dr.
Asesor

REGISTRO CIP N° 45725

NOMBRE DEL TRABAJO

FCF_TESIS_CORREA VASQUEZ.pdf

AUTOR

JOSE MIGUEL CORREA VASQUEZ

RECuento DE PALABRAS

6657 Words

RECuento DE CARACTERES

31432 Characters

RECuento DE PÁGINAS

30 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

352.0KB

FECHA DE ENTREGA

Dec 5, 2023 9:31 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 5, 2023 9:31 AM GMT-5

● **36% de similitud general**

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

- 35% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 32% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● **Excluir del Reporte de Similitud**

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

DEDICATORIA

Primeramente, a nuestro Dios padre por guiarme y bendecirme en todo momento, por darme la vida, salud y fortaleza para superar cada obstáculo encontrado en mi vida.

A mi abuela, mis padres, hermanos, que siempre me brindaron el apoyo moral para llegar a ser profesional y orgullo de la familia. A mi amor Bárbara De Rossi por ser mi soporte y estar en cada etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana y en especial a los docentes de la Facultad de Ciencias Forestales por su gran labor de enseñanza que nutrieron mi formación académica durante los cinco años de estudio.

ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|---------------------------------------------|-------------|
| PORTADA | i |
| ACTA DE SUSTENTACIÓN | ii |
| JURADO Y ASESOR | iii |
| RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| ÍNDICE GENERAL | vii |
| ÍNDICE DE CUADROS | x |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xi |
| RESUMEN | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO | 3 |
| 1.1. Antecedentes | 3 |
| 1.2. Bases teóricas | 5 |
| 1.3. Definición de términos básicos | 8 |
| CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES | 10 |
| 2.1. Formulación de la hipótesis | 10 |
| 2.2. Variables y su operacionalización | 10 |
| CAPÍTULO III. METODOLOGÍA | 11 |
| 3.1. Tipo y diseño | 11 |
| 3.2. Diseño muestral | 11 |
| 3.3. Procedimientos de recolección de datos | 11 |
| 3.4. Procesamiento y análisis de los datos | 11 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.1. Verificación y determinación de la composición florística | 12 |
| 3.4.2. Determinar el número de árboles por clase diamétrica y por especie | 12 |
| 3.4.3. Determinar si el DAP está directamente relacionado con la altura total de los árboles del bosque de terraza alta | 12 |
| 3.4.4. Altura promedio de los árboles del bosque | 13 |
| 3.4.5. Modelo alométrico que mejor se ajusta para estimar la altura total de los árboles | 13 |
| 3.5. Aspectos éticos | 14 |
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS | 16 |
| 4.1. Composición florística | 16 |
| 4.2. Número de árboles | 17 |
| 4.3. Relación del DAP con la altura total | 19 |
| 4.3.1. Prueba de normalidad | 19 |
| 4.3.2. Modelo alométrico que se ajustó a la relación diámetro-altura total | 21 |
| A) Altura total promedio de los árboles evaluados | 21 |
| B) Modelo alométrico que se ajustó para estimar la altura total de los árboles | 22 |
| CAPÍTULO V: DISCUSIÓN | 24 |
| 5.1. Composición florística | 24 |
| 5.2. Modelo alométrico que se ajustó para estimar la altura total de los árboles | 25 |
| CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES | 27 |
| CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES | 28 |
| CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN | 29 |
| ANEXOS | 33 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1. Mapa de ubicación del bosque de terraza alta de la de la comunidad campesina Tres Hermanos del Bajo Tapiche, distrito de Requena, Loreto, 2022. | 34 |
| Anexo 2. Formato para la toma de datos del censo forestal | 35 |
| Anexo 3. Identificación botánica de las especies forestales | 36 |

ÍNDICE DE CUADROS

| N° | Descripción | Pág. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1. | Relación de especies, géneros, familias y número de árboles | 16 |
| 2. | Número de árboles por clase diamétrica (cm), por especie, por hectárea y total | 18 |
| 3. | Prueba de normalidad para el diámetro y altura total | 19 |
| 4. | Correlación entre la variable diámetro y altura total | 20 |
| 5. | Promedio de altura total de los árboles | 21 |
| 6. | Modelos alométricos evaluados a la altura total promedio | 22 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| N° | Descripción | Pág. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1. | Distribución del número de árboles por familia | 16 |
| 2. | Distribución del número de árboles por especie | 17 |
| 3. | Distribución del número de árboles por clase diamétrica | 18 |
| 4. | Diagrama de caja de bigotes (Box plot) para el diámetro y altura total | 20 |
| 5. | Diagrama de dispersión del DAP y la altura total | 20 |
| 6. | Distribución de altura total promedio de los árboles | 21 |
| 7. | Relación diámetro-altura total promedio de los árboles | 23 |

RESUMEN

Se eligió un bosque de terraza alta en el distrito de Requena, Loreto, Perú, para poder utilizar el modelo alométrico para evaluar la altura total de las especies forestales. Se evaluaron los datos del censo forestal de especies comerciales con el fin de obtener permisos para la explotación forestal en las zonas rurales. Se encontró que la conexión media diámetro-altura total de los árboles estaba bien ajustada por el modelo de distribución de tipo cúbico $Y = 29,468 + (-0,135 \times DAP) + (0,000 \times DAP^2) + (5,630E-6 \times DAP^3)$, con un coeficiente de correlación de $r=0,556$ y un coeficiente de determinación de $R^2=0,309$. Se rechaza la teoría de que el modelo alométrico lineal no podría ajustarse a la relación entre el diámetro y la altura total para calcular la altura de los árboles en el bosque de terraza alta.

Palabras claves: Modelo alométrico, DAP, altura total, terraza alta, Requena.

ABSTRACT

A high terrace forest was chosen in the district of Requena, Loreto, Peru, in order to use the allometric model to evaluate the total height of forest species. Data from the forest census of commercial species were evaluated in order to obtain permits for logging in rural areas. The mean diameter-total tree height connection was found to be well fitted by the cubic-type distribution model $Y = 29,468 + (-0,135 \times \text{DBH}) + (0,000 \times \text{DBH}^2) + (5,630\text{E-}6 \times \text{DBH}^3)$, with a correlation coefficient of $r=0,556$ and a coefficient of determination of $R^2=0,309$. The theory that the linear allometric model could not fit the relationship between diameter and total height to estimate tree height in the high terrace forest is rejected.

Keywords: Allometric model, DBH, total height, high terrace, Requena.

INTRODUCCIÓN

La información sobre la relación altura/diámetro de los árboles integrados en el bosque se utiliza principalmente para caracterizar la estructura forestal, calcular el volumen de los árboles individuales o del bosque y establecer la altura dominante para evaluar la calidad del bosque (Huang *et al.*, 1992; Lappi, 1997; Lei y Parresol, 2001, como se citó en Castedo *et al.*, 2005, p. 230).

Dado que la altura es más cara y difícil de medir sobre el terreno que el diámetro, y que normalmente sólo se obtiene a partir de una muestra de árboles, es necesario predecir esta proporción con exactitud (Castedo *et al.*, 2005, p. 230).

Se han utilizado muchas funciones lineales y no lineales para ajustar la relación diámetro-altura. Debido a la variabilidad estacional y a las distintas condiciones de los bosques, una única ecuación altura-diámetro no puede dar cuenta de todas las situaciones; por lo tanto, la conexión debe determinarse de forma independiente para cada rodal y grupo de edad. Este enfoque tiene el inconveniente de ser muy costoso y de requerir muchos datos (Schröder y Álvarez González, 2001, como se citó en Castedo *et al.*, 2005, p. 230).

Es triste que desconozcamos la relación que existe entre la altura y el diámetro de los árboles de los bosques de nuestra región, ya que este conocimiento nos permitiría gestionar nuestros bosques con mayor eficacia al permitirnos calcular la masa o el peso de cada árbol.

La medición de la altura de los árboles es uno de los aspectos más difíciles de los inventarios forestales tropicales. Para corregir la evaluación visual que se ha hecho hasta ahora, el investigador está haciendo pruebas instrumentales en Perú (Barrena & Llerena, 1988, p. 1).

El objetivo de este estudio es recopilar información sobre la relación entre las variables diámetro y altura de los árboles de especies forestales de importancia comercial, así como construir modelos matemáticos o modelos que ilustren una estimación más precisa de la altura.

El objetivo principal de este estudio fue desarrollar un modelo alométrico para el bosque de terraza alta de la comunidad campesina de Tres Hermanos del Bajo Tapiche, distrito de Requena, Loreto, con el fin de estimar la altura total de las especies arbóreas forestales de dicho bosque en el año 2022.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Según los resultados de un análisis descriptivo y correlacional elemental realizado en 2019, la población de la investigación comprendía todas las especies arbóreas comerciales con un DAP inferior a 41 cm. El estudio encontró que el bosque de media terraza tenía 2602 árboles, 9 familias botánicas y 15 especies comerciales, mientras que el bosque de baja terraza tenía 1116 árboles, 10 familias botánicas y 16 especies comerciales. Además, las demás familias sólo han añadido una especie por tipo de bosque, siendo la familia Fabaceae la que cuenta con el mayor número de especies (cinco), seguida de las familias Malvaceae y Sapotaceae (dos cada una). Con una correlación y un coeficiente de determinación excelentes ($R^2=0,900$), el modelo de S-curva es el que mejor se ajusta a la relación entre el diámetro y la altura total del bosque de terraza baja. Se comparó con un total de 11 modelos alométricos. Con coeficientes de correlación de $r=0,875$ y $R^2=0,766$, los modelos alométricos compuesto, de crecimiento, exponencial y logístico, en comparación, se ajustan peor a esta relación. Tras la validación de los 11 modelos alométricos analizados, el modelo cúbico que presenta un coeficiente de correlación ($r=0,925$) y un coeficiente de determinación ($R^2=0,856$) es el que mejor se ajusta a los datos sobre el diámetro y la altura total del bosque de terraza media. Con coeficientes de correlación de $r=0,753$ y $R^2=0,567$ para el modelo alométrico inverso y $r=0,767$ y $R^2=0,588$ para el modelo de S-curva, respectivamente, ambos se ajustan peor a esta relación (Vela, 2019, pp. 18, 24, 27).

Un análisis descriptivo de nivel básico realizado en 2019 descubrió que la población de estudio comprendía todos los árboles con un DAP de al menos 10 cm. La investigación determinó el registro de 593 árboles, distribuidos en 83 géneros, 174

especies y 35 familias botánicas, después de la familia Lecythidaceae con 76 árboles (dos géneros y nueve especies), que representan el 13% del total, y la familia Urticaceae con 64 árboles (dos géneros y 10 especies), que representan el 11% del total. Con un quince por ciento, es decir, 86 árboles (15 géneros y 29 especies), la familia Fabaceae tiene el valor más alto de todas las familias. Las alturas medias de los árboles forestales evaluados oscilaron entre 15,87 m y 28,43 m; sin embargo, hubo cierta variación en la clase de árbol con un diámetro de 70 cm. El modelo alométrico de potencia tiene el mayor coeficiente de determinación (0,81), seguido de los modelos con coeficientes de determinación de la s-curva en (0,81), cúbico (0,81), logarítmico (0,79), inverso (0,75), cuadrático (0,75), lineal (0,68) y logístico (0,66). El modelo alométrico de potencia es el que mejor se ajusta a los datos (Rivas, 2019, pp. 26, 28).

En 2015, se llevó a cabo un proyecto de investigación básica y descriptiva, en el que todos los árboles con un DAP de al menos 40 cm actuaron como población de estudio. Como consecuencia del estudio se identificaron nueve familias botánicas; además, las familias Myristicaceae y Fabaceae son las que cuentan con mayor número de especies comerciales dos cada una, mientras que las siete familias restantes solo tenían una especie comercial. Los modelos matemáticos aplicados a esta relación muestran que el modelo cúbico, con el mayor coeficiente de correlación $r = 0,302$ y coeficiente de determinación $R^2 = 0,091$, es el que mejor se ajusta a la relación entre el diámetro a la altura del pecho y la altura total de los árboles medidos en el bosque de colinas bajas (Rodríguez, 2015, pp. 24, 27, 28).

Todas las plantas del bosque de terraza media con un DAP de al menos 10 cm se identificaron como población de estudio cuando se diseñó un proyecto de

investigación descriptivo y básico en 2014. El estudio registró 93 especies, distribuidas en 31 familias de plantas, siendo la familia Fabaceae la más representada con 14 especies, es decir, el 15 % del total. Además, se observó la presencia de tres grupos definidos de familias: las que tenían de una a cinco especies (clase I) eran 28 familias, que representaban el 90,32% del número total de familias; otro grupo incluía familias con entre seis y diez especies forestales (clase II), dos familias con una representatividad del 6,45%, y las que tenían entre once y quince especies (clase III), que corresponde a una familia botánica y constituye el 3,23% del número total de familias analizadas. Con el mayor coeficiente de correlación ($r=0,45$) y coeficiente de determinación ($R^2 = 0,205$), la ecuación cúbica ($Y= 21,862 + (-3,896 \times t) + (0,614 \times t^2) + (-0,021 \times t^3)$), describe mejor esta conexión. El diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura comercial de los árboles identificados en el bosque evaluado se muestran relacionados. Por el contrario, los modelos alométricos que se emplearon para examinar la relación entre el DAP y la altura total apuntan de forma similar a la ecuación cúbica ($Y= 40,455 + (-7,071 \times t) + (0,548 \times t^2) + (-0,011 \times t^3)$), que presenta el coeficiente de correlación ($r=0,62$) y el coeficiente de determinación ($R^2=0,384$) más elevados (Chávez, 2014, pp. 33, 34, 37, 39).

1.2. Bases teóricas

La altura de los árboles se mide con instrumentos como el Dendrome Board, Blume-Leiss, Suunto, Haga y Bitterlich Relascope. Para determinar la altura en metros en relación con la distancia de un árbol (15, 20, 30, 40 m) se siguen los pasos siguientes. Para evitar problemas de medición, compruebe la parte superior e inferior del árbol para asegurarse de que la distancia hasta él es igual a su altura. Si el trabajador se encuentra en una pendiente, añada dos notas, o deduzca dos

notas si el trabajador se encuentra en una pendiente en relación con el árbol; ajuste la pendiente según sea necesario (FAO, 2004, p. 74).

La altura de un árbol es la medida, realizada con diversos instrumentos, de la distancia entre el tronco y la rama terminal. Al igual que es importante estimar la biomasa o la madera, también lo es estimar la altura total del árbol, ya que se trata de una variable independiente. Sin embargo, medir la altura de un árbol de hoja perenne puede resultar complicado y a menudo inexacto, lo que repercute en los gastos y los resultados (Benítez *et al.*, 2010, p. 42).

Los modelos alométricos son ecuaciones matemáticas que utilizan variables de diámetro y altura para mejorar su predicción, aunque la altura no se mida con frecuencia porque lleva demasiado tiempo y no es factible en algunos bosques de dosel cerrado. Sin embargo, normalmente se alcanza una precisión razonable cuando el diámetro es la única variable dependiente (Grier, *et al.*, como se citó en (Díaz-Franco *et al.*, 2007, pp. 6, 7).

En silvicultura, los modelos matemáticos se emplean habitualmente debido a su versatilidad. Las variables diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro a la altura del tocón (dht), altura total (th) y combinaciones de éstas son las más utilizadas (Alvarez, 2008, p. 17).

Los modelos alométricos son cruciales para comprender el desarrollo de las plantas debido a los diversos elementos que favorecen el crecimiento de los árboles, como la genética, las subpoblaciones locales, el clima y el suelo. Sin embargo, son escasos y presentan limitaciones cuando se trata de estimar la relación entre el diámetro y la altura total de especies comerciales (Alves & Santos, 2002, p. 255).

Una aplicación importante es la determinación de la altura de un árbol a partir de su diámetro a la altura del pecho (DAP) a una altura estándar de 1,37 m. Se ha descubierto que la mayor parte de la varianza de la altura se explica por la relación alométrica entre el DAP y la altura, que es uno de los elementos de la investigación de la dinámica del crecimiento forestal mediante el DAP (Zeide y Vanderschaaf, 2002, p. 215, como se citó en Canaquiri, 2020, p. 1).

Los modelos pueden evaluarse mediante el coeficiente de determinación (R^2), el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado) y el error cuadrático medio de predicción (RMSE). El porcentaje de la variación total de Y que puede explicarse por la variación de la variable independiente o por la explicación del modelo de toda la variación se conoce como coeficiente de determinación (DI Rienzo *et al.*, 2005, p. 183).

Por tres razones principales, el diámetro es el factor cuantitativo más importante en una evaluación forestal: Se pueden recopilar datos precisos porque es inmediatamente controlable. Puede utilizarse para calcular todas las demás métricas importantes de los árboles, incluidos el crecimiento, el volumen, el área basal y el diámetro de la copa. Permite definir la estructura de la población arbórea.

El parámetro de la altura en los inventarios forestales es posiblemente uno de los más difíciles de medir o evaluar y también uno de los menos investigados o comprendidos. Al contrario que el diámetro, la altura debe medirse indirectamente utilizando herramientas o conjeturas, lo que suele arrojar menos precisión. La altura es un parámetro para una variable continua; sus extremos superior e inferior se refieren a posiciones relativas basadas en las características, el uso o el estado de los árboles, no a colocaciones fijas (Malleux 1982, como se citó en Masías, 2017,

p. 12).

Cuando se utilizan modelos alométricos, conviene llegar a un compromiso entre rigor estadístico y sentido práctico. Se aconseja utilizar modelos con no más de dos variables independientes, como el DAP y el tamaño total, que son fáciles de cuantificar. Es importante examinar el comportamiento de los modelos elegidos tanto dentro como fuera del intervalo de datos a partir del cual se desarrollaron. Deberían reevaluarse o abandonarse si la curva del modelo se altera drásticamente mientras se utiliza fuera del intervalo designado (Segura & Andrade, 2008, pp. 93, 95).

1.3. Definición de términos básicos

Altura total.- La distancia medida verticalmente entre la copa de un árbol y la tierra (Masías, 2017, p. 12).

Bosque de terraza alta. - No se inunda, tiene suelos blandos y fértiles, ocasionalmente presenta pequeñas llanuras, tiene una pendiente media del 15,5% y cuenta con un sistema de canales secundarios. Las características del suelo y el buen volumen de madera lo hacen perfecto para la recolección. El vigor de la vegetación es de bueno a muy bueno, y la altura relativa sobre el nivel del río es superior a 10 m (Fondo Nacional para Áreas Naturales Protegidas por el Estado (PROFONANPE, 2007, p. 27).

Bosque: Zona en la que crecen arbustos y árboles. En general, los bosques tienen un gran número de árboles maduros de distintos tipos y alturas mezclados con capas de vegetación menores, lo que ayuda a dispersar uniformemente la luz solar. (Quispe, 2010, p. 15).

Diámetro.- Se midió el diámetro de un árbol a 1,30 metros del suelo, es decir, aproximadamente a la altura del pecho (Amaral *et al.*, 1989, p. 37).

Especies: Un conjunto de componentes conectados entre sí por una o varias características comunes (Rae y Asale, 2010, p. 1).

Modelo alométrico.- Fórmulas matemáticas que permiten realizar cálculos a partir de un número reducido de magnitudes fáciles de medir, como la altura total y/o el diámetro a la altura del pecho (DAP) (Loetsch, *et ál.*; 1973, Caillez, 1980, Husch, *et ál.*; 1982, Parresol, 1999, como se citó en Segura & Andrade, 2008, p. 90).

Modelo. - Una representación conceptual de la realidad. Los elementos del primero que definen el mundo modelado y las relaciones entre esos elementos del segundo son los que componen su estructura (Regalado *et al.*, 2005, p. 9).

Relación o asociación.- Afinidad que puede existir entre dos variables del mismo material de investigación (Beiguelman, 1994, como se citó en Vela, 2019, p. 12).

CAPÍTULO II. HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

En la comunidad campesina Tres Hermanos del Bajo Tapiche, en el distrito de Requena, Loreto, 2022, la altura total de las especies forestales en el bosque de terraza alta se puede estimar utilizando el modelo alométrico lineal.

2.2. Variables y su operacionalización

| Variable | Definición conceptual | Tipo por su naturaleza | Indicador | Escala de medición | Medio de verificación |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Independiente DAP | El diámetro del árbol (DAP) debe medirse a una altura de 1,30 metros sobre el suelo, es decir, aproximadamente a un metro de la altura del pecho. | Cuantitativa | - DAP (cm) | Cardinal | Ficha de registro de base de datos. |
| Dependiente Altura total promedio | Longitud de una especie forestal, medida desde la base del árbol hasta la punta. | Cuantitativa | - Metros | Cardinal | Una estructura para registrar los datos de altura total específicos de cada especie. |

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño

La investigación es descriptiva, correlativa, no experimental y de nivel básico. Se basa en el registro de datos dasométricos de individuos arbóreos de especies comerciales del bosque de terraza alta de la comunidad campesina Tres Hermanos del Bajo Tapiche, distrito de Requena, Loreto, en el año 2022.

La investigación se realizó en el bosque de terraza alta para permisos de tala en zonas rurales, abarcando una superficie aproximada de 152,59 hectáreas. Los límites del área de estudio PC 1 están definidos por las coordenadas UTM V1, V2, V3 y V4 (9394557 N y 628869 E, 639557 N y 629719 E, y 639557 N y 628869 E, respectivamente). Políticamente, está bajo el control del distrito de Requena, la provincia de Requena y la región de Loreto (Anexo 1).

3.2. Diseño muestral

La población de la investigación estaba formada por todas las especies de árboles con DAP comercialmente viables que estaban presentes en el bosque de terraza alta para permisos de tala en zonas rurales. La muestra y la población coincidían exactamente porque se realizó un censo exhaustivo.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

Los datos de campo se recogieron durante un censo forestal utilizando un formulario de recogida de datos en el que se solicitaba el nombre de la especie, el DAP, la altura total, las coordenadas UTM y algunas observaciones (Anexo 2).

3.4. Procesamiento y análisis de datos

El procedimiento y el análisis de los datos se finalizaron utilizando los datos recogidos en el censo forestal de 2021 del bosque de estudio. Se siguió el formato

del censo forestal, que se describe en el anexo 3, para recopilar datos de todas las especies y árboles.

3.4.1. Verificación y determinación de la composición florística

La composición florística de las especies forestales comerciales listadas en el censo forestal fue confirmada y constatada a nivel de nombre común, nombre científico y familia por el Herbarium Amazonense de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

3.4.2. Determinar el número de árboles por clase diamétrica y por especie

El diámetro a la altura del pecho (DAP) se utilizó para medir el punto inicial. Para facilitar las comparaciones entre estudios, en el presente experimento se fijó un intervalo de clase de 10 cm de acuerdo con los criterios de estandarización global (Cardenas, 1986, como se citó en (Moreno, 2015, pp. 26, 27).

3.4.3. Determinar si el DAP está directamente relacionado con la altura total de los árboles del bosque de terraza alta

La normalidad de los datos se evaluó mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk a partir de los valores del DAP y la altura total de los árboles del bosque de terraza alta. Esto reveló la siguiente teoría:

| | | |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------|
| Hipótesis nula (H₀): | La variable aleatoria SI tiene distribución normal | <i>p</i> -valor > 0,05 |
| Hipótesis alterna (H₁): | La variable aleatoria NO tiene distribución normal | <i>p</i> -valor < 0,05 |

Basándose en los resultados de la prueba de normalidad, se utilizó la siguiente estrategia para evaluar si existe una diferencia estadísticamente significativa ($\alpha = 0,05$) entre los árboles del bosque de terraza alta:

Los resultados de la prueba de normalidad indica que los datos no son normales por lo que se utilizó la prueba no paramétrica del coeficiente de correlación Rho de Spearman (Rosas & Zúñiga, 2010, p. 22).

$$r_s = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde:

r_s = coeficiente de correlación por rangos de Spearman

d = diferencia entre los rangos (X menos Y)

n = número de datos

Para determinar el grado de asociación entre las dos variables se empleará la siguiente tabla: (Vela, 2019, p. 15).

| Valor de "Π" (+ ó -) | | | Grado de asociación |
|-------------------------|---|--------|---------------------|
| 1,00 | | | Perfecta |
| < 1 | a | ≥ 0,75 | Excelente |
| < 0,75 | a | ≥ 0,50 | Buena |
| < 0,50 | a | > 0,00 | Regular |
| 0,00 | | | Nula |

3.4.4. Altura promedio de los árboles del bosque

Se calculó utilizando las alturas totales de todos los árboles (DAP >= DAP) cuyos valores de DAP se registraron en el inventario forestal.

3.4.5. Modelo alométrico que mejor se ajusta para estimar la altura total de los árboles

Los datos se procesaron con el programa informático SPSS. A continuación, se utilizó un eje de coordenadas para correlacionar el diámetro normal (X) y las frecuencias de la altura total media (Y) observadas por clase diamétrica (Y) utilizando las pruebas estadísticas correspondientes para el coeficiente de

correlación (r), el coeficiente de determinación (R^2), la mejor distribución residual y el error estándar estimado (SEE).

Se evaluaron once modelos alométricos diez no lineales y diez curvos, uno de los cuales era lineal.

| N° | Modelos alométricos | Ecuaciones |
|----|---------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1 | Lineal | $h = b_0 + (b_1 \times d)$ |
| 2 | Logarítmica | $h = b_0 + (b_1 \times \ln(d))$ |
| 3 | Inversa | $h = b_0 + (b_1 / d)$ |
| 4 | Cuadrática | $h = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times d^2)$ |
| 5 | Cúbica | $h = b_0 + (b_1 \times d) + (b_1 \times d^2) + (b_1 \times d^3)$ |
| 6 | Compuesta | $h = b_0 \times (b_1^d)$ |
| 7 | Potencia | $h = b_0 \times (d^{b_1})$ |
| 8 | s-Curva | $h = e^{(b_0 (b_1 / d))}$ |
| 9 | Crecimiento | $h = e^{(b_0 (b_1 \times d))}$ |
| 10 | Exponencial | $h = b_0 (e^{(b_1 \times d)})$ |
| 11 | Logística | $h = 1 / (1/\mu + b_0 (b_1^d))$ |

Donde:

b_0, b_1, b_2, b_3 = Constantes (Parámetros estimados)

\ln = Logaritmo natural

h = Altura

d = DAP

Criterios para la selección del modelo alométrico

Para la toma de decisiones, se eligió la ecuación alométrica con el coeficiente de determinación (R^2) más elevado; en caso de igualdad, se consideró el error estándar estimado (SEE) más bajo; si se mantenía la coincidencia, se seleccionó el modelo con la mejor distribución residual; si continuaba la paridad, se asumió la ecuación más conveniente.

4.5. Aspectos éticos

Este estudio se llevó a cabo respetando los cuatro principios éticos básicos: autonomía, beneficencia, no maleficencia e imparcialidad. Se eligió participar en el

estudio, así como consultar cualquier material relacionado con la investigación de forma anónima.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Composición florística

El cuadro 1 enumera 141 árboles de seis especies forestales, seis géneros y cuatro familias botánicas que componen la comunidad vegetal del bosque de terraza alta. Las familias más representativas en cuanto al número de géneros son las familias Fabaceae (Ormosia y Cedrelinga) y Lauraceae (Ocotea y Nectandra), cada una con dos géneros.

Cuadro 1. Relación de especies, géneros, familias y número de árboles

| N° | Especie | | Familia | N° de árboles |
|--------------|-----------------|--------------------------------|--------------|---------------|
| | Nombre común | Nombre científico | | |
| 1 | Canela moena | <i>Ocotea javitensis</i> | Lauraceae | 5 |
| 2 | Huayruro | <i>Ormosia arbórea</i> | Fabaceae | 61 |
| 3 | Moena amarilla | <i>Nectandra hihua</i> | Lauraceae | 4 |
| 4 | Papelillo caspi | <i>Allantona decandra</i> | Moraceae | 43 |
| 5 | Tornillo | <i>Cedrelinga cateniformis</i> | Fabaceae | 17 |
| 6 | Yacushpana | <i>Buchenavia sericocarpa</i> | Combretaceae | 11 |
| Total | | | | 141 |

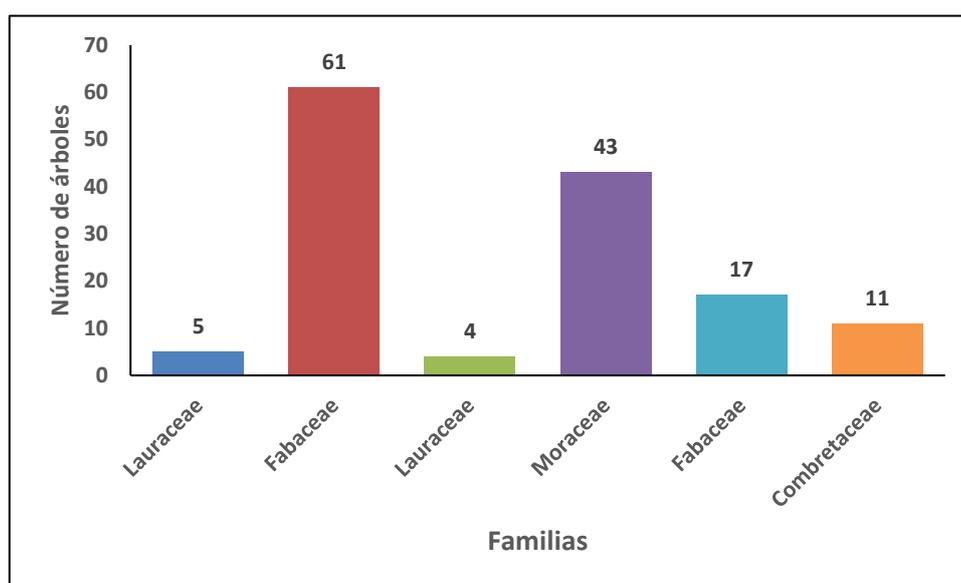


Figura 1. Distribución del número de árboles por familia

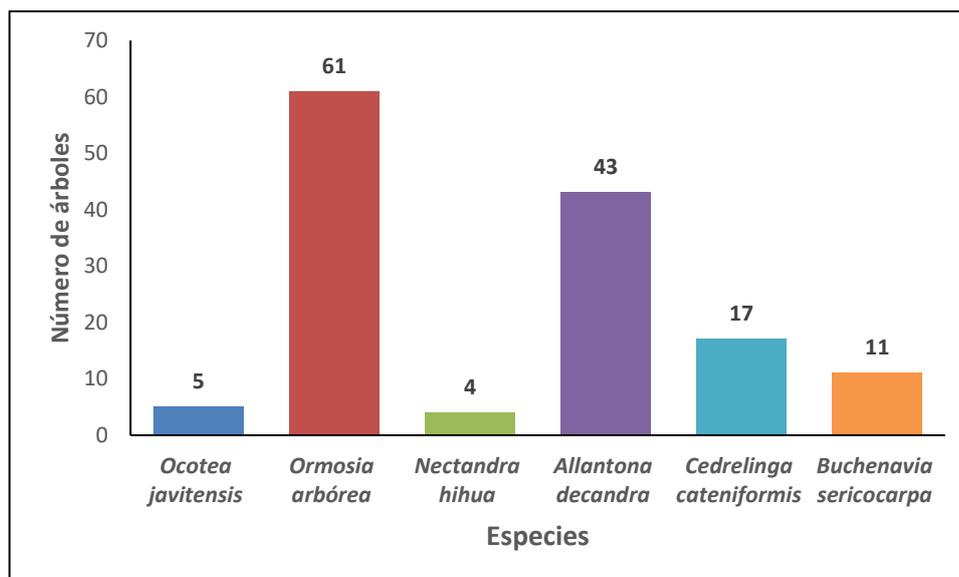


Figura 2. Distribución del número de árboles por especie

Ormosia arborea y *Allantoma decandra* son las especies con mayor número de árboles, con un total de 104 en la Figura 2, mientras que las dos familias más representativas de este bosque son Fabaceae (61 árboles) y Moraceae (43 árboles) (Figura 1).

4.2. Número de árboles

El cuadro 2 muestra la distribución por especies de los árboles en el bosque de terraza alta, tanto en conjunto como por hectárea. Las estadísticas muestran 0,92 árboles por hectárea de un total de 141 árboles. Por otro lado, el menor número de árboles se encuentra en *Ocotea javitensis* (0,03 árboles/ha; cinco árboles) y *Nectandra hihua* (0,003 árboles/ha; cuatro árboles). *Ormosia arborea* (0,40 árboles/ha; 61 árboles) es la especie con más árboles, seguida de *Allantoma decandra* (0,28 árboles/ha; 43 árboles).

Las clases diamétricas con mayor concentración de árboles son las que tienen diámetros de 70-80 cm (0,37 árboles/ha; 57 árboles), 90-100 cm (0,16 árboles/ha; 25 árboles), y 60-70 cm (0,15 árboles/ha; 23 árboles); Las clases diamétricas de 50

a 60 cm (0,03 árboles por ha; 4 árboles), 80 y 90 cm (0,11 árboles por ha; 17 árboles), y 100 cm o más (0,10 árboles por ha; 15 árboles) por otro lado, tienen menos árboles.

Cuadro 2. Número de árboles por clase diamétrica (cm), por especie, por hectárea y total

| Especie | Clase diamétrica (cm) | | | | | | N° de árb/ha | N° de árb. |
|--------------------------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-------------|--------------|------------|
| | 50 A 60 | 60 A 70 | 70 A 80 | 80 A 90 | 90 A 100 | 100 A + | | |
| <i>Ormosia arbórea</i> | 0,01 | 0,05 | 0,18 | 0,05 | 0,08 | 0,03 | 0,40 | 61 |
| <i>Allantona decandra</i> | | 0,05 | 0,10 | 0,02 | 0,06 | 0,05 | 0,28 | 43 |
| <i>Cedrelinga cateniformis</i> | | 0,04 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,11 | 17 |
| <i>Buchenavia sericocarpa</i> | | | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 11 |
| <i>Ocotea javitensis</i> | 0,01 | 0,01 | 0,01 | | | | 0,03 | 5 |
| <i>Nectandra hihua</i> | 0,01 | | 0,01 | 0,01 | | | 0,03 | 4 |
| Total | 0,03 | 0,15 | 0,37 | 0,11 | 0,16 | 0,10 | 0,92 | 141 |
| Total general | 4 | 23 | 57 | 17 | 25 | 15 | | 141 |

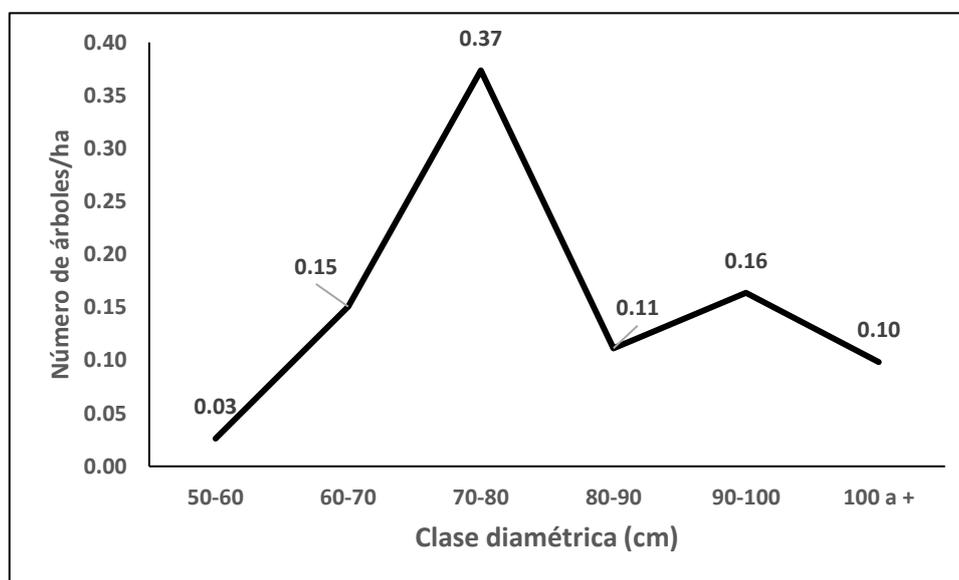


Figura 3. Distribución del número de árboles por clase diamétrica

La figura 3 muestra que la clase con el diámetro entre 70 y 80 cm (0,37 árboles/ha) tiene el mayor número de árboles, mientras que la clase con el diámetro entre 50 y 60 cm (0,03 árboles/ha) tiene el menor número de árboles.

4.3. Relación del DAP con la altura total

4.3.1. Prueba de normalidad

Se realizó una prueba de normalidad utilizando el modelo de Kolmogorov-Smirnov para determinar si la altura total proyectada de 141 árboles en el inventario del bosque de terraza alta y los datos del DAP se distribuían normalmente. El cuadro 3 muestra los resultados de la prueba.

Los resultados de la prueba del modelo de Kolmogorov-Smirnova se seleccionaron para la investigación, ya que los *p-valores* para el DAP y la altura total (0,000 y 0,001, respectivamente) eran inferiores a 0,05, y había 141 individuos. Esto apoya la conclusión de que existe una distribución irregular de los datos de población. Esto corrobora la conclusión de que los datos de población no presentan una dispersión regular. Por lo tanto, se utilizó la prueba no paramétrica Rho de Spearman para investigar la relación entre el diámetro y la altura total.

Cuadro 3. Prueba de normalidad para el diámetro y altura total

| | Prueba de normalidad | | |
|--------------|---------------------------------|-----|-------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | |
| | Estadístico | gl | Sig. |
| Diámetro | 0,158 | 141 | 0,000 |
| Altura total | 0,103 | 141 | 0,001 |

a. Corrección de la significación de Lilliefors

La figura 4 indica que el DAP proporciona más variedad que la altura total, ya que la mediana está lejos de dividir la caja de bigotes en dos partes iguales. Los resultados muestran que la conexión entre el DAP y la altura total es significativa al nivel 0,01 (Cuadro 4). Además, puede decirse que ambas variables se mueven en sentido contrario, es decir, cuando una aumenta, la otra disminuye. El coeficiente de correlación es inferior a cero (Figura 5). Además, el *p-valor* = 0,000 es inferior a

$\alpha = 0,05$, lo que nos lleva a la conclusión de que, al nivel de 0,01, existe una asociación significativa entre el DAP y la altura total.

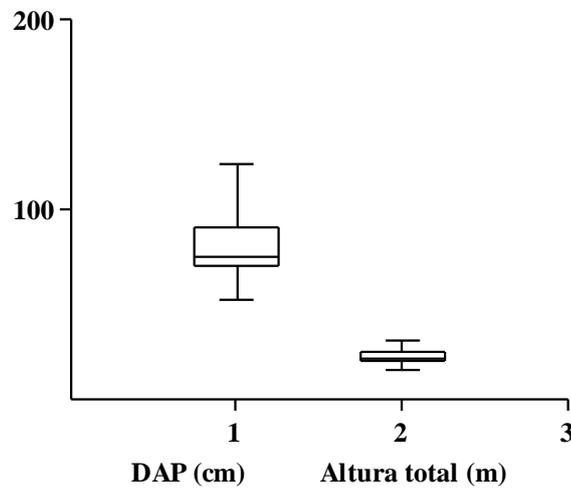


Figura 4. Diagrama de caja de bigotes (Box plot) para el diámetro y altura total

Cuadro 4. Correlación entre la variable diámetro y altura total

| Correlaciones | | | |
|-----------------|-----------------------------|---------|--------------|
| | | DAP | Altura total |
| DAP | Coefficiente de correlación | 1,000 | -0,174* |
| | Sig. (bilateral) | | 0,000 |
| Rho de Spearman | N | 141 | 141 |
| | Coefficiente de correlación | -0,174* | 1,000 |
| Altura total | Sig. (bilateral) | 0,000 | |
| | N | 141 | 141 |

** . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

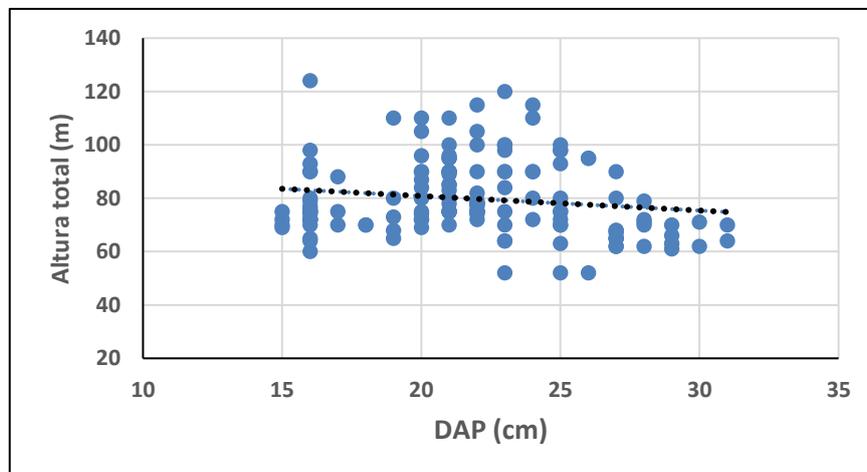


Figura 5. Diagrama de dispersión del DAP y la altura total

4.3.2. Modelo alométrico que se ajustó a la relación diámetro-altura total

A) Altura total promedio de los árboles evaluados

El cuadro 5 muestra la altura media de los árboles en el bosque de terraza alta, que oscila entre 20,93 y 24,70 metros. También es fundamental tener en cuenta que las clases diamétricas oscilan entre 70 y 100 cm.

En la figura 6 se muestra el gráfico de la tendencia de crecimiento con una diferencia sustancial entre las clases de diámetro.

Cuadro 5. Promedio de altura total de los árboles

| Clase diamétrica (cm) | Altura total promedio (m) |
|-----------------------|---------------------------|
| 50 | 22,50 |
| 60 | 24,70 |
| 70 | 20,93 |
| 80 | 21,06 |
| 90 | 21,72 |
| 100 | 21,67 |

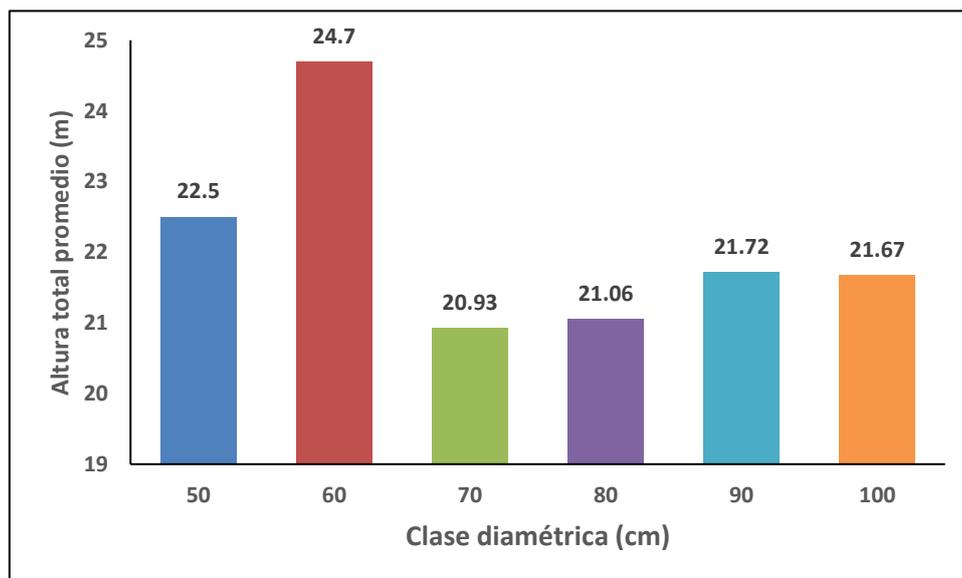


Figura 6. Distribución de altura total promedio de los árboles

B) Modelo alométrico que se ajustó para estimar la altura total de los árboles

El bosque de terraza alta se tiene en cuenta a la hora de estimar la altura media total de los árboles utilizando los modelos alométricos que se muestran en el cuadro 6. Es evidente que el modelo cúbico es el modelo de correlación más apropiado para esta conexión, explicando el 30,9% de la variación de la altura total de los árboles en este bosque y teniendo el mayor coeficiente de correlación ($r = 0,556$) y coeficiente de determinación ($R^2 = 0,309$). La altura total se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$Y = 29,468 + (-0,135 \times DAP) + (0,000 \times DAP^2) + (5,630E-6 \times DAP^3).$$

Cuadro 6. Modelos alométricos evaluados a la altura total promedio

| Ecuación | Resumen de los modelos | | | | Parámetros estimados | | | | r | R ² | R ² ajustado | SEE | Residuo |
|-------------|------------------------|-----|-------|-------|----------------------|---------|-------|----------|-------|----------------|-------------------------|-------|---------|
| | gl1 | gl2 | F | Sig. | Const. | b1 | b2 | b3 | | | | | |
| Lineal | 1 | 5 | 1,315 | 0,315 | 24,874 | -0,037 | | | 0,497 | 0,247 | 0,059 | 1,351 | 7,300 |
| Logarítmica | 1 | 5 | 1,420 | 0,299 | 33,919 | -2,756 | | | 0,512 | 0,262 | 0,078 | 1,338 | 7,158 |
| Inversa | 1 | 5 | 1,439 | 0,296 | 19,393 | 191,849 | | | 0,514 | 0,265 | 0,081 | 1,335 | 7,133 |
| Cuadrático | 1 | 5 | 0,639 | 0,587 | 31,036 | -0,210 | 0,001 | | 0,547 | 0,299 | -0,169 | 1,506 | 6,802 |
| Cúbico | 1 | 5 | 0,672 | 0,574 | 29,468 | -0,135 | | 5,630E-6 | 0,556 | 0,309 | -0,151 | 1,494 | 6,699 |
| Compuesto | 1 | 5 | 1,310 | 0,316 | 24,914 | 0,998 | | | 0,497 | 0,274 | 0,058 | 0,059 | 0,014 |
| Potencia | 1 | 5 | 1,431 | 0,298 | 37,100 | -0,121 | | | 0,513 | 0,263 | 0,079 | 0,059 | 0,014 |
| S-curva | 1 | 5 | 1,467 | 0,292 | 2,974 | 8,470 | | | 0,518 | 0,268 | 0,085 | 0,058 | 0,014 |
| Crecimiento | 1 | 5 | 1,310 | 0,316 | 3,215 | -0,002 | | | 0,497 | 0,274 | 0,058 | 0,059 | 0,014 |
| Exponencial | 1 | 5 | 1,310 | 0,316 | 24,914 | -0,002 | | | 0,497 | 0,247 | 0,058 | 0,059 | 0,014 |
| Logística | 1 | 5 | 1,310 | 0,316 | 0,040 | 1,002 | | | 0,497 | 0,247 | 0,058 | 0,059 | 0,014 |

La figura 7 muestra la tendencia del modelo alométrico cúbico que describe con mayor precisión las relaciones medias diámetro total-altura de los árboles del bosque de terraza alta.

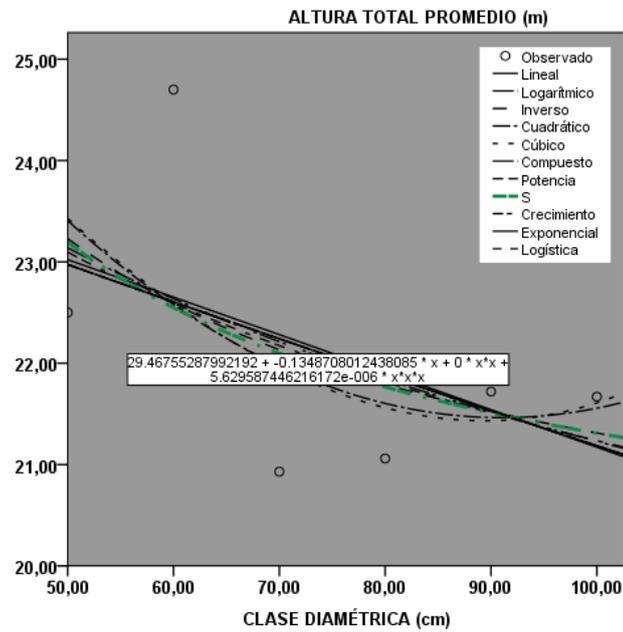


Figura 7. Relación diámetro-altura total promedio de los árboles

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Composición florística

En el cuadro 1 se muestran las especies, géneros, familias y número total de árboles que figuran en el censo forestal. Existen variaciones en función del número de géneros, especies y árboles. Con dos géneros cada una, las familias Fabaceae (*Ormosia* y *Cedrelinga*) y Lauraceae (*Ocotea* y *Nectandra*) se consideran las más significativas en el bosque de terraza alta. Las familias Moraceae (*Allantoma*) y Combretaceae (*Buchenavia*) registran un género cada una. Sin embargo, la presencia de múltiples *Ormosia arborea* repercutió en la familia Fabaceae, que cuenta con dos géneros y 78 árboles en total (61 plantas). Con 43 árboles de *Allantoma decandra*, la familia Moraceae ocupa el segundo lugar. En tercer lugar, se sitúa Combretaceae, con 11 árboles, seguida de Lauraceae, con nueve árboles, cinco de los cuales son *Ocotea javitensis* y cuatro *Nectandra hihua*. Vela, (2019, p. 18), En el bosque de terraza baja se registraron 16 especies comerciales, 10 familias botánicas y 1116 árboles, mientras que en el bosque de terraza media se registraron 15 especies comerciales, 9 familias botánicas y 2602 árboles. Con cinco especies, la familia Fabaceae es la que cuenta con el mayor número de especies. Las demás familias tienen cada una una especie por tipo de bosque, con Malvaceae y Sapotaceae con dos cada una. Rivas, (2019, p. 21), identifica 593 árboles repartidos entre 83 géneros, 174 especies y 35 grupos botánicos en el bosque de media terraza. La familia más valorada es la de las Fabaceae, con 86 árboles (15 géneros, 29 especies), que representan el 15% del total. Le siguen en valor las Lecythidaceae, con 76 árboles (dos géneros, nueve especies), y las Urticaceae, con 64 árboles (dos géneros, 10 especies), ambas con un 2% del total.

mientras que Chávez, (2014, pp. 33, 34), se encontraron 93 especies para el bosque de media terraza, repartidas en 31 familias botánicas, siendo la familia Fabaceae la más representada con 14 especies (15%). También sugiere la presencia de tres grupos definidos de familias, las que tenían entre una y cinco especies (90,32%), las que registraron entre seis y diez especies forestales (dos familias) y las que tenían entre once y quince especies (una familia), así como las que tenían entre seis y diez especies (dos familias) y entre once y quince especies (una familia) (3,23%). La discrepancia observada puede estar influida por el tipo de bosque, el origen de las semillas, la topografía, el clima, el suelo y la dinámica del bosque, así como por la ecología de las especies. Cuando se producen perturbaciones de origen natural o humano, la estructura y composición del bosque se ven afectadas. La mayoría de las especies asentadas depende de la frecuencia de las perturbaciones, mientras que las plantas tolerantes a la sombra prevalecen en las regiones más estables del dosel forestal (Leiva, 2001; Pinazo, *et al.*, 2003, como se citó en Burga, (2008, p. 58).

5.2. Modelo alométrico que se ajustó para estimar la altura total de los árboles

El modelo alométrico cúbico demostró la mejor asociación entre el diámetro y la altura media total, con un coeficiente de correlación de $r=0,556$, un coeficiente de determinación de $R^2=0,309$, un SEE% de 1,494 y un valor residual de 6,699. Le siguieron la curva s ($r=0,518$ y $R^2=0,268$), el modelo inverso ($r=0,514$ y $R^2=0,265$) y el modelo cuadrático ($r=0,547$ y $R^2=0,299$). Vela, (2019, pp. 24, 27), el modelo de s-curva, con un coeficiente de correlación de $r=0,949$ y un coeficiente de determinación de $R^2=0,900$, es el que mejor se ajusta a la relación entre el diámetro y la altura total del bosque de terraza baja, según una comparación de los 11 modelos alométricos evaluados. El modelo cúbico, por su parte, es el que mejor se

ajusta a la relación entre el diámetro y la altura total del bosque de terraza media, con un coeficiente de correlación de $r=0,925$ y un coeficiente de determinación de $R^2=$, que se califica de excelente. Rivas, (2019, pp. 27, 28), el modelo alométrico de potencia (con el mayor coeficiente de determinación, $R^2=0,81$) muestra la mejor relación entre el diámetro y la altura total. Le siguen los modelos logarítmicos ($R^2=0,79$), inverso ($R^2=0,75$), cuadrático ($R^2=0,75$), lineal ($R^2=0,68$), curvo ($R^2=0,81$), cúbico ($R^2=0,81$) y logístico ($R^2=0,66$). El modelo alométrico de potencia ($HT= 9,744 DAP^{0,231}$) muestra el mejor ajuste. Rodríguez, (2015, p. 28), el modelo cúbico, con un coeficiente de correlación máximo de $r = 0,302$ y un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,091$, es la ecuación que mejor se ajusta a la relación entre el diámetro a la altura del pecho y la altura total de los árboles medidos en el bosque de colina baja según los resultados de la aplicación de modelos matemáticos a esta relación. Chávez, (2014, p. 46), cuando se aplican modelos alométricos a la relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total, el modelo cúbico ($Y= 40,455 + (-7,071 \times t) + (0,548 \times t^2) + (-0,011 \times t^3)$) es el que mejor describe la relación. Tiene un coeficiente de determinación de $R^2=0,384$ y un coeficiente de correlación de 0,62. Las disparidades entre estas cifras podrían deberse a diversos factores, como las especies y el número estimado de árboles identificados, la densidad de árboles, el tipo de bosque, la actividad humana, la edad del bosque, los factores medioambientales, los registros del DAP y la altura total, la accesibilidad, el calibre de los instrumentos utilizados, el personal formado y otros.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

1. La composición florística consta de 141 árboles de seis especies forestales, seis géneros y cuatro familias botánicas. En relación con el número total de árboles, las familias más representadas son Fabaceae y Moraceae, junto con las especies *Ormosia arborea* y *Allantoma decandra*.
2. La distribución del número de árboles por clase diamétrica es de 0,92 árboles/ha, siendo *Ormosia arborea* la que registra el mayor número con 0,40 árboles/ha y *Allantoma decandra* con 0,28 árboles/ha.
3. La relación entre el DAP y la altura total suele ser negativa, con un valor de $r = -0,174$.
4. La relación media entre el diámetro total del árbol y su altura se ajustó con el modelo de distribución de tipo cúbico $Y = 29,468 + (-0,135 \times \text{DAP}) + (0,000 \times \text{DAP}^2) + (5,630\text{E-}6 \times \text{DAP}^3)$. $R^2=0,309$ fue el coeficiente de determinación, mientras que $r=0,556$ fue el coeficiente de correlación.
5. La relación diámetro-altura total utilizada para estimar la altura de los árboles en el bosque de terraza alta no se ajusta al modelo alométrico lineal, lo que cuestiona en cierta medida la teoría.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

1. Obtenga datos de alta calidad utilizando herramientas en buen estado para recopilar datos de medición dasométrica sobre el terreno, junto con personal cualificado.
2. Para recoger datos con menos errores, comience a registrar la altura total del árbol a partir de 10 cm de DAP.
3. Para comparar, realice estudios similares en otros campos.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alvarez Condo, G. (2008). Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4357>
- Alves, L., & Santos, F. (2002). Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, south-east Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 18, 245-260. <https://doi.org/10.1017/S026646740200216X>
- Amaral, P., Veríssimo, A., Barreto, P., & Vidal, E. (1989). *Bosques para Siempre. Manual para la producción de madera en la Amazonía.* <https://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/livros/Bosque%20para%20siempre.pdf>
- Barrena, V., & Llerena, C. (1988). INFLUENCIA DE LOS ERRORES DE ESTIMACION DE LA ALTURA EN EL CALCULO DEL VOLUMEN. *Revista Forestal del Perú*, 15(1), Art. 1. <https://doi.org/10.21704/rfp.v15i1.131>
- Benítez, J., Rivero, M., Vidal, A., Toirac, W., & Peláez, U. (2010). ESTIMACIÓN DE LA ALTURA TOTAL EN PLANTACIONES DE CASUARINA EQUISETIFOLIA FORST. *Revista Forestal Baracoa.* https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=ESTIMACION+DE+LA+ALTURA+TOTAL+EN+PLANTACIONES+DE+CASUARINA+EQUISETIFOLIA+FORST.&author=Benitez+J.+Estacion+Experimental+Forestal+Camaguey+Camaguey+Cuba&publication_year=2010
- Burga Alvarado, R. (2008). Influencia de las características físicas y químicas del suelo sobre la estructura y composición florística en diferentes fisonomías

en el sector cabalcocha -palo seco- buen suceso, loreto—Perú.

Universidad Nacional de Trujillo, 301.

Canaquiri Aquituari, Y. S. (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. Repositorio institucional - UNAP, 56.

Castedo Dorado, F., Diéguez Aranda, U., Barrio Anta, M., & Álvarez González, J.

G. (2005). Relación altura-diámetro generalizada para masas de *Pinus sylvestris* L. procedentes de repoblación en el noroeste de España.

Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales, 14(2), 229-241.

Chávez Salinas, C. M. (2014). Relación de las alturas total y comercial, con el diámetro, de especies forestales de un bosque de terraza media. Distrito de San Juan Bautista, Loreto, Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 93.

DI Rienzo, J. A., Balzarini, M. G., Casanoves, F., Tablada, L. M., Diaz, M. D. P.,

Robledo, C. W., & Gonzalez, L. A. (2005). Estadística para las ciencias agropecuarias.

https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/2968/mod_resource/content/0/Estadistica_para_las_Ciencias_Agropecuarias_-_Di_Rienzo.pdf

Díaz-Franco, R., Acosta-Mireles, M., Carrillo-Anzures, F., Buendía-Rodríguez, E.,

Flores-Ayala, E., Etchevers-Barra, J. D., Díaz-Franco, R., Acosta-Mireles,

M., Carrillo-Anzures, F., Buendía-Rodríguez, E., Flores-Ayala, E., &

Etchevers-Barra, J. D. (2007). Determinación de ecuaciones alométricas

para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* Schl. Et Cham. Madera y

bosques, 13(1), 25-34. <https://doi.org/10.21829/myb.2007.1311233>

FAO. (2004). Inventario forestal nacional; manual de campo modelo.

<https://www.fao.org/3/ae578s/ae578s.pdf>

Masías Camino, V. M. (2017). Consideraciones para la medición de diámetros y altura de árboles vivos de *Polylepis flavipila* (Bitter) M. Kessler & Schmidt—Leb. Universidad Nacional Agraria La Molina, 51.

Moreno Lozano, J. M. (2015). Estructura horizontal y valoración económica de las especies de madera comercial en cuatro tipos de bosque, distrito de Torres Causana, Loreto, Perú-2015. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 103.

PROFONANPE. (2007). Inventarios Forestales. Componente temático para la mesozonificación ecológica y económica de las cuencas de los ríos Pastaza y Morona, Iquitos, Perú.

Quispe Villafuerte, W. (2010). Estructura horizontal y vertical de dos tipos de bosque concesionario en la región Madre de Dios. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD, 98.

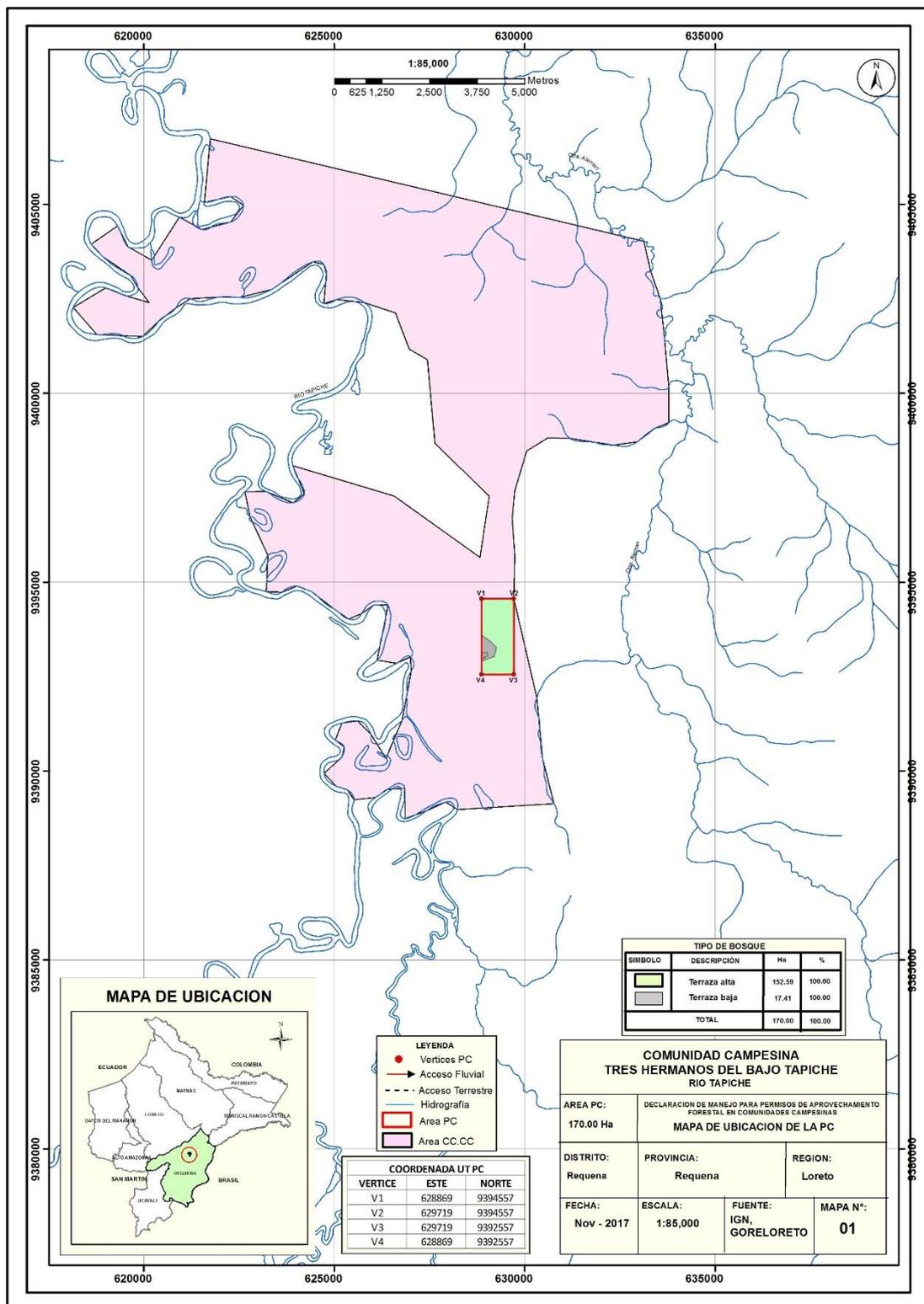
Rae y Asale. (2010). La ortografía de la lengua española (1.^a ed., Vol. 1). Espasa.
<https://www.rae.es/obras-academicas/ortografia/ortografia-2010>

Regalado Méndez, A., Peralta Reyes, E., & González Rugerio, C. A. (2005). Como hacer un modelo matemático.
https://www.utm.mx/edi_anteriores/temas035/2%20ensayo-35.pdf

Rivas López, C. A. (2019). Modelo alométrico para estimar la altura de las especies forestales de la parcela n° 6 del arboretum «El huayo»—CIEFOR - Puerto Almendra, Loreto—2018. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 76.

- Rodríguez Pinedo, J. R. (2015). Relación de altura total y comercial con el diámetro de los árboles de un bosque de colina baja. Distrito Yavarí, Loreto, Perú- 2013. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 71.
- Rosas, A., & Zúñiga, J. (2010). Estadística descriptiva e inferencial I. Correlación y regresión lineal.
http://www.conevyt.org.mx/bachillerato/material_bachilleres/cb6/5sempdf/e din1/edi1_f03.pdf
- Segura, M., & Andrade Castañeda, H. J. (2008). ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes? <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6935>
- Vela Diaz, C. C. (2019). Relación de altura total y comercial con el diámetro de los árboles en dos tipos de bosque en el distrito de Contamana, Loreto Perú— 2017. 161.

ANEXOS



Anexo 1. Mapa de ubicación del bosque de terraza alta de la de la comunidad campesina Tres Hermanos del Bajo Tapiche, distrito de Requena, Loreto, 2022.

Anexo 3. Identificación botánica de las especies forestales



Centro de Investigación de
Recursos Naturales
Herbarium Amazonense - AMAZ

INSTITUCION CIENTIFICA NACIONAL DEPOSITARIA DE MATERIAL BIOLÓGICO
CODIGO DE AUTORTIZACION AUT-ICND-2017-005

CONSTANCIA

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

HACE CONSTAR:

Que, las muestras botánicas presentada por **JOSE MIGUEL CORREA VASQUEZ**, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, **Facultad de Ciencias Forestales**, de la **Universidad Nacional de la Amazonia Peruana**, pertenecen a la tesis titulado: **“MODELO ALOMÉTRICO PARA ESTIMAR LA ALTURA TOTAL DE LAS ESPECIES FORESTALES DEL BOSQUE DE TERRAZA ALTA DE LA COMUNIDAD CAMPESINA TRES HERMANOS DEL BAJO TAPICHE, DISTRITO DE REQUENA, LORETO, 2022”**, han sido **DETERMINADAS** en este Centro de Investigación y Enseñanza, **Herbarium Amazonense-AMAZ**, del Centro de Investigación de Recursos Naturales de la **UNAP-CIRNA-UNAP**, como se indica a continuación:

| Nombre Comun | Nombre Cientifico | Familia |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------|--------------|
| Canela moena | <i>Ocotea javitensis</i> (Kunth) Pittier | Lauraceae |
| Huayruro | <i>Ormosia</i> arbórea (Vell.) Harms | Fabaceae |
| Moena amarilla | <i>Nectandra hihua</i> (Ruiz & Pav.) Rohwer | Lauraceae |
| Papelillo caspi | <i>Allantona decandra</i> (Ducke) A.S. Mori, Ya Y. Huang & Prance | Moraceae |
| Tornillo | <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke | Fabaceae |
| Yacushapana | <i>Buchenavia sericocarpa</i> Ducke | Combretaceae |

Se expide la presente constancia al interesado, para los fines que estimen conveniente.

Atentamente,

Iquitos, 19 de enero del 2023


Richard J. Huananca Acostupa
Coordinador Herbarium Amazonense

